



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

PERENCANAAN OPRIT TIMBUNAN, PONDASI, DAN  
*TAPPER* PADA *FLYOVER* TERMINAL TELUK LAMONG  
SURABAYA

ROSA IRDIANA  
NRP. 03111540000039

Dosen Pembimbing I  
Prof . Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Musta'in Arif, S.T., M.T

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019



TUGAS AKHIR (RC18-4803)

**PERENCANAAN OPRIT TIMBUNAN, PONDASI, DAN  
TAPPER PADA FLYOVER TERMINAL TELUK  
LAMONG SURABAYA**

ROSA IRDIANA  
NRP. 0311154000039

Dosen Pembimbing I  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

Dosen Pembimbing II  
Musta'in Arif, ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, Dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2019



---

*FINAL PROJECT* (RC18-4803)

***APPROACH, FOUNDATION AND TAPPER PLANNING  
OF TERMINAL TELUK LAMONG FLYOVER  
SURABAYA***

ROSA IRDIANA  
NRP. 0311154000039

*Supervisor I*  
Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D

*Supervisor II*  
Musta'in Arif, ST., MT

*CIVIL ENGINEERING DEPARTEMENT  
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya  
2019*



**PERENCANAAN OPRIT TIMBUNAN, PONDASI, DAN  
TAPPER PADA FLYOVER TERMINAL TELUK LAMONG  
SURABAYA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Studi S-1 Reguler Departemen Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ROSA IRDIANA**  
NRP. 0311154000039

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Noor Endah, M. Sc., Ph.D. (.....)
2. Musta'in Arif, ST., MT (.....)



**SURABAYA**  
**JULI, 2019**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **PERENCANAAN OPRIT TIMBUNAN, PONDASI, DAN TAPPER PADA FLYOVER TERMINAL TELUK LAMONG SURABAYA**

**Nama Mahasiswa** : Rosa Irdiana  
**NRP** : 0311154000039  
**Departemen** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Dosen Pembimbing** : 1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.  
2. Musta'in Arif, ST. MT

## **ABSTRAK**

*Pengiriman barang melalui laut saat ini menjadi primadona di Indonesia, mengingat biaya yang harus dikeluarkan relatif lebih murah apabila dibandingkan dengan biaya pengiriman melalui darat dan udara. Hal ini dibuktikan dengan jumlah barang dalam negeri yang diangkut dengan kapal laut naik 1,98 persen selama April sampai dengan Maret 2016 (BPS, 2016). Untuk itu terminal barang sangat diperlukan; salah satu terminal barang di Kota Surabaya adalah Terminal Teluk Lamong. Adanya arus barang yang tinggi dari dan ke Terminal Teluk Lamong menyebabkan kepadatan lalu lintas di sepanjang Jalan Kalianak menuju Tambak Osowilangun. Karena kepadatan tersebut, Pelindo III memberikan solusi kepada Pemerintah Kota Surabaya dengan membangun flyover yang menghubungkan Terminal Teluk Lamong dengan jalan Tol Surabaya-Gresik.*

*Panjang total flyover adalah 1950 meter dengan lebar 10,50 m'/jalur. Dari panjang total tersebut, 675 meter adalah oprit yang menggunakan slab on pile dengan jarak 7,5 m. Mengingat biaya material pembangunannya cukup mahal maka akan direncanakan alternatif perencanaan oprit dengan menggunakan timbunan. Namun, karena perencanaan tersebut dilaksanakan di lokasi tanah yang lunak maka dibutuhkan perbaikan tanah untuk menghilangkan pemampatan dan meningkatkan daya dukungnya. Dalam tugas akhir ini metode preloading dengan kombinasi prefabricated vertical drain dipilih untuk menghilangkan*

*pemampatan tanah dasar dibawah oprit dan alternatif geotextile wall serta freyssisol untuk perkuatan dindingnya.*

*Selain itu direncanakan juga dimensi abutmen dan pondasi dalam serta pelebaran jalan sebagai taper dengan luas total sebesar 18.349,40 m<sup>2</sup> untuk menunjang akses pada jalan eksisting. Metode perbaikan tanah juga direncanakan untuk menghilangkan perbedaan pemampatan pada taper dengan jalan eksisting.*

*Hasil perencanaan perbaikan tanah untuk timbunan oprit adalah dengan pemasangan prefabricated vertical drain dengan jarak 1 meter. Sedangkan untuk alternatif perkuatan timbunan pada oprit tegak yang telah diperhitungkan, dipilih perkuatan oprit dengan menggunakan geotextile wall karena biaya material yang lebih ekonomis dibandingkan dengan perkuatan freyssisol.*

*Dimensi abutmen juga harus diperhitungkan terhadap gaya yang bekerja agar mampu menahan beban yang bekerja. Dari hasil perencanaan didapatkan kebutuhan tiang pancang diameter 800 mm sejumlah 30 buah dengan kedalaman 45 meter. Sedangkan pada taper, tidak dibutuhkan perbaikan pada tanah dasar karena rate of settlement kurang dari 2,5 cm/tahun.*

***Kata kunci: Flyover Terminal Teluk Lamong, Abutment, Tapper, Oprit, Preloading, PVD, Cerucuk, Geotextile Wall, Freyssisol***



## **APPROACH, FOUNDATION AND TAPPER PLANNING OF TERMINAL TELUK LAMONG FLYOVER SURABAYA**

**Name** : Rosa Irdiana  
**NRP** : 0311154000039  
**Departement** : Teknik Sipil FTSLK-ITS  
**Supervisor** : 1. Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D.  
2. Musta'in Arif, ST. MT

### **ABSTRACT**

*Goods shipping by sea transportation become a favorite in Indonesia, it is because the costs are relatively cheaper than by land and air. It is proven by the number of domestic goods transported by ships increase 1.98 percent during April to March 2016 (BPS, 2016). So, goods terminal is very necessary; one of the big terminals in Surabaya is Teluk Lamong Terminal. The high flow of goods from and to Teluk Lamong Terminal has caused traffic jam along Jalan Kalianak to Tambak Osowilangun. Because of this situation, Pelindo III provided a solution to the Surabaya City Government by building a flyover connecting Teluk Lamong Terminal with Surabaya-Gresik Toll Road.*

*The total length of flyover is 1950 meters with a width of 10.50 m ' / lane. It has 675 meters long of approaches with slab on pile construction and distance between pile is 7.5 m. Considering that the construction material costs are quite expensive, alternative plans for planning will be planned using embankment. However, because it is in soft soil area, soil improvement are needed to eliminate compression and increase its capacity. In this final project the preloading method with a prefabricated vertical drain combination is chosen to eliminate the compression of subgrade under approach and alternative reinforcement of the walls using geotextile wall and freyssisol.*

*Beside that, in this final project also planned the dimensions of the abutments, deep foundations, and road widening as a tapper with a total area of 18,349.40 m<sup>2</sup> to support existing*

*road access. Soil improvement method is also planned to eliminate the different settlement between tapper and the existing road.*

*The result of soil improvement planning for approach embankment is by installing a prefabricated vertical drain with a distance of 1 meter. While for the alternative reinforcement of approach embankments that has been calculated, the embankment reinforcement using geotextile wall is choosen because the material costs are cheaper than using freyssisol.*

*The design and dimension of the abutment must able to resist the load. From the planning result, it is needs 30 piles with 800 mm diameter and 45 meters depth. While, for the tapper, there is no need to improve the subgrade because the rate of settlement is less than 2.5 cm / year.*

***Keyword: Terminal Teluk Lamong Flyover, Abutment, Tapper, Approach, Preloading, PVD, Micropile, Geotextile Wall, Freyssisol***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Oprit Timbunan, Pondasi, dan *Tapper* pada *Flyover* Terminal Teluk Lamong Surabaya”.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, penulis tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT. atas segala rahmat dan anugerah-Nya.
2. Kedua orang tua, Bapak Djuwair dan Ibu Yulis Asdiana yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil.
3. Ibu Prof. Ir. Noor Endah, M.Sc., Ph.D. dan Bapak Musta'in Arif, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Kakak dari penulis, Angga Irwandana, Nila Amalia, dan Yanuar Irwansyah yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil.
5. Ilham, Mega, Rima, Dini, Ira, Ayu, Ervita, Zizah, Tiwi, Cia, dan Ivva yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman S-1 angkatan 2015, dan semua teman mahasiswa Teknik Sipil ITS lainnya.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengharapkan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua orang, khususnya mahasiswa Teknik Sipil.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I</b>	
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	5
1.3    Batasan Masalah.....	6
1.4    Tujuan.....	6
1.5    Manfaat.....	6
<b>BAB II</b>	
<b>TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1    Penyelidikan Tanah di Lapangan .....	7
2.1.1    Uji Penetrasi Standar (SPT).....	7
2.2    Analisa Parameter Tanah.....	9
2.2.1    Pembuatan Stratigrafi .....	9
2.2.2    Korelasi Tanah Berdasarkan Data N-SPT .....	10
2.3    Tekanan Tanah Lateral .....	13
2.4    Pemampatan Tanah .....	16

2.4.1	Penambahan Tegangan Tanah ( $\Delta\sigma'$ ) .....	19
2.4.2	Waktu Pemampatan .....	21
2.5	Metode Preloading untuk Menghilangkan Pemampatan . .....	23
2.5.1	Besar Beban Preloading.....	23
2.5.2	Timbunan Bertahap .....	24
2.5.3	Peningkatan Daya Dukung Tanah .....	25
2.5.4	Percepatan Pemampatan dengan <i>Prevabricated Vertical Drain (PVD)</i> .....	26
2.6	Perkuatan Sisi Oprit Timbunan Tegak .....	31
2.6.1	<i>Geotextile Wall</i> .....	31
2.6.2	<i>Freyssisol</i> .....	33
2.6.3	Cerucuk atau <i>Micropile</i> .....	35
2.7	Abutmen .....	38
2.7.1	Pembebanan.....	38
2.7.2	Kombinasi Pembebanan Abutmen .....	45
2.7.3	Stabilitas .....	45
2.8	Pondasi Tiang Pancang.....	49
2.8.1	Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Berdasarkan data $N_{SPT}$ Lapangan .....	49
2.8.2	Daya Dukung Tiang Pancang Grup.....	53
2.8.3	Gaya yang Bekerja Pada 1 tiang.....	53
2.8.4	Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral .....	54

### **BAB III**

<b>METODOLOGI</b> .....	57
3.1    Bagan Alir Tahapan Perencanaan .....	57
3.2    Uraian Tahap Perencanaan.....	58

### **BAB IV**

<b>DATA DAN ANALISIS</b> .....	65
4.1    Data Tanah .....	65
4.1.1    Data Tanah Dasar untuk Perencanaan Oprit dan <i>Tapper</i> .....	65
4.1.2    Data Tanah Dasar Perencanaan Abutmen .....	70
4.2    Data Tanah Timbunan .....	70
4.3    Data Struktur Perencanaan Abutmen <i>Flyover</i> .....	73
4.4    Data Spesifikasi Material Perbaikan dan Perkuatan Tanah .....	74

### **BAB V**

<b>PERENCANAAN <i>TAPPER</i> DAN OPRIT</b> .....	77
5.1    Perencanaan Timbunan <i>Tapper</i> .....	77
5.1.1    Penentuan Besar Pemampatan <i>Tapper</i> .....	77
5.1.2    Perhitungan Laju Pemampatan pada <i>Tapper</i> .....	88
5.2    Perencanaan Timbunan Oprit.....	91
5.2.1    Penentuan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{initial}$ ) .....	91
5.2.2    Penentuan Waktu Konsolidasi tanpa Perbaikan 100	
5.2.3    Perencanaan <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) untuk Percepatan Pemampatan.....	102
5.2.4    Perencanaan Timbunan Bertahap dan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar .....	110

5.2.5	Perencanaan Perkuatan Oprit.....	129
-------	----------------------------------	-----

## **BAB VI**

<b>PERENCANAAN ABUTMEN <i>FLYOVER</i></b> .....	171
6.1 Data Perencanaan Abutmen <i>Flyover</i> .....	171
7.1.1 Data Awal Perencanaan Abutmen <i>Flyover</i> .....	171
7.1.2 Dimensi Abutmen.....	171
6.2 Pembebanan Abutmen.....	172
6.2.1 Beban yang Bekerja pada Abutmen .....	172
6.3 Perencanaan Pondasi Dalam.....	213
6.3.1 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang.....	213
6.3.2 Spesifikasi Tiang Pancang.....	213
6.3.3 Penentuan Kedalaman Tiang Pancang.....	214
6.3.4 Perencanaan Konfigurasi Tiang Pancang .....	215
6.3.5 Perhitungan Gaya Aksial Tiang Pancang Maksimum dan Minimum .....	219
6.3.6 Perhitungan Gaya Lateral Tiang Pancang akibat Beban yang Bekerja.....	221
6.3.7 Tiang Pancang yang Digunakan .....	229
6.4 Pembebanan Abutmen dengan Perkuatan <i>Geotextile Wall</i> .....	230
6.5 Perencanaan Pondasi Dalam Abutmen dengan Perkuatan <i>Geotextile Wall</i> .....	246
6.5.1 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang.....	246
6.5.2 Spesifikasi Tiang Pancang.....	246
6.5.3 Penentuan Kedalaman Tiang Pancang.....	246



6.5.4	Perencanaan Konfigurasi Tiang Pancang .....	247
6.5.5	Perhitungan Gaya Aksial Tiang Pancang Maksimum dan Minimum .....	248
6.5.6	Perhitungan Gaya Lateral Tiang Pancang akibat Beban yang Bekerja.....	250
6.5.7	Tiang Pancang yang Digunakan .....	258
6.6	Penulangan Abutmen .....	259
6.6.1	Perhitungan Tulangan <i>Back-wall</i> .....	260
6.6.2	Perhitungan Tulangan <i>Breast-wall</i> .....	263
6.6.3	Perhitungan Tulangan <i>Wing-wall</i> .....	268
6.6.4	Perhitungan Tulangan <i>Pilecap</i> .....	272
6.7	Rekap Hasil Perhitungan Abutmen .....	275
<b>BAB VII</b>		
<b>KESIMPULAN</b> .....		281
7.1	Kesimpulan.....	281
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		285
<b>LAMPIRAN</b> .....		287
<b>Lampiran 1:</b> Data Tanah.....		287
<b>Lampiran 2:</b> Brosur Material yang Digunakan.....		299
<b>Lampiran 3:</b> Perhitungan Pemampatan Pada <i>Tapper</i> .....		307
<b>Lampiran 4:</b> Perhitungan Pemampatan Dan Tinggi Timbunan Awal ( <i>Hinital</i> ) Timbunan Oprit .....		311
<b>Lampiran 5:</b> Percepatan Waktu Konsolidasi Dengan PVD dan Perhitungan <i>Rate of Settlement</i> Potongan.....		321

<b>Lampiran 6</b> : Pemampatan Konsolidasi Dan Peningkatan Daya Dukung Tanah Akibat Timbunan Bertahap Pada Oprit .....	349
<b>Lampiran 7</b> : Perencanaan Parameter Baru .....	399
<b>Lampiran 8</b> : Pemampatan dengan Parameter Tanah Baru .	401
<b>Lampiran 9</b> : Perhitungan Perencanaan Perkuatan Arah Memanjang Dengan <i>Geotextile Wall</i> .....	409
<b>Lampiran 10</b> : Perhitungan Perencanaan Perkuatan Arah Melintang Dengan <i>Geotextile Wall</i> .....	411
<b>Lampiran 11</b> : Perhitungan Perencanaan Perkuatan Arah Melintang Dengan <i>Freyssisol</i> .....	415
<b>Lampiran 12</b> : Daya Dukung Pondasi Dalam Abutmen .....	417

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Layout lokasi proyek <i>flyover</i> Teluk Lamong .....	3
Gambar 1.2 Tampak atas dan potongan memanjang oprit <i>flyover</i> sisi Terminal Teluk Lamong .....	4
Gambar 1. 3 Tampak atas dan potongan memanjang oprit <i>flyover</i> sisi Tol Surabaya-Gresik .....	4
Gambar 1.4 Perencanaan <i>tapper</i> .....	5
Gambar 2.1 Grafik hubungan antara CV dan LL .....	12
Gambar 2.2 Grafik hubungan antara LL dan IP .....	12
Gambar 2.3 Jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding.....	14
Gambar 2.4 Grafik nilai $F_1$ dan $F_2$ .....	17
Gambar 2.5 Diagram tegangan tanah .....	20
Gambar 2.6 Grafik faktor beban berbentuk persegi .....	21
Gambar 2. 7 Timbunan diletakkan secara bertahap .....	24
Gambar 2. 8 Sketsa vertical drain di bawah timbunan.....	27
Gambar 2. 9 Pola pemasangan <i>vertical drain</i> .....	28
Gambar 2. 10 Diameter lingkaran ekuivalen untuk PVD.....	28
Gambar 2.11 <i>Geotextile</i> pada dinding penahan tanah .....	31
Gambar 2. 12 External stability untuk <i>geotextile wall</i> .....	34
Gambar 2.13 Aplikasi tembok <i>freyssisol</i> pada oprit .....	35
Gambar 2. 14 Kurva untuk menentukan Harga $f$ dari Berbagai jenis tanah.....	36
Gambar 2.15 Grafik untuk menentukan besarnya $F_M$ .....	37
Gambar 2.16 Faktor beban dinamis (FBD) .....	39
Gambar 2.17 Beban truk “T” .....	40
Gambar 3.1 Bagan alir.....	57
Gambar 4.1 Rekapitulasi tinggi timbunan pada oprit <i>flyover</i> Terminal Teluk Lamong Surabaya.....	72
Gambar 4.2 Rekapitulasi tinggi timbunan pada <i>tapper</i> Terminal Teluk Lamong Surabaya .....	73

Gambar 4.3 Potongan melintang flyover Terminal Teluk Lamong .....	74
Gambar 5.1 Potongan melintang <i>tapper</i> .....	77
Gambar 5.2 Grafik hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban yang bersesuaian dengan beban <i>traffic</i> .....	86
Gambar 5.3 Grafik laju pemampatan <i>tapper</i> .....	90
Gambar 5.4 Potongan melintang oprit.....	91
Gambar 5.5 Tinggi timbunan oprit pada masing-masing STA....	92
Gambar 5.6 Grafik hubungan $H_{initial}$ dan $H_{final}$ .....	99
Gambar 5.7 Grafik hubungan $H_{final}$ dan settlement.....	99
Gambar 5.8 Grafik laju pemampatan pada oprit .....	102
Gambar 5.9 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga .....	105
Gambar 5.10 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga .....	109
Gambar 5.11 Kelongsoran pada hkritis .....	112
Gambar 5.12 Perubahan tegangan akibat beban bertahap .....	113
Gambar 5.13 Grafik konsolidasi tanah dasar yang terjadi pada potongan D .....	119
Gambar 5.14 Grafik hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban <i>traffic</i> .....	126
Gambar 5.15 Sketsa pemasangan <i>geotextile wall</i> memanjang ..	132
Gambar 5.16 Sketsa tekanan tanah.....	133
Gambar 5.17 Sketsa berat tanah timbunan .....	133
Gambar 5.18 Sketsa pemasangan <i>geotextile wall</i> melintang.....	140
Gambar 5.19 Sketsa tekanan tanah.....	140
Gambar 5.20 Sketsa berat tanah timbunan .....	141
Gambar 5.21 Hasil <i>critical surface</i> potongan B dengan <i>Geoslope</i> 2019 .....	144
Gambar 5.22 Hasil <i>critical surface</i> potongan C dengan <i>Geoslope</i> 2019 .....	144
Gambar 5.23 Hasil <i>critical surface</i> potongan D dengan <i>Geoslope</i> 2019 .....	145

Gambar 5.24 Ilustrasi penggunaan <i>freyssisol</i> pada timbunan ...	146
Gambar 5.25 Panel dinding precast.....	146
Gambar 5.26 Sketsa tekanan tanah.....	149
Gambar 5.27 Sketsa berat tanah timbunan .....	150
Gambar 5.28 Hasil <i>critical surface</i> perkuatan <i>freyssisol</i> potongan B dengan <i>Geoslope</i> 2019.....	153
Gambar 5.29 Hasil <i>critical surface</i> perkuatan <i>freyssisol</i> potongan C dengan <i>Geoslope</i> 2019.....	154
Gambar 5.30 Hasil <i>critical surface</i> perkuatan <i>freyssisol</i> potongan D dengan <i>Geoslope</i> 2019 .....	154
Gambar 5.31 Ilustrasi pemasangan perkuatan dengan <i>geotextile</i> dan <i>micropile</i> .....	158
Gambar 5.32 Ilustrasi pemasangan perkuatan dengan <i>freyssisol</i> dan <i>micropile</i> .....	158
Gambar 5.33 Hasil regresi jumlah lapis <i>geotextile</i> melintang...	162
Gambar 5.34 Hasil regresi panjang <i>geotextile</i> melintang.....	163
Gambar 5.35 Hasil regresi jumlah lapis sabuk perkuatan <i>freyssisol</i> .....	164
Gambar 5.36 Hasil regresi panjang sabuk perkuatan <i>freyssisol</i>	164
Gambar 5.37 Hasil grafik jumlah tiang <i>micropile</i> pada oprit melintang dengan <i>geotextile</i> .....	165
Gambar 5.38 Hasil grafik kedalaman <i>micropile</i> pada oprit melintang dengan <i>geotextile</i> .....	166
Gambar 5.39 Hasil grafik jumlah tiang <i>micropile</i> pada oprit melintang dengan <i>freyssisol</i> .....	167
Gambar 5.40 Hasil grafik kedalaman <i>micropile</i> oprit melintang dengan <i>freyssisol</i> .....	167
Gambar 6.1 Desain awal abutmen jembatan .....	171
Gambar 6.2 Penampang beban abutmen dan <i>wingwall</i> .....	174
Gambar 6.3 Penampang beban tanah .....	174
Gambar 6.4 Sketsa beban akibat tekanan tanah .....	177
Gambar 6.5 Sketsa beban lajur “D” .....	178

Gambar 6.6 Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D” .....	179
Gambar 6.7 Skema gaya rem yang terjadi .....	180
Gambar 6.8 Sketsa gaya akibat temperatur yang terjadi .....	182
Gambar 6.9 Skema pengaruh beban angin terhadap struktur jembatan .....	185
Gambar 6.10 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	187
Gambar 6.11 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	187
Gambar 6. 12 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun .....	188
Gambar 6.13 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah .....	191
Gambar 6.14 Skema beban gempa yang terjadi .....	195
Gambar 6.15 Skema tekanan tanah dinamis.....	199
Gambar 6.16 Grafik daya dukung aksial tiang pancang metode Meyerhoff.....	216
Gambar 6. 17 Grafik daya dukung aksial tiang pancang metode Luciano Decourt .....	217
Gambar 6.18 Spesifikasi tiang pancang .....	218
Gambar 6.19 Konfigurasi tiang pancang diameter 60 cm .....	218
Gambar 6.20 Konfigurasi tiang pancang diameter 80 cm .....	219
Gambar 6.21 Dimensi abutmen dengan perkuatan <i>geotextile wall</i> .....	230
Gambar 6.22 Konfigurasi tiang pancang diameter 60 cm untuk abutmen dengan perkuatan <i>geotextile wall</i> .....	248
Gambar 6.23 Konfigurasi tiang pancang diameter 80 cm untuk abutmen dengan perkuatan <i>geotextile wall</i> .....	248
Gambar 6. 24 Bagian-bagian penulangan pada abutmen .....	259

Gambar 6.25 Hasil perencanaan tulangan <i>back-wall</i> dengan SP column .....	262
Gambar 6.26 Hasil perencanaan tulangan <i>breast-wall</i> dengan SP column .....	267
Gambar 6.27 Hasil perencanaan tulangan <i>wing-wall</i> dengan SP column .....	271
Gambar 6.28 Konfigurasi tiang pada <i>pilecap</i> .....	273

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Lanau dan Lempung) .....	8
Tabel 2.2 Pedoman Memprakirakan Harga $\phi$ dari Harga $N_{SPT}$ . untuk Tanah Dominan Pasir (dari Teng, 1962). .....	9
Tabel 2.3 Korelasi Berat Volume Jenuh Tanah ( $\gamma_{sat}$ ) untuk Cohesionless Soil .....	10
Tabel 2.4 Korelasi Berat Volume Jenuh Tanah ( $\gamma_{sat}$ ) untuk Cohesive Soil .....	11
Tabel 2.5 Nilai $V_0$ dan $Z_0$ untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu .....	41
Tabel 2.6 Tekanan Angin Dasar .....	42
Tabel 2.7 Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan .....	43
Tabel 2. 8 Faktor Beban Akibat Gesekan pada Perletakan .....	45
Tabel 2.9 Kombinasi Beban dan Faktor Beban Abutmen .....	47
Tabel 2.10 Subgrade Reaction $k_1$ (Terzaghi) .....	55
Tabel 2.11 Koefisien Modulus <i>Variation</i> $n_h$ (Terzaghi) .....	55
Tabel 4.1 Nilai Rata-rata N-SPT, Jenis Tanah dan Konsistensinya .....	65
Tabel 4.2 Rekap Perhitungan $\gamma_{sat}$ , $\gamma_t$ , $\gamma_d$ , $C_u$ , $w_c$ , $e_0$ , dan $C_v$ .....	67
Tabel 4.3 Rekap Perhitungan Nilai LL,IP, dan PL (%).....	68
Tabel 4.4 Rekap Parameter Tanah .....	69
Tabel 4.5 Data Tanah Uji Lab untuk Kedalaman Tertentu BH-31 .....	70
Tabel 4.6 Hasil korelasi N-SPT dan Berat Jenis Tanah untuk Perencanaan Abutmen.....	70
Tabel 4.7 Rekapitulasi Tinggi Timbunan Oprit Flyover Terminal Teluk Lamong .....	71
Tabel 5.1 Tinggi Timbunan dan Perkerasan Tapper .....	78
Tabel 5.2 Tegangan Overburden ( $\sigma'_0$ ) Setiap Lapisan .....	79
Tabel 5. 3 Tegangan Pra Konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) Setiap Lapisan .....	80

Tabel 5.4 Tegangan Tanah Akibat Beban Timbunan .....	81
Tabel 5.5 Tegangan Tanah Akibat Beban Pavement.....	84
Tabel 5. 6 Tegangan Tanah Akibat Beban Traffic .....	86
Tabel 5.7 Besarnya Derajat Konsolidasi dan Pemampatan Berdasarkan Waktu .....	89
Tabel 5.8 Tinggi Timbunan Oprit.....	92
Tabel 5.9 Tegangan Overburden ( $\sigma'_0$ ) Setiap Lapisan .....	94
Tabel 5.10 Tegangan Pra Konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) Setiap Lapisan .....	95
Tabel 5.11 Perhitungan Settlement untuk Variasi q .....	97
Tabel 5.12 Perhitungan $H_{initial}$ dan $H_{final}$ .....	98
Tabel 5.13 Faktor Waktu .....	101
Tabel 5.14 Perhitungan Faktor Hambatan oleh PVD Pola Segitiga .....	103
Tabel 5.15 Perhitungan Derajat Konsolidasi Total Pola Segitiga S= 0,6 m .....	104
Tabel 5.16 Perhitungan Faktor Hambatan oleh PVD Pola Segiempat .....	106
Tabel 5.17 Perhitungan Derajat Konsolidasi Total Pola Segiempat S = 0,6 m .....	108
Tabel 5.18 $H_{initial}$ dan Tahapan Penimbunan untuk Masing- masing Potongan .....	110
Tabel 5.19 Rekap Hasil Critical Surface untuk $H_{cr}$ .....	112
Tabel 5. 20 Nilai $N_c$ untuk Perhitungan Keruntuhan Poinconnement .....	112
Tabel 5.21 Umur Timbunan ke-i pada Minggu ke-6.....	114
Tabel 5.22 Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi $U=100\%$ .....	115
Tabel 5.23 Perumusan Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi $U<100\%$ .....	116
Tabel 5.24 Perubahan Tegangan di tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi $U<100\%$ .....	117
Tabel 5.25 Perubahan nilai $C_u$ pada Minggu ke-6 .....	118

Tabel 5.26 Perhitungan Parameter Tanah Baru Akibat Beban Timbunan .....	121
Tabel 5.27 Tegangan Overburden ( $\sigma'_0$ ) Setiap Lapisan dengan Parameter Baru .....	122
Tabel 5.28 Tegangan Pra Konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) Setiap Lapisan dengan Parameter Baru .....	123
Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Nilai $S_v$ .....	130
Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal .....	132
Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah .....	132
Tabel 5.32 Perhitungan Berat Tanah Timbunan.....	133
Tabel 5.33 Momen Pendorong Akibat Tekanan Tanah.....	134
Tabel 5.34 Momen Penahan Akibat Berat Tanah Timbunan ....	134
Tabel 5.35 Momen Penahan Akibat Tekanan Tanah .....	134
Tabel 5.36 Gaya Pendorong .....	135
Tabel 5.37 Gaya Penahan .....	135
Tabel 5.38 Hasil Perhitungan Nilai $S_v$ .....	138
Tabel 5.39 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal .....	139
Tabel 5.40 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah .....	139
Tabel 5.41 Perhitungan Berat Tanah Timbunan.....	140
Tabel 5.42 Momen Pendorong Akibat Tekanan Tanah.....	141
Tabel 5.43 Momen Penahan Akibat Berat Tanah Timbunan ....	141
Tabel 5.44 Momen Penahan Akibat Tekanan Tanah .....	142
Tabel 5.45 Gaya Penahan .....	142
Tabel 5.46 Gaya Pendorong .....	143
Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal .....	149
Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah .....	149
Tabel 5.49 Perhitungan Berat Tanah Timbunan.....	149
Tabel 5.50 Momen Pendorong Akibat Tekanan Tanah.....	150
Tabel 5.51 Momen Penahan Akibat Berat Tanah Timbunan ....	150
Tabel 5.52 Momen Penahan Akibat Tekanan Tanah .....	151
Tabel 5.53 Gaya Penahan .....	151
Tabel 5.54 Gaya Pendorong .....	152

Tabel 5.55 Rekap Perhitungan Kebutuhan Micropile dengan Perkuatan Geotextile .....	157
Tabel 5.56 Rekap Perhitungan Kebutuhan Micropile dengan Perkuatan Freyssisol.....	157
Tabel 5.57 Total Kebutuhan Geotextile Memanjang .....	161
Tabel 5.58 Total Kebutuhan Geotextile Melintang .....	163
Tabel 5.59 Total Kebutuhan Sabuk Perkuatan Freyssisol.....	164
Tabel 5.60 Kebutuhan Total <i>Micropile</i> Oprit Melintang dengan <i>Geotextile</i> .....	166
Tabel 5.61 Kebutuhan Total <i>Micropile</i> Oprit Melintang dengan <i>Freyssisol</i> .....	168
Tabel 5.62 Biaya Material Perkuatan Oprit dengan <i>Geotextile</i> dan <i>Micropile</i> .....	169
Tabel 5.63 Biaya Material Perkuatan Oprit dengan <i>Freyssisol</i> dan <i>Micropile</i> .....	169
Tabel 6.1 Perhitungan Berat Struktur Atas <i>Flyover</i> .....	173
Tabel 6.2 Perhitungan Berat Struktur Bawah <i>Flyover</i> .....	175
Tabel 6.3 Rekap Perhitungan Berat Sendiri Struktur Atas dan Struktur Bawah <i>Flyover</i> .....	176
Tabel 6.4 Gaya Horizontal Tanah.....	177
Tabel 6.5 Tekanan Tanah .....	177
Tabel 6.6 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal.....	181
Tabel 6.7 Sifat Bahan Rata-rata Akibat Pengaruh Temperatur .	182
Tabel 6.8 Nilai $V_0$ dan $Z_0$ untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan .....	184
Tabel 6.9 Tekanan Angin Dasar .....	185
Tabel 6.10 Kelas Situs .....	188
Tabel 6.11 Faktor Implifikasi untuk PGA dan 0,2 detik ( $F_{PGA}/F_a$ ) .....	190
Tabel 6.12 Besarnya Nilai Faktor Implifikasi untuk Periode 1 Detik ( $F_v$ ) .....	190
Tabel 6.13 Faktor Modifikasi Respon (R) untuk Bangunan Bawah .....	192

Tabel 6. 14 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Memanjang.....	196
Tabel 6. 15 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Melintang .....	196
Tabel 6.16 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Memanjang.....	197
Tabel 6.17 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Melintang .....	198
Tabel 6.18 Besar Beban yang Bekerja .....	202
Tabel 6.19 Rekap Besar dan Arah Beban.....	203
Tabel 6.20 Kombinasi Beban dan Faktor Beban Abutmen .....	205
Tabel 6.21 Kombinasi Beban dan Faktor Beban Abutmen yang Digunakan dalam Perencanaan .....	206
Tabel 6.22 Kombinasi Beban .....	206
Tabel 6.23 Kombinasi Beban Kuat I.....	207
Tabel 6.24 Kombinasi Beban Kuat III .....	207
Tabel 6.25 Kombinasi Beban Kuat IV .....	208
Tabel 6.26 Kombinasi Beban Kuat V .....	209
Tabel 6.27 Kombinasi Ekstrem I Arah X.....	209
Tabel 6.28 Kombinasi Ekstrem I Arah Y.....	210
Tabel 6.29 Kombinasi Beban Layan .....	211
Tabel 6.30 Rekap Kombinasi .....	212
Tabel 6.31 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 60 cm .....	222
Tabel 6.32 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 80 cm .....	222
Tabel 6.33 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 60 cm	223
Tabel 6.34 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 80 cm	224
Tabel 6.35 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 60 cm .....	224
Tabel 6.36 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 80 cm .....	225
Tabel 6.37 Hijin Tiang Diameter 60 cm.....	228

Tabel 6.38 Hijin Tiang Diameter 80 cm.....	229
Tabel 6.39 Biaya Tiang Pancang .....	229
Tabel 6.40 Berat Bangunan Bawah dengan Perkuatan Geotextile Wall .....	231
Tabel 6.41 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Memanjang.....	234
Tabel 6. 42 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Melintang.....	235
Tabel 6.43 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Memanjang.....	235
Tabel 6.44 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Melintang.....	236
Tabel 6.45 Rekap Besar Beban dengan Perkuatan Geotextile Wall .....	238
Tabel 6.46 Kombinasi Beban Kuat I .....	240
Tabel 6.47 Kombinasi Beban Kuat III.....	240
Tabel 6. 48 Kombinasi Beban Kuat IV .....	241
Tabel 6.49 Kombinasi Beban Kuat V.....	242
Tabel 6.50 Kombinasi Ekstrem I Arah X .....	243
Tabel 6.51 Kombinasi Ekstrem I Arah Y .....	243
Tabel 6.52 Kombinasi Beban Layan .....	244
Tabel 6.53 Rekap Kombinasi .....	245
Tabel 6.54 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 60 cm .....	251
Tabel 6.55 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 80 cm .....	251
Tabel 6.56 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 60 cm.....	252
Tabel 6.57 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 80 cm.....	253
Tabel 6.58 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 60 cm .....	253
Tabel 6.59 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 80 cm .....	254
Tabel 6.60 Hijin Tiang Diameter 60 cm.....	257

Tabel 6.61 Hijin Tiang Diameter 80 cm.....	257
Tabel 6.62 Biaya Tiang Pancang Abutmen dengan Perkuatan .	258
Tabel 6.63 Perbandingan Biaya Tiang Pancang Abutmen dengan Perkuatan dan Tanpa Perkuatan .....	258
Tabel 6.64 Beban Sediri <i>Back-wall</i> .....	260
Tabel 6.65 Beban Gempa <i>Backwall</i> Memanjang .....	260
Tabel 6.66 Beban Gempa <i>Backwall</i> Melintang.....	261
Tabel 6.67 Rekap Beban pada <i>Back-wall</i> .....	261
Tabel 6.68 Beban Sediri <i>Breast-wall</i> .....	264
Tabel 6.69 Beban Gempa <i>Breast-wall</i> .....	264
Tabel 6. 70 Beban Gempa <i>Breast-wall</i> .....	265
Tabel 6.71 Kombinasi Beban yang Bekerja pada <i>Breast-wall</i> ..	266
Tabel 6.72 Beban Sediri <i>wing-wall</i> .....	268
Tabel 6.73 Beban Gempa <i>Wing-wall</i> .....	269
Tabel 6.74 Beban Gempa <i>Wing-wall</i> .....	269
Tabel 6.75 Beban yang Bekerja pada <i>Wing-wall</i> .....	270
Tabel 6.76 Kombinasi Pembebanan Abutmen .....	272
Tabel 6.77 Gaya aksial Per-tiang untuk Masing-Masing Kombinasi .....	276
Tabel 6.78 Rekap Total Gaya Aksial Tiang .....	278
Tabel 6.79 Rekap Total Momen untuk Tiang Pancang.....	279
Tabel 6.80 Rekap Penulangan Abutmen .....	280

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 17.499 pulau dari Sabang hingga Merauke. Luas total wilayah Indonesia adalah 7,81 juta km<sup>2</sup> yang terdiri dari 2,01 juta km<sup>2</sup> daratan, 3,25 juta km<sup>2</sup> lautan, dan 2,55 juta km<sup>2</sup> Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE) (bphn.go.id, 2017). Dengan kondisi geografis demikian, jaringan transportasi yang mampu menjangkau seluas mungkin wilayah nusantara sampai ke pulau kecil sekalipun seperti transportasi laut sangat diperlukan.

Selama ini, transportasi laut menjadi bagian penting dalam mobilitas penumpang dan barang antar pulau di Indonesia. Oleh sebab itu, transportasi laut mempengaruhi kehidupan perekonomian karena nilai biaya yang dikeluarkan relatif lebih murah apabila dibandingkan dengan biaya transportasi darat dan udara. Hal ini menjadikan laut sebagai akses arus barang yang sangat diminati di Indonesia yang dibuktikan dengan jumlah barang dalam negeri yang diangkut dengan kapal laut periode April 2016 tercatat sebesar 20,8 juta atau naik 1,98 persen dibandingkan periode Maret 2016 sebesar 20,44 juta ton (BPS, 2016).

Fasilitas penunjang yang dibutuhkan untuk transportasi arus barang melalui laut adalah terminal barang yang menjadi salah satu solusi untuk mempercepat proses penyebaran arus barang di Indonesia. Barang yang berada di terminal barang berasal dari daerah tertentu yang sebelumnya telah ditransportasikan melalui darat dan nantinya akan ditransportasikan juga lebih lanjut ke daerah-daerah kecil melalui transportasi darat. Oleh karena itu infrastruktur darat di sekitar Terminal barang tersebut perlu ditingkatkan, terlebih jika terminal barang tersebut memiliki arus barang yang tinggi.

Salah satu terminal barang dengan arus barang yang tinggi adalah Terminal Teluk Lamong yang berada di Surabaya. Arus barang yang tinggi tersebut menyebabkan kepadatan lalu lintas di

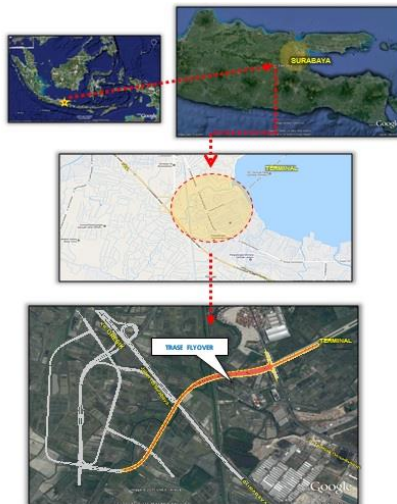
sepanjang Jalan Kalianak menuju Tambak Osowilangun yang merupakan satu-satunya akses menuju dan dari Terminal Teluk Lamong. Kepadatan lalu lintas tersebut didominasi oleh kendaraan yang membawa peti kemas yang juga akan menambah beban jalan.

Oleh karena itu, peningkatan infrastruktur darat dibutuhkan untuk menunjang transportasi arus barang yang melalui Terminal Teluk Lamong. Dalam rangka meningkatkan infrastruktur darat di Terminal Teluk Lamong, Pelindo III memberikan solusi kepada Pemerintah Kota Surabaya dengan membangun jalan akses berupa *flyover* yang akan menghubungkan Terminal Teluk Lamong dengan Tol Surabaya-Gresik. *Flyover* ini akan menjadi alternatif untuk mengatasi kepadatan lalu lintas dan juga berfungsi untuk menopang arus barang yang sangat tinggi pasca beroperasinya Terminal Teluk Lamong.

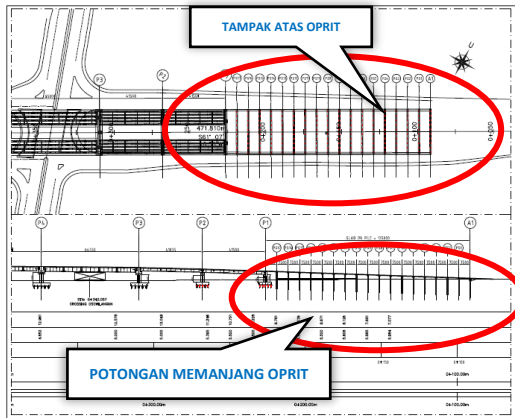
Proyek pembangunan *flyover* Terminal Teluk Lamong ini menghubungkan Terminal Teluk Lamong dengan jalan Tol Surabaya-Gresik seperti terlihat pada Gambar 1.1. Panjang total *flyover* adalah 1950 meter dengan lebar 10,50 m'/jalur. Dari panjang total tersebut, 675 meter adalah oprit yang menggunakan *slab on pile* dengan jarak 7,5 m. Oprit tersebut terbagi menjadi dua bagian, yaitu panjang 225 meter pada sisi Terminal Teluk Lamong dengan tinggi oprit 5,846 meter (Gambar 1.2) dan panjang 450 meter pada sisi Tol Surabaya-Gresik dengan tinggi oprit 4,427 meter (Gambar 1.3). Penggunaan *Slab on pile* pada proyek tersebut ditinjau memiliki biaya yang mahal. Oleh karena itu diperlukan alternatif perencanaan oprit dengan menggunakan timbunan. Selain itu, berdasarkan uji SPT yang terdapat pada lampiran, tanah dasar pada *flyover* Teluk Lamong tersebut termasuk tanah lunak dan dengan kondisi tanah tersebut harus diperhatikan keamanan dari perencanaannya. Selain pembangunan *flyover*, pelebaran jalan sebagai *tapper* dengan luasan total 18.349,40 m<sup>2</sup> juga dibutuhkan untuk menunjang akses keluar masuk Terminal Teluk Lamong. Luasan tersebut terbagi menjadi 4 bagian dengan luasan *tapper1* 1.987,5 m<sup>2</sup>, *tapper2* 7.851 m<sup>2</sup>, *tapper3* 7.084,4 m<sup>2</sup>, dan *tapper4* 1.435,50 m<sup>2</sup>. Gambar perencanaan *tapper* dapat dilihat pada

Gambar 1.4. Kondisi tanah pada *tapper* juga merupakan tanah lunak dengan hasil uji SPT yang terdapat pada lampiran.

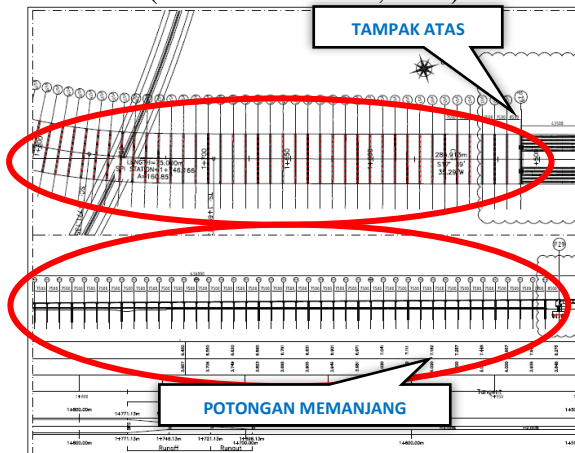
Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini akan direncanakan beberapa metode untuk perbaikan tanah dasar dan perkuatan oprit timbunan yaitu metode *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*, sedangkan untuk perkuatan digunakan *geotextile wall* dan tembok *freyssisol*. Masing-masing metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan yang akan dibandingkan dan dicari metode yang paling efektif untuk perbaikan tanah dasar dan perkuatan pada timbunan. Selain itu, pada *tapper* juga dilakukan perhitungan besar dan lama pemampatan untuk mengetahui besar penurunan agar elevasi *tapper* sama dengan elevasi jalan eksisting. Disamping itu, pada tugas akhir ini juga direncanakan abutmen dan pondasi tiang pancang yang dapat menyalurkan beban *flyover* secara aman.



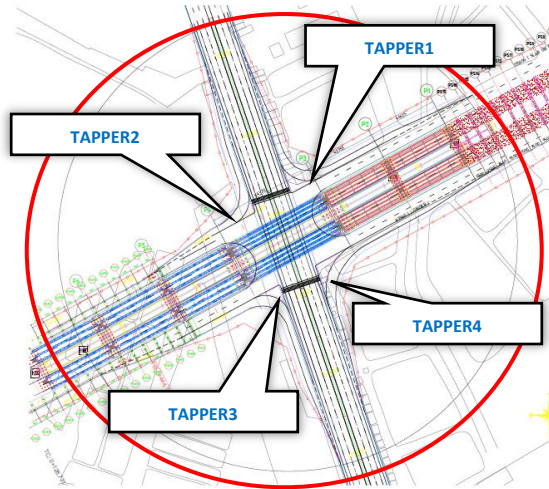
Gambar 1.1 Layout lokasi proyek *flyover* Teluk Lamong  
(Sumber: PT. Wika, 2018)



Gambar 1.2 Tampak atas dan potongan memanjang oprit *flyover* sisi Terminal Teluk Lamong  
(Sumber: PT. Wika, 2018)



Gambar 1. 3 Tampak atas dan potongan memanjang oprit *flyover* sisi Tol Surabaya-Gresik  
(Sumber: PT. Wika, 2018)



Gambar 1.4 Perencanaan *tapper*  
(Sumber: PT. Wika, 2018)

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari uraian diatas, beberapa masalah yang ada adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi tanah dasar pada *flyover* dan *tapper* Terminal Teluk Lamong?
2. Bagaimana besar pemampatan pada *tapper* dibandingkan dengan jalan eksisting Terminal Teluk Lamong?
3. Bagaimana perbaikan tanah dasar pada *tapper* apabila pemampatan tanah terlalu besar?
4. Bagaimana perencanaan perbaikan tanah dasar pada oprit *flyover* Terminal Teluk Lamong?
5. Bagaimana perencanaan perkuatan oprit dengan menggunakan *geotextile wall*?
6. Bagaimana perencanaan perkuatan oprit dengan menggunakan sistem tembok *freyssisol*?
7. Alternatif perkuatan mana yang lebih ekonomis untuk diterapkan pada oprit *flyover* Terminal Teluk Lamong?

8. Bagaimana dimensi abutment *flyover* Terminal Teluk Lamong agar dapat menyalurkan beban dengan aman?
9. Bagaimana perencanaan pondasi tiang pancang dibawah abutment *flyover* Terminal Teluk Lamong agar konstruksi abutment stabil?

### **1.3 Batasan Masalah**

Dalam perencanaan ini, terdapat beberapa batasan, yaitu:

1. Data yang digunakan adalah data sekunder.
2. Perencanaan oprit hanya untuk oprit sisi Terminal Teluk Lamong.
3. Perencanaan *tapper* hanya untuk satu bagian luasan *tapper*.
4. Tidak membahas perhitungan geometri dan perkerasan jalan.
5. Tidak merencanakan drainase jalan.
6. Tidak merencanakan metode pelaksanaan.
7. Pemilihan alternatif hanya meninjau biaya material.

### **1.4 Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah merencanakan ulang abutmen, pondasi tiang pancang pada abutmen *flyover*, mengetahui besar pemampatan pada *tapper*, perbaikan tanah dasar dan perkuatan oprit timbunan agar kuat menahan beban yang melaluinya sehingga tidak terjadi kelongsoran dan penurunan yang dapat menyebabkan kerusakan akses jalan di atasnya.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini diharapkan dapat merencanakan *flyover* dan *tapper* sebagai jalan akses yang kuat menahan beban yang melaluinya agar dapat mengurangi kepadatan dan mempercepat arus barang.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **1.1 Penyelidikan Tanah di Lapangan**

Jenis-jenis tanah tertentu sangat mudah sekali terganggu oleh pengaruh pengambilan contohnya di dalam tanah. Untuk menanggulangi hal tersebut, sering dilakukan beberapa pengujian di lapangan secara langsung. Pengujian di lapangan sangat berguna untuk mengetahui karakteristik tanah dalam mendukung beban pondasi dengan tidak dipengaruhi oleh kerusakan contoh tanah akibat operasi pengeboran dan penanganan contoh (Hardiyatmo, 2010a). Oleh karena itu diusahakan melakukan penyelidikan tanah di lapangan (*in-situ test*). Pengujian di lapangan yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah *Standard Penetration test (SPT)*.

##### **1.1.1 Uji Penetrasi Standar (SPT)**

Suatu metode uji yang dilaksanakan bersamaan dengan pengeboran untuk mengetahui, baik perlawanan dinamik tanah maupun pengambilan contoh terganggu dengan teknik penumbukan. Uji *SPT* terdiri atas uji pemukulan tabung belah dinding tebal ke dalam tanah, disertai pengukuran jumlah pukulan untuk memasukkan tabung belah sedalam 300 mm vertikal. Dalam sistem beban jatuh ini digunakan palu dengan berat 63,5 kg, yang dijatuhkan secara berulang dengan tinggi jatuh 0,76 m. Pelaksanaan pengujian dibagi dalam tiga tahap, yaitu berturut-turut setebal 150 mm untuk masing-masing tahap. Tahap pertama dicatat sebagai dudukan, sementara jumlah pukulan untuk memasukkan tahap ke-dua dan ke-tiga dijumlahkan untuk memperoleh nilai pukulan *N* atau perlawanan *SPT* (dinyatakan dalam pukulan/0,3 m).

Tabel 2.1 dibawah ini menunjukkan Konsistensi tanah (untuk tanah dominan lanau dan lempung) dan Tabel 2.2 adalah pedoman memprakirakan harga  $\phi$  dari harga  $N_{SPT}$  untuk tanah dominan pasir (dari Teng, 1962)

Tabel 2.1 Konsistensi Tanah (Tanah Dominan Lanau dan Lempung)

Konsistensi tanah	Taksiran harga kekuatan geser undrained, $C_u$		Taksiran harga SPT, harga N	Taksiran harga tahanan conus, $q_c$ (dari Sondir)	
	kPa	ton/ m <sup>2</sup>		kg/c m <sup>2</sup>	kPa
Sangat lunak (very soft)	0 – 12.5	0 – 1.25	0 – 2.5	0 – 10	0 – 1000
Lunak (soft)	12.5 – 25	1.25 – 2.5	2.5 – 5	10 – 20	1000– 2000
Menengah (medium)	25 – 50	2.5 – 5.	5 – 10	20– 40	2000 – 4000
Kaku (stiff)	50 – 100	5.0 – 10.	10 – 20	40 – 75	4000 – 7500
Sangat kaku (very stiff)	100 – 200	10. – 20.	20 – 40	75– 150	7500 – 15000
Keras (hard)	> 200	> 20.	> 40	> 150	> 15000

(Sumber : Mochtar (2006), revised (2012))



Tabel 2.2 Pedoman Memprakirakan Harga  $\phi$  dari Harga  $N_{SPT}$ .  
untuk Tanah Dominan Pasir (dari Teng, 1962).

Kondisi kepadatan	Relative Density (kepadatan relatif) $R_d$	Perkiraan Harga $N_{SPT}$	Perkiraan harga $\phi$ ( $^\circ$ )	Perkiraan berat volume jenuh, $\gamma_{sat}$ ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )
very loose (sangat renggang)	0 % s/d 15 %	0 s/d 4	0 s/d 28	< 1.60
loose (renggang)	15 % s/d 35 %	4 s/d 10	28 s/d 30	1.50 – 2.0
medium (menengah)	35% s/d 65 %	10 s/d 30	30 s/d 36	1.75 – 2.10
dense (rapat)	65% s/d 85 %	30 s/d 50	36 s/d 41	1.75 – 2.25
very dense (sangat rapat)	85% s/d 100 %	> 50	41*	

\* perkiraan oleh Mochtar (2009)

## 1.2 Analisa Parameter Tanah

### 1.2.1 Pembuatan Stratigrafi

Stratigrafi tanah dibuat dengan tujuan mengetahui kondisi tanah dasar di lokasi Proyek. Pembagian layer berdasarkan pada korelasi N-SPT pada Tabel 2.1 yang klasifikasi jenis tanahnya dapat ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.1.

### 1.2.2 Korelasi Tanah Berdasarkan Data N-SPT

Kesalahan dalam mengidentifikasi tanah yang ditinjau akan menyebabkan kesalahan hasil perencanaan. Oleh karena itu, parameter tanah yang digunakan harus sebisa mungkin menggambarkan karakter tanah yang akan ditinjau. Parameter tanah dapat diperoleh dari hasil penyelidikan tanah di lapangan maupun pengujian laboratorium dan digunakan untuk mendeskripsikan sifat tanah dan jenis lapisan tanah. Namun, terkadang parameter yang didapatkan dari uji lab masih kurang dan dibutuhkan parameter yang lebih lengkap yang dapat diperoleh dengan menggunakan korelasi. Korelasi dilakukan berdasarkan hasil N-SPT yang diperoleh dari borelog. Pendekatan korelasi untuk mendapatkan nilai-nilai parameter tanah yang akan digunakan dalam perencanaan seperti berat isi tanah ( $\gamma$ ), kohesi ( $C_u$ ), angka pori ( $e$ ), kadar air ( $\omega_c$ ), dan sebagainya.

1. Berat volume jenuh tanah ( $\gamma_{sat}$ ) didapatkan dari korelasi berdasarkan konsistensi tanah dan nilai  $N_{SPT}$ .
  - Untuk tanah kohesif dan non kohesif dapat dilihat pada Tabel 2.3 dan 2.4 yang bersumber dari J.E Bowles, 1984 dalam Wahyudi, 2013.

Tabel 2.3 Korelasi Berat Volume Jenuh Tanah ( $\gamma_{sat}$ ) untuk  
*Cohesionless Soil*

	<i>Cohesionless Soil</i>				
N (blows)	0 – 3	4 - 10	11 - 30	30– 50	> 50
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
$\Phi$ (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	>35
State	Very Loose	Loose	Medium	Dense	Very Dense
Dr (%)	0 - 15	15 - 35	35 – 65	65 – 85	85 – 100

(Sumber: Daya Dukung Pondasi Dalam, 2013)

Tabel 2.4 Korelasi Berat Volume Jenuh Tanah ( $\gamma_{sat}$ ) untuk  
*Cohesive Soil*

<i>Cohesive Soil</i>					
N (blows)	<4	4 - 6	6 – 15	16 - 25	>25
$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	14 - 18	16 - 18	16 – 18	16 – 20	>20
qu (kPa)	<25	20 - 50	30 – 60	40 – 200	>100
Consistensy	Very Soft	Soft	Medium	Stiff	Hard

(Sumber: Daya Dukung Pondasi Dalam, 2013)

2. Berat volume kering tanah ( $\gamma_{dry}$ ) diperoleh dari persamaan Das B. M, 1988 untuk tanah pada kondisi jenuh ( $\gamma_t = \gamma_{sat}$ )

$$\gamma_d = \frac{\gamma_{sat}}{1 + \omega_c} \quad (2.1)$$

Dimana :

$$\begin{aligned} \gamma_{sat} &= \text{berat volume jenuh tanah} && (\text{t/m}^3) \\ \gamma_d &= \text{berat volume kering tanah} && (\text{t/m}^3) \\ \omega_c &= \text{kadar air} && (\%) \end{aligned}$$

3. Nilai kadar air ( $\omega_c$ ), porositas ( $n$ ), dan koefisien konsolidasi vertikal ( $C_v$ ) didapatkan berdasarkan:

- Untuk tanah kohesif, didapatkan dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah ( $\gamma_{sat}$ ) yang bersumber dari Biarez.

4. Berat jenis tanah ( $G_s$ ) didapatkan dari korelasi berdasarkan nilai berat volume jenuh tanah ( $\gamma_{sat}$ ) dan angka pori ( $e$ ) dengan menggunakan persamaan Das B. M, 1988:

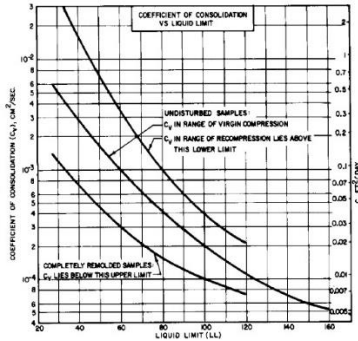
$$G_s = \frac{\gamma_{sat} \times (1 + e)}{1 + \omega_c} \gamma_w \quad (2.2)$$

Dimana :

$$G_s = \text{berat jenis tanah}$$

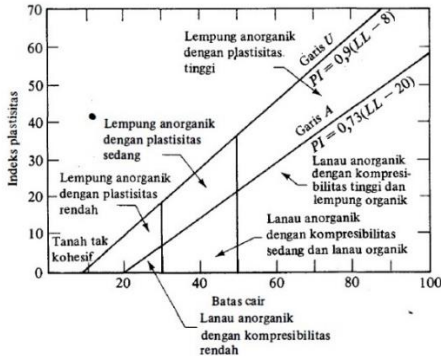
- $\gamma_{\text{sat}}$  = berat volume jenuh tanah (t/m<sup>3</sup>)
- $\gamma_w$  = berat volume air = 1 (t/m<sup>3</sup>)
- $\omega_c$  = kadar air (%)
- $e$  = angka pori

5. Harga batas cair (LL) didapatkan dari grafik hubungan antara  $C_v$  dan LL yang terdapat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Grafik hubungan antara  $C_v$  dan LL (Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)

6. Harga indeks plastisitas (IP) didapatkan dari grafik hubungan antara LL dan IP yang terdapat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.2 Grafik hubungan antara LL dan IP (Sumber: Braja Das, 1988)

7. Indeks pemampatan ( $C_c$ ) didapatkan dari korelasi berdasarkan harga batas cair (LL) dan nilai kadar air ( $W_c$ ) menurut Kosasih dan Mochtar.

$$C_c = 0.007 LL + 0,0001W_c - 0,18 \quad (2.3)$$

### 1.3 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan Tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang penting di dalam sejumlah persoalan teknik pondasi. Dinding penahan dan dinding turap (*sheet pile wall*), galian yang diperkokoh (*braced excavation*) dan galian tidak diperkokoh (*unbraced excavation*), tekanan tanah (*grain pressure*) pada dinding diafragma, dan lain-lain. Semuanya ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun analisa stabilitas (Joseph E. Bowles, 1988). Tekanan tanah lateral dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu :

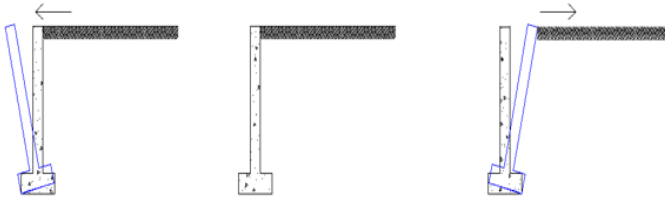
- Jika dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tekanan tanah diam ( $K_0$ )
  - Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, koefisien K mencapai nilai maksimum yang disebut tekanan tanah pasif ( $K_p$ )
  - Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, maka nilai K mencapai minimum yang disebut tekanan tanah aktif ( $K_a$ )
- Pergerakan dari 3 jenis tekanan tanah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.

#### Menurut Teori Rankine (1987)

Teori Rankine berasumsi bahwa :

- Tidak ada adhesi atau friksi antar dinding dengan tanah (friksi sangat kecil sehingga diabaikan)
- Tekanan lateral terbatas hanya untuk dinding vertical  $90^\circ$ .
- Kelongsoran terjadi sebagai akibat dari pergeseran tanah yang ditentukan oleh sudut geser tanah ( $\phi$ ).

- Tekanan lateral bervariasi linier terhadap kedalaman dan resultan tekanan yang berada pada sepertiga tinggi dinding, diukur dari dasar dinding
- Resultan gaya bersifat paralel terhadap permukaan urugan.



Tekanan Tanah  
Aktif ( $K_a$ )

Tekanan Tanah  
Diam ( $K_0$ )

Tekanan Tanah  
Pasif ( $K_p$ )

Gambar 2.3 Jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding

(Sumber: Weber, 2010)

### 1.3.1 Tekanan Tanah Aktif ( $K_a$ )

#### Tekanan tanah aktif (dengan kohesi nol, $C=0$ )

Suatu dinding penahan tanah dalam keseimbangan menahan tekanan tanah horizontal, tekanan tanah dapat dievaluasi dengan menggunakan koefisien tekanan tanah  $K_a$ . Untuk mendapatkan tekanan tanah horizontal  $K_a$  adalah konstanta yang fungsinya mengubah tekanan vertikal tersebut menjadi tekanan horizontal. Oleh karena itu tekanan horizontal dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Pa = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2 \quad (2.4)$$

Dimana harga  $K_a$

Untuk tanah datar adalah :

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.5)$$

### Tekanan tanah aktif berkoheesi

Kohesi (kelekatan tanah) mempunyai pengaruh mengurangi tekanan aktif tanah sebesar  $2c\sqrt{K_a}$ . Jadi dapat dirumuskan menjadi seperti berikut ini :

$$Pa = Ka \gamma H^2 - 2c\sqrt{K_a} \quad (2.6)$$

### 1.3.2 Tekanan Tanah Pasif ( $K_p$ ) Menurut Rankine

Pada dinding penahan tanah menerima tekanan tanah pasif yang dapat menahan tekanan tanah aktif. Tekanan tanah pasif ( $K_p$ ) yang besarnya sebagai berikut :

$$Kp = \frac{1-\sin \phi}{1+\sin \phi} = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2}) \quad (2.7)$$

Maka tahanan pasif suatu tanah datar tanpa kohesi ( $C=0$ )

$$Pp = \frac{1}{2} Kp \gamma H^2 \quad (2.8)$$

Tahanan pasif suatu tanah datar dengan kohesi

$$Pp = \frac{1}{2} Kp \gamma H^2 - 2c\sqrt{K_p} \quad (2.9)$$

### 1.3.3 Tekanan Tanah dalam keadaan diam ( $K_0$ )

Pada saat dinding penahan tanah dalam keadaan diam, yaitu saat dinding tidak bergerak kesalah satu arah horizontal, maka massa tanah berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah horizontal dan vertical dinamakan “koefisien tanah dalam keadaan tanah diam (*coefficient of earth preassure at rest*),  $K_0$ , atau

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \quad (2.10)$$

Karena  $\sigma_v = \gamma Z$ , maka  $\sigma_v = K_0 \gamma Z$

Untuk tanah berbutir, keadaan tanah dalam keadaan diam dapat dihitung oleh hubungan empiris yang di perkenalkan oleh Jaky (1944).

$$K_0 = 1 - \sin \phi \quad (2.11)$$

Brooker dan Ireland (1965) mengemukakan hubungan empiris untuk menghitung  $K_0$  dari tanah lempung yang terkonsolidasi normal

$$K_0 = 0,95 - \sin\phi \quad (2.12)$$

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal, persamaan empiris yang lain untuk  $K_0$  juga di kemukakan oleh Alpan (1967):

$$K_0 = 0,19 + 0,223 \text{ Log } (PI) \quad (2.13)$$

Keterangan : PI = Indeks Plastis

#### 1.4 Pemampatan Tanah

Pembebanan yang diletakkan di atas permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah di bawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan disebabkan adanya perubahan bentuk partikel tanah, perpindahan lokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori dan lain sebagainya. Secara umum, pemampatan (*settlement*) pada tanah dibagi dalam dua kelompok, yaitu:

- (1) Pemampatan segera (*immediate settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Pemampatan segera dari suatu pembebanan terjadi dengan segera setelah pemberian beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan kadar air yang terjadi pada lapisan pasir dengan nilai NSPT < 10. Besar pemampatan segera untuk kedalaman  $H = \sim$ , dapat dihitung dengan rumusan sebagai berikut:

$$S_i = q \times B \times \frac{1-\mu^2}{E} \times I_p \quad (2.14)$$

Dimana:

$q$  = beban ( $t/m^2$ )

$S_i$  = immediate settlement (m)

$B$  = Lebar (m)

$\mu$  = angka Poisson

$I_p$  = faktor pengaruh (*influence factor*) yang tidak memiliki dimensi

Schleicher (1926) memberikan persamaan faktor pengaruh untuk bagian ujung dari pondasi persegi yang lentur sebagai berikut:



$$I_p = \frac{1}{\pi} \left[ m_1 \times \ln \left( \frac{(1 + \sqrt{m_1^2 + 1})}{m_1} \right) + \ln(m_1 + \sqrt{m_1^2 + 1}) \right] \quad (2.15)$$

Dimana:

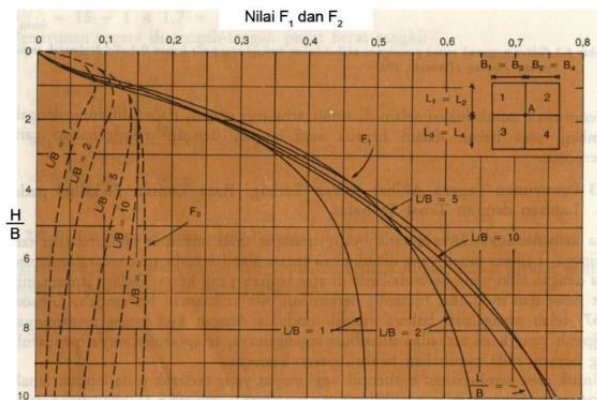
$$m_1 = \frac{\text{panjang pondasi}}{\text{lebar pondasi}} \quad (2.16)$$

Pemampatan segera pada lapisan dengan tebal terbatas dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

$$S_i = \frac{q \times B}{E} \times (1 - \mu^2) \times I_p \quad (2.17)$$

$$I_p = (1 - \mu^2)F_1 + (1 - \mu - 2\mu^2)F_2 \quad (2.18)$$

Nilai  $F_1$  dan  $F_2$  dapat diperoleh dari grafik pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Grafik nilai  $F_1$  dan  $F_2$   
(Steinbrenner, 1934)

- (2) Pemampatan konsolidasi (*consolidation settlement*), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Pemampatan konsolidasi dibagi menjadi dua bagian, yaitu konsolidasi primer dan konsolidasi sekunder. Penambahan beban di atas suatu lapisan tanah jenuh air

menyebabkan tekanan air pori meningkat dan mengakibatkan air berusaha mengalir keluar dari pori-pori tanah. Keluarnya air dari pori-pori tanah menyebabkan pula berkurangnya volume tanah yang mengakibatkan penurunan lapisan tanah tersebut. Pemampatan tanah tersebut disebut sebagai pemampatan konsolidasi primer. Besar pemampatan konsolidasi untuk jenis tanah lunak sangat bergantung pada sejarah geologis tanah. Tanah pada kedalaman tertentu telah mengalami tegangan efektif pra-konsolidasi, yakni tegangan efektif terbesar yang pernah dialami di masa lampau. Tegangan efektif pra-konsolidasi dapat lebih kecil atau sama dengan tegangan *overburden* efektif saat ini. Dengan begitu, terdapat dua jenis tanah berdasarkan sejarah tegangan, yakni:

- *Normally Consolidated Soil* (NC-Soil), yaitu tegangan *overburden* efektif saat ini merupakan tegangan terbesar (maksimum) yang pernah dialami tanah tersebut.
- *Over Consolidated Soil* (OC-Soil), yaitu tegangan *overburden* efektif saat ini lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami tanah sebelumnya. Tegangan *overburden* efektif maksimum yang pernah dialami sebelumnya adalah tegangan prakonsolidasi.

Kategori tersebut bergantung pada nilai *Over Consolidation Ratio* (OCR), yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$OCR = \frac{\sigma_c'}{\sigma_o'} \quad (2.19)$$

Keterangan :

$\sigma_c'$  = tegangan efektif pra konsolidasi

$\sigma_o'$  = tegangan *overburden* efektif

NC-Soil memiliki angka OCR = 1 dan OC-Soil memiliki angka OCR lebih dari 1.

Menurut Das (1985), besar pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah lempung setebal H dapat dihitung dengan persamaan :

(1) Untuk NC-Soil

$$S_c = C_c \cdot \frac{H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \quad (2.20)$$

(2) Untuk OC-Soil

Bila  $\sigma'_0 + \Delta\sigma \leq \sigma'_c$ , maka :

$$S_c = C_s \cdot \frac{H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_0} \quad (2.21)$$

Bila  $\sigma'_0 + \Delta\sigma \geq \sigma'_c$ , maka :

$$S_c = C_s \cdot \frac{H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} + C_c \cdot \frac{H_0}{1 + e_0} \cdot \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma}{\sigma'_c} \quad (2.22)$$

Keterangan :

$S_c$  = besar pemampatan (m)

$C_c$  = indeks pemampatan (*compression index*)

$C_s$  = indeks pemuaiian (*swelling indeks*)

$e_0$  = angka pori

$\sigma'_0$  = tegangan *overburden*

$\Delta\sigma$  = penambahan beban vertical

$\sigma'_c$  = tegangan pra-konsolidasi

Semua persamaan pemampatan konsolidasi adalah untuk lapisan tanah yang *compressible* (N-SPT < 10)

#### 1.4.1 Penambahan Tegangan Tanah ( $\Delta\sigma'$ )

Penambahan tegangan tanah ( $\Delta\sigma'$ ) merupakan tambahan tegangan yang diakibatkan oleh beban timbunan yang ditinjau ditengah-tengah lapisan. Diagram tegangan tanah akibat timbunan untuk bentuk trapesium dapat dilihat pada Gambar 2.5.

Nilai tegangan tanah ( $\Delta\sigma'$ ) adalah sebagai berikut:

$$\Delta\sigma' = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left( \frac{B_1+B_2}{B_2} \right) x (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} x (\alpha_2) \right] \quad (2.23)$$

Dimana:

$\Delta\sigma'$  = tegangan akibat beban timbunan ditinjau pada tengah lapisan ( $t/m^2$ )

$q_0$  = beban timbunan ( $t/m^2$ )

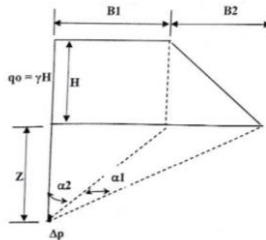
$B_1$  =  $\frac{1}{2}$  lebar timbunan

$B_2$  = panjang proyeksi horizontal kemiringan timbunan

$\alpha_1 = \tan^{-1} \left( \frac{B_1+B_2}{z} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right)$  (radian)

$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right)$  (radian)

Catatan: nilai tegangan tersebut akibat beban trapezium  $\frac{1}{2}$  timbunan, untuk timbunan total nilainya harus dikali 2.



Gambar 2.5 Diagram tegangan tanah  
(Sumber: Braja M. Das, 1986)

Nilai tegangan tanah untuk beban berbentuk persegi dapat dicari dengan rumusan sebagai berikut:

$$\Delta\sigma' = 4 x q_0 x I \quad (2.24)$$

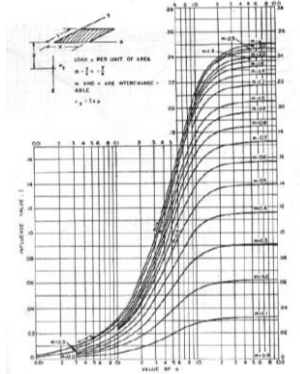
Dimana:

$\Delta\sigma'$  = tegangan akibat beban timbunan ditinjau pada tengah lapisan ( $t/m^2$ )

$q_0$  = beban timbunan ( $t/m^2$ )

I = faktor pengaruh beban

Nilai faktor pengaruh beban (I) dapat ditentukan dengan grafik pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Grafik faktor beban berbentuk persegi  
(Sumber: Braja M. Das, 1986)

#### 1.4.2 Waktu Pemampatan

Proses konsolidasi tanah lempung yang tebal berlangsung dalam waktu yang sangat lama. Perbandingan antara pemampatan tanah pada saat  $t = \infty$  dengan pemampatan total yang terjadi disebut derajat konsolidasi. Nilai derajat konsolidasi adalah antara 0% sampai 100%. Formula derajat konsolidasi :

$$U = \frac{S_t}{S} \times 100\% \quad (2.25)$$

Keterangan :

U = Derajat konsolidasi

St = Pemampatan pada saat t

S = Pemampatan total yang terjadi

Derajat konsolidasi (U) juga diperoleh dengan persamaan

Untuk U antara 0-60%

$$U_v = \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \quad (2.26)$$

Untuk  $U > 60\%$

$U_v = (100 - a)\%$ , dimana nilai  $a$  adalah

$$a = \left( \frac{1.781 - T_v}{0.933} \right) \quad (2.27)$$

Pemampatan konsolidasi lapisan tanah dasar yang terjadi karena keluarnya air pori ke lapisan yang lebih porus, yaitu keatas atau ke bawah saja (*single drainage*) atau ke atas dan ke bawah (*double drainage*). Waktu konsolidasi dapat diasumsikan sebagai berikut:

$$t = \left( \frac{T (H_{dr})^2}{C_v} \right) \quad (2.28)$$

Keterangan :

$t$  = waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pemampatan konsolidasi

$T$  = *time factor*

$H_{dr}$  = jarak terjauh air pori di lapisan tanah untuk mengalir keluar

$C_v$  = koefisien konsolidasi akibat aliran air pori arah vertical  
Untuk tanah yang memiliki banyak lapis dengan ketebalan yang berbeda-beda, harga  $C_v$  gabungan dapat ditentukan dengan formula berikut :

$$C_v \text{ gabungan} = \frac{(H_1 + H_2 + \dots + H_n)^2}{\left[ \frac{H_1}{\sqrt{C_{v1}}} + \frac{H_2}{\sqrt{C_{v2}}} + \dots + \frac{H_n}{\sqrt{C_{vn}}} \right]} \quad (2.29)$$

Dimana:

$H_n$  = tebal lapisan

$C_{vn}$  = Nilai  $C_v$  pada lapisan  $n$

## 1.5 Metode Preloading untuk Menghilangkan Pemampatan

Penurunan tanah menyebabkan beberapa kasus kegagalan konstruksi, hal ini dikarenakan tanah asli belum pernah memikul beban yang lebih besar dibandingkan beban yang sedang bekerja, sehingga tanah tidak mampu memikul beban konstruksi yang telah dibangun. Oleh karena itu, sebelum dilakukan proses konstruksi perbaikan tanah perlu dilakukan dimana tanah diberikan beban awal (preloading) agar terjadi penurunan sehingga ketika konstruksi telah selesai dikerjakan tidak akan terjadi penurunan tanah lagi.

### 1.5.1 Besar Beban Preloading

Secara umum preloading atau pembebanan awal merupakan proses kompresi tanah dengan memberikan tekanan vertikal sebelum dilakukan pembebanan konstruksi sebenarnya. Beban preloading adalah beban yang setara dengan beban konstruksi sebenarnya dimana beban tersebut dilakukan dengan melakukan timbunan sebanding dengan berat konstruksi yang akan dilaksanakan. Ada pula yang menentukan tinggi timbunan sesuai dengan nilai penurunan, agar tanah timbunan tidak dibuang sia-sia dan dapat dijadikan suatu pondasi dari suatu konstruksi. Tinggi timbunan kritis beban preloading ini dihitung berdasarkan daya dukung tanah lempung mula-mula. Kekuatan geser tanah lempung, dalam hal ini kohesi tanah akan mempengaruhi tinggi timbunan yang akan dipergunakan. Daya dukung tanah lempung dalam perencanaan beban preloading dihitung sebagai berikut:

$$q_u = 2 C_u \quad (2.30)$$

$$q_u = \gamma t_{\text{timbunan}} \quad (2.31)$$

Maka,

$$H_{cr} = \frac{2C_u}{\gamma t_{\text{timbunan}}} \quad (2.32)$$

dimana:

$Cu$  = kohesi tanah dasar ( $t/m^2$ )

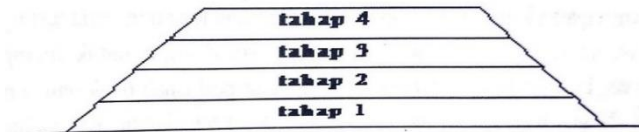
$\gamma$  = berat volume tanah timbunan ( $t/m^3$ )

$H_{cr}$  = tinggi timbunan kritis (m)

Apabila ternyata tinggi timbunan sebagai beban preloading yang akan diberikan lebih besar dari pada  $H_{cr}$ , maka timbunan tersebut harus diletakkan secara bertahap.

### 1.5.2 Timbunan Bertahap

Pelaksanaan konstruksi timbunan secara bertahap dilakukan dengan cara menimbun tanah secara bertahap dalam jangka waktu tertentu. Metode ini bertujuan untuk mencegah kegagalan pada tanah dasar dengan cara memampatkan tanah dasar hingga tanah timbunan berikutnya diberikan, sehingga stabilitas tanah dasar dapat ditingkatkan. Pemberian timbunan secara bertahap dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 Timbunan diletakkan secara bertahap  
(Sumber: Mochtar, 2013)

Timbunan yang diletakkan secara bertahap mempengaruhi persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung besar pemampatan konsolidasi. Dalam perhitungan pemampatan konsolidasi disesuaikan dengan besar beban dan pemakaian nilai  $C_c$  dan  $C_s$ . Perumusan untuk menghitung pemampatan konsolidasi yang terjadi adalah:

Apabila  $p'_0 + \Delta p_1 \leq p_c$



$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p'_c}{p'_0 + \Delta p_1} + \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \left( \frac{p'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2}{p'_c} \right) \quad (2.33)$$

Apabila  $p'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 \geq p_c$

$$S_c = \frac{C_s \cdot H}{1 + e_0} \log \frac{p'_0 + \Delta p_1}{p'_0} \quad (2.34)$$

Apabila  $p'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 > p_c$

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_0} \log \left( \frac{p'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4}{p'_0 + \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3} \right) \quad (2.35)$$

Keterangan :

$C_c$  = Indeks pemampatan (*compression index*)

$C_s$  = Indeks mengembang (*swelling index*)

$P'_0$  = Tegangan efektif *overburden*

$\Delta p$  = Penambahan tegangan akibat beban tahapan timbunan

$E_0$  = Angka pori tanah dasar

### 1.5.3 Peningkatan Daya Dukung Tanah

Daya dukung tanah dasar dapat meningkat jika beban timbunan diletakkan secara bertahap sampai mencapai tinggi timbunan kritis ( $H_{cr}$ ). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ardana dan Mochtar (1999), diketahui bahwa terdapat vertical efektif ( $\sigma'_v$ ). Peningkatan daya dukung tanah akibat pemampatan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

Untuk harga *Plasticity index*, PI tanah < 120%

$$C_u \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016PI)\sigma'_0 \quad (2.36)$$

Untuk harga *Plasticity index*, PI tanah > 120%

$$C_u \left( \frac{kg}{cm^2} \right) = 0.0737 + (0.0454 - 0.00004PI)\sigma'_0 \quad (2.37)$$

#### 1.5.4 Percepatan Pemampatan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*

Laju konsolidasi yang rendah pada lempung jenuh dapat dinaikkan dengan menggunakan *vertical drain*.

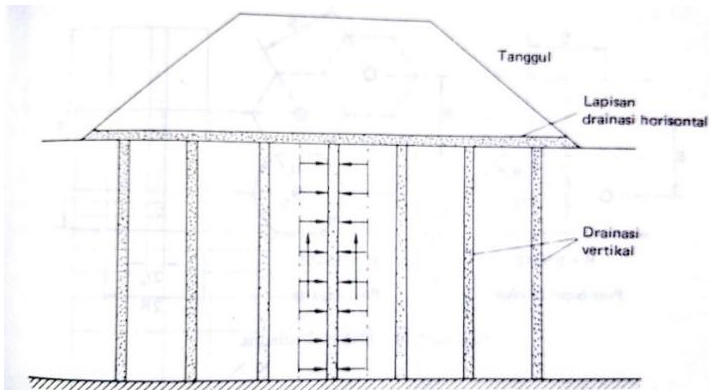
##### (1) *Vertical Drain*

*Vertical drain* berfungsi untuk mempercepat waktu pemampatan. Hal ini dikarenakan pemampatan konsolidasi yang terjadi pada tanah lempung berlangsung sangat lambat. Dengan adanya *vertical drain* maka air pori tanah tidak hanya mengalir keluar ke arah vertikal saja, tetapi juga ke arah horizontal. Metode ini digunakan saat penimbunan bertahap dan untuk mengurangi waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi rencana.

*Vertical drain* dapat berupa kolom pasir (*sand drain*) atau *pre-fabricated vertical drain (PVD)*. PVD terbuat dari bahan geosintetik yang diproduksi di pabrik. Bahan ini dapat mengalirkan air dengan baik, namun masa efektif kerja bahan ini hanya 6 bulan. PVD lebih umum dipakai di lapangan dibandingkan dengan kolom pasir karena kolom pasir pemasangannya jauh lebih rumit dan juga lebih mahal.

##### (2) Kedalaman *Vertical Drain*

Kedalaman *vertical drain* adalah sepanjang lapisan tanah yang mengalami konsolidasi. *Vertical drain* dipasang sepanjang lapisan tanah *compressible* ( $N-SPT < 10$ ) atau sedalam lapisan tanah yang masih mengalami pengaruh akibat distribusi tegangan dari beban di atasnya. Kedalaman *vertical drain* ditunjukkan pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 Sketsa vertical drain di bawah timbunan  
(Sumber : Mochtar, 2013)

(3) Waktu Konsolidasi dengan *Vertical Drain*

Waktu konsolidasi yang dibutuhkan apabila menggunakan *vertical drain* menurut Barron (1948) adalah sebagai berikut :

$$t = \left( \frac{D^2}{8Ch} \right) \cdot F(n) \cdot \ln \left( \frac{1}{1 - U_h} \right) \quad (2.38)$$

Keterangan:

$t$  = waktu yang diperlukan untuk mencapai  $U_h$

$D$  = diameter ekuivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD

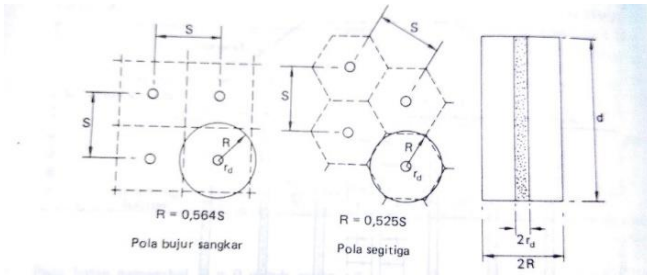
$D$  =  $1.13 \times S$ , untuk pola susunan bujur sangkar, dan

$D$  =  $1.05 \times S$ , untuk pola susunan segitiga

$Ch$  = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

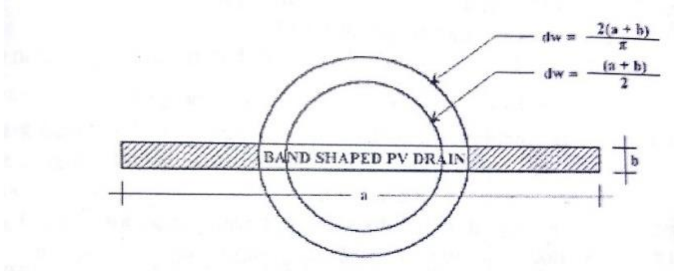
$U_h$  = Derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

$$\text{Dimana: } U_h = 1 - \left( \frac{1}{e^{\frac{t \times 8 \times Ch}{D^2 \times 2 \times F(n)}}} \right) \times 100\% \quad (2.39)$$



Gambar 2. 9 Pola pemasangan *vertical drain*  
(Sumber : Mochtar, 2013)

Teori di atas dikembangkan oleh Hansbo (1979) dengan memasukkan dimensi fisik dan karakteristik dari PVD. Fungsi  $F(n)$  merupakan fungsi hambatan akibat jarak antar titik pusat PVD. Harga  $F(n)$  didefinisikan dengan:



Gambar 2. 10 Diameter lingkaran ekuivalen untuk PVD  
(Sumber : Mochtar, 2013)

$$Fn = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \left( \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right] \text{ atau} \quad (2.40)$$

$$Fn = \left( \frac{n^2}{n^2 - 1^2} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} - \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

Keterangan :

$n = D/dw$

$dw =$  diameter ekuivalen dari *vertical drain*

Pada umumnya  $n > 20$  sehingga dapat dianggap  $1/n = 0$ , sehingga

$$Fn = \ln(n) - \frac{3}{4} \text{ atau } Fn = \ln\left(\frac{D}{dw}\right) - \frac{3}{4} \quad (2.41)$$

Hansbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{D^2}{8 \cdot Ch}\right) (F(n) + Fs + Fr) \cdot \ln\left(\frac{1}{1 - Uh}\right) \quad (2.42)$$

Keterangan :

$F(n)$  = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

$F_s$  = faktor hambatan tanah yang terganggu

$F_r$  = faktor hambatan akibat gangguan pada PVD sendiri

Harga  $F_r$  merupakan faktor tahanan akibat adanya gangguan pada PVD sendiri dan dirumuskan sebagai berikut:

$$Fr = \pi \cdot z \cdot (L - z) \cdot \left(\frac{kh}{qw}\right) \quad (2.43)$$

Keterangan:

$z$  = kedalaman titik yang ditinjau pada PVD terhadap permukaan tanah

$L$  = panjang drain

$kh$  = koefisien permeabilitas arah horizontal dalam tanah yang tidak terganggu (*undisturbed*)

$qw$  = *discharge capacity* (Kapasitas discharge) dari drain (tergantung dari jenis PVD nya)

Harga  $F_s$  merupakan faktor yang disebabkan oleh ada tidaknya perubahan pada tanah di sekitar PVD akibat pemancangan PVD tersebut. Faktor ini memasukkan pengaruh "*disturbance*" (gangguan) terhadap tanah karena pemancangan tersebut.  $F_s$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Fs = \left(\frac{kh}{ks} - 1\right) \cdot \ln\left(\frac{ds}{qw}\right) \quad (2.44)$$

Keterangan:

$k_s$  = koefisien permeabilitas arah horizontal pada tanah sudah terganggu (*disturbed*)

$d_s$  = diameter daerah yang terganggu (*disturbed*) sekeliling *vertical drain*

$d_w$  = diameter lingkaran ekivalen untuk PVD

Dalam persamaan di atas, adanya faktor  $F_s$  dan  $F_r$  cenderung memperlambat kecepatan konsolidasi. Dari penyelidikan diketahui bahwa faktor yang paling penting adalah  $F(n)$ . Besar faktor ( $F_s$ ) dapat mendekati atau bahkan lebih besar daripada  $F(n)$ , tergantung dari besarnya kerusakan pada tanahnya akibat pemancangan PVD. Dari data lapangan didapatkan harga  $F_s/F(n)$  dapat berkisar antara 1 sampai 3. Untuk memudahkan perencanaan maka dapat diasumsikan bahwa  $F(n) = F_s$ . Pengaruh perlawanan aliran ( $F_r$ ) umumnya kecil dan tidak begitu penting, maka harga  $F_r$  dapat dianggap nol. Dengan melihat asumsi di atas, persamaan waktu konsolidasi dapat ditulis sebagai berikut:

$$t = \left( \frac{D^2}{8 \cdot Ch} \right) (2F(n)) \cdot \ln \left( \frac{1}{1 - U_h} \right) \quad (2.45)$$

Keterangan:

$t$  = waktu yang diperlukan untuk mencapai  $U_h$

$D$  = diameter ekivalen dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari *vertical drain*

$Ch$  = koefisien konsolidasi tanah akibat aliran air pori arah radial

$F(n)$  = faktor hambatan disebabkan karena jarak antar PVD

$U_h$  = derajat konsolidasi tanah akibat aliran air arah radial

Dengan memasukkan harga  $t$  tertentu, dapat dicari nilai  $U_h$  pada lapisan tanah yang dipasang PVD. Selain konsolidasi akibat aliran pori arah horizontal juga terjadi konsolidasi akibat aliran air vertikal  $U_v$ . Kemudian dapat dicari derajat konsolidasi rata-rata ( $\bar{U}$ ) dengan persamaan berikut:

$$U = [1 - (1 - U_h) \cdot (1 - U_v)] \times 100\% \quad (2.46)$$

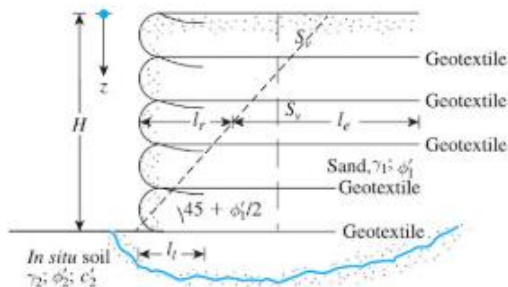
#### (4) *Horizontal Drain*

*Prefabricated Horizontal Drain* (PHD) digunakan untuk mengalirkan aliran air dari *Prefabricated Vertical Drain* dalam tanah ke saluran drainase utama disamping kanan atau kiri timbunan yang nantinya air pori akan keluar melewati *Prefabricated Vertical Drain* dan disalurkan di atas tanah menggunakan *Prefabricated Horizontal Drain* untuk menuju saluran drainase di samping kanan/kiri timbunan

### 1.6 Perkuatan Sisi Oprit Timbunan Tegak

#### 1.6.1 *Geotextile Wall*

*Geotextile* merupakan salah satu bahan geosintetik yang bahannya terbuat dari polyester, polyethylene, atau polypropylene dan tidak mudah terurai (rusak). Secara umum terbagi atas dua jenis, yaitu *Woven* dan *Non-Woven*. *Geotextile* memiliki empat fungsi utama yaitu drainase, filtrasi, separator, dan perkuatan (Braja M, 2002). Kekuatan tarik (*tensile strength*) meningkatkan kapasitas daya dukung (*load bearing capacity*) tanah. *Geotextile* digunakan dalam perencanaan dinding penahan tanah seperti yang terdapat pada Gambar 2.11 Dalam perencanaan *geotextile wall* terdapat dua tahap, yaitu *internal stability* dan *external stability*.



Gambar 2.11 Geotextile pada dinding penahan tanah  
(Sumber: Braja M. Das)

### 1.6.1.1 Internal Stability

Dalam Perencanaan *geotextile wall* tahapan perhitungan pertama yang dilakukan adalah perhitungan *internal stability* untuk menghitung spasi dan kebutuhan panjang *geotextile*. Rumusan untuk menentukan spasi dan panjang kebutuhan *geotextile* adalah sebagai berikut. (Braja M., 2015)

Besar tegangan horizontal yang diterima dinding ( $\sigma_H$ )

$$\sigma_H = \sigma_{HS} + \sigma_{Hq} + \sigma_{HL} \quad (2.47)$$

dimana

- $\sigma_{HS}$  = tegangan horisontak akibat tanah dibelakang dinding
- $\sigma_{Hq}$  = tegangan horizontal akibat tanah timbunan/ beban *surcharge*
- $\sigma_{HL}$  = tegangan horisonta akibat beban hidup

Penentuan jarak spasi geotextile ( $S_v$ )

$$S_v = \frac{T_{all}}{\sigma_{HZ} SF} \quad (2.48)$$

Dimana :

$\sigma_{HZ}$  = tegangan horizontal pada kedalaman Z

$SF$  = 1.3 s/d 1.5

Penentuan panjang tiap lapis geotextile ( $L$ )

$$L = L_e + L_R \quad (2.49)$$

dimana

$L_e$  = panjang geotextile yang berada dalam anchorage zone (minimum 1.0 m)

$L_R$  = panjang geotextile yang berada di depan bidang longsor

$$L_R = (H - z)x \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \quad (2.50)$$

dan



$$L_e = \frac{Sv \cdot \sigma_H \cdot SF}{2[c + \sigma_v (tg\delta)]} \quad (2.51)$$

Untuk panjang lipatan  $L_o$ , gaya yang diperhitungkan  $\frac{1}{2} \sigma_H$ .

$$L_o = \frac{Sv \cdot \sigma_H \cdot SF}{2[c + \sigma_v (tg\delta)]} \quad (2.52)$$

dengan panjang minimum 1 m.

### 1.6.1.2 External Stability

Pada tahapan *external stability* dilakukan cek terhadap guling, geser, dan kelongsoran daya dukung. Bentuk dari *external stability* dapat dilihat pada Gambar 2.12 untuk guling, geser, dan kelongsoran daya dukung.

Cek terhadap guling

$$FS_{OT} = \sum \frac{\text{momen penahan}}{\text{momenendorong}} > 3.0 \quad (2.53)$$

Cek terhadap geser

$$FS_s = \sum \frac{\text{gaya penahan}}{\text{gayaendorong}} > 3.0 \quad (2.54)$$

Cek terhadap kelongsoran daya dukung

$$FS_s = \frac{P_{ult}}{P_{act}} = \frac{c \cdot Nc + qNq + 0.5 \gamma B N_\gamma}{P_{act}} > 3.0 \quad (2.55)$$

### 1.6.2 Freyssisol

Tembok *freyssisol* adalah suatu konstruksi penahan tanah yang dibangun dari lapisan-lapisan dengan menggunakan sistem perkuatan dan menggunakan panel beton. Freyssisol menggunakan geotrap untuk menahan beban yang terjadi.

Sistem tembok *freyssisol* dapat digunakan pada:

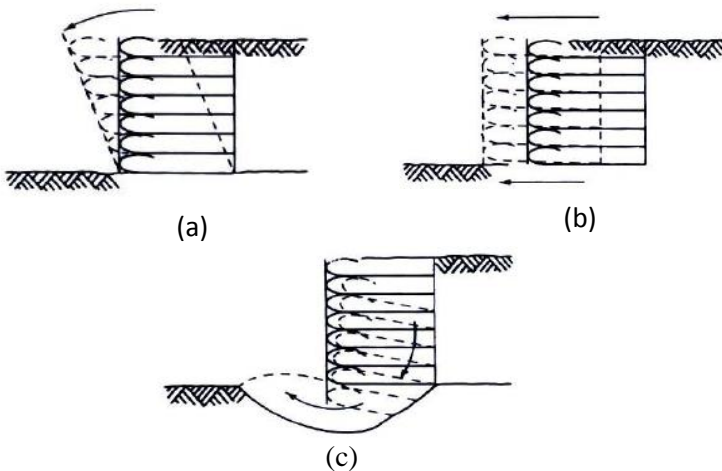
- Oprit jembatan
- *PCI culvert*
- *Viaduct* konvensional

- Peninggian tanah
- Daerah berlereng
- Dinding penahan longsor

Keuntungan penggunaan *freyssisol* adalah:

- Untuk mengurangi daya tekan sebagai akibat pembangunan struktur diatas tanah dengan kapasitas dukung rendah
- Pemakaian penguatan komposit yang dibuat dari bahan beton
- Pelaksanaan pembangunan cepat dan dapat disesuaikan dengan keadaan bentuk, seperti sudut siku dan lengkungan

Penggunaan sistem tembok *freyssisol* sebagai perkuatan dinding timbunan pada oprit *flyover* dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2. 12 *External stability* untuk *geotextile wall*  
 (a) *Kontrol Guling*. (b) *Kontrol Geser*. (c) *Kontrol Daya Dukung*.  
 (Sumber: Braja M. Das)



Gambar 2.13 Aplikasi tembok *freyssisol* pada oprit  
(Sumber: Terre-Armee, 2017)

### 1.6.3 Cerucuk atau *Micropile*

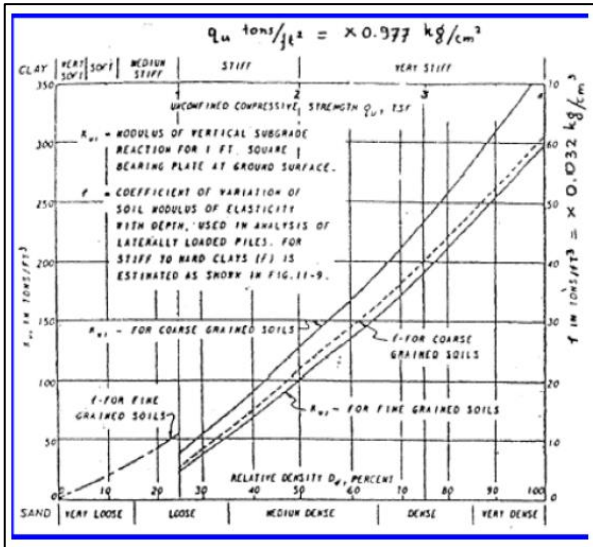
Perkuatan menggunakan *micropile* digunakan jika perkuatan *geotextile* atau *freyssisol* yang direncanakan tidak memenuhi angka keamanan. Untuk perhitungan kekuatan 1 (satu) cerucuk, terlebih dahulu harus ditentukan faktor kekakuan relative (T) seperti yang dijelaskan dalam NAVFAC DM-7, 1971 yaitu:

$$T = \left( \frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (2.56)$$

Dimana:

- E = modulus elastisitas tiang, kg/cm<sup>2</sup>
- I = momen inersia tiang, cm<sup>4</sup>
- f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm<sup>3</sup>
- T = faktor kekuatan relatif, cm

Harga f diperoleh dengan bantuan Gambar 2.14 (Design Manual, NAVFAC DM-1971) yang merupakan grafik hubungan antara f dan *unconfined compression strength*,  $q_u = 2 C_u$ .



Gambar 2. 14 Kurva untuk menentukan Harga f dari Berbagai jenis tanah  
(Sumber: NAVFAC DM-7. 1971)

Harga T yang telah diperoleh dipakai untuk menghitung gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh 1 (satu) tiang dengan formula:

$$P = \frac{M_p}{F_M \times T} \quad (2.57)$$

Dimana:

$M_p$  = momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat beban P, kg-cm

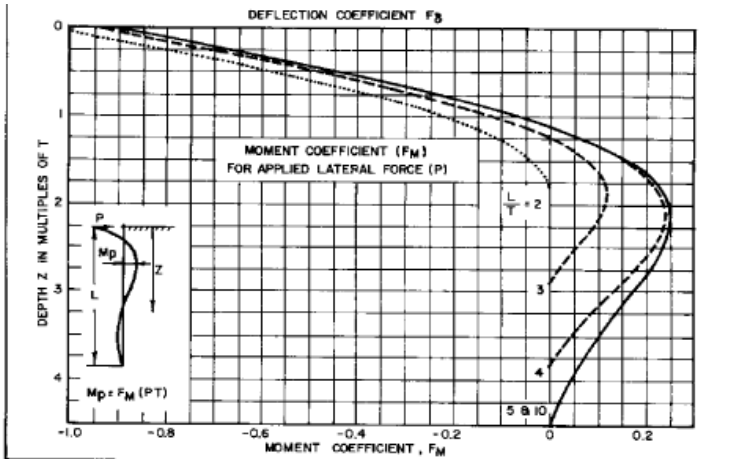
$F_M$  = koefisien momen akibat gaya lateral P

P = gaya horizontal yang diterima cerucuk, kg

T = faktor kekakuan relatif, cm

Harga  $F_M$  ditentukan dengan menggunakan Gambar 2.15 dari Design Manual, NAVFAC DM-1971) dengan terlebih dahulu

merencanakan panjang cerucuk tertahan di bawah bidang gelincir (L). Dengan bantuan Gambar 2.15, harga L/T kemudian dipakai untuk menentukan harga  $F_M$  pada kedalaman (Z).



Gambar 2.15 Grafik untuk menentukan besarnya  $F_M$   
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)

Selanjutnya, jumlah kebutuhan cerucuk juga diperhitungkan untuk dapat mencapai *safety factor* yang direncanakan. Dengan menggunakan program bantu seperti stable, geoslope, atau lainnya diperoleh angka keamanan minimum ( $SF_{min}$ ), Momen Penahan ( $M_R$ ), titik pusat bidang longsor, dan jari-jari kelongsoran. Dari data tersebut kemudian dihitung Momen Dorong ( $M_D$ ), yaitu:

$$\text{Momen dorong } (M_D) = \frac{M_R}{SF_{min}} \quad (2.58)$$

Dimana:

SF = Safety Factor/ angka keamanan

$M_R$  = Momen penahan

Setelah besarnya  $M_D$  dan  $M_R$  diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung Momen Penahan Tambahan ( $\Delta M_R$ ) yang diperlukan untuk meningkatkan angka keamanan, caranya:

- Menghitung Momen Penahan Tambahan ( $\Delta M_R$ )

$$\Delta M_R = (SF_{\text{ren}} - SF_{\text{min}}) \times M_D \quad (2.59)$$

Dengan diperolehnya harga  $\Delta M_R$ , besarnya tambahan gaya yang harus dipikul oleh cerucuk (Pt) dapat ditentukan dengan cara:

$$Pt = \Delta M_R / R \quad (2.60)$$

Dimana:

R = jari-jari kelongsoran

Jumlah cerucuk (n) yang harus dipasang per satuan panjang adalah

$$n = Pt / P \quad (2.61)$$

## 1.7 Abutmen

Kepala Jembatan atau abutment adalah tempat perletakan bangunan bagian atas jembatan. Dalam perencanaan abutment diperhitungkan gaya-gaya yang bekerja pada abutment yang didapatkan dari pembebanan pada jembatan.

### 1.7.1 Pembebanan

- a. Beban mati

Beban mati pada jembatan terdiri dari berat pelat beton, beban tambahan kerb, berat aspal, dan berat *slab*.

- b. Beban hidup

Beban yang diperhitungkan adalah beban "D" yang terdiri dari beban garis terpusat (BGT) dan beban terbagi rata (BTR).

1. Beban hidup "D" merata (BTR)

Untuk  $L < 30$  m

$$q_{BTR} = 9 \text{ KPa}$$

Untuk  $L > 30$  m

$$q_{BTR} = 9 + \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ KPa} \quad (2.62)$$

Dimana:

q : intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L : panjang total jembatan dibebani

2. Beban hidup “D” garis (BGT)

$$P_{BGT} = (1 + FBD) \times P \quad (2.63)$$

dimana:

$$P = 49 \text{ kN/m}$$

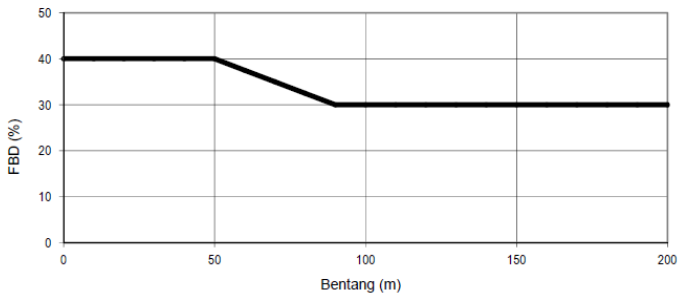
FBD = Faktor Beban Dinamis (Gambar 2.11)

3. Beban truk “T”

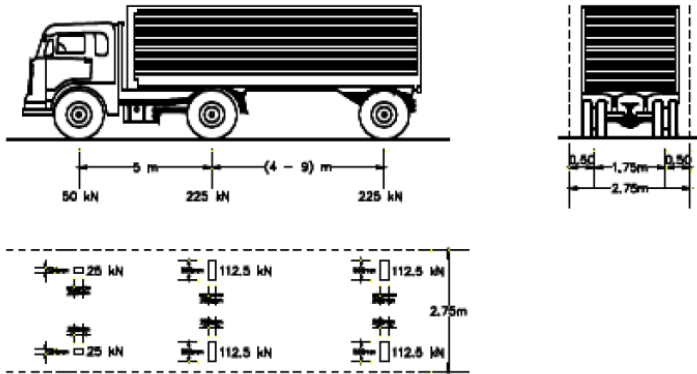
Pada perhitungan pembebanan truk “T”, total pembebanan truk sebesar 500 kN. Pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat pada Gambar 2.16.

$$T_L = (1 + FBD) \times T \quad (2.64)$$

Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%.



Gambar 2.16 Faktor beban dinamis (FBD)  
(Sumber: SNI 1725:2016)



Gambar 2.17 Beban truk “T”  
(Sumber: SNI 1725:2016)

c. Beban angin

- **Tekanan angin horizontal**

Tekanan angin ditentukan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar ( $V_B$ ) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Untuk jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10 m di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana  $V_{DZ}$  harus dihitung dengan Persamaan 2.65.

$$V_{DZ} = 2,5 V_O \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_O} \right) \quad (2.65)$$

Keterangan :

$V_{DZ}$  adalah kecepatan angin rencana pada elevasi rencana,  $Z$  (km/jam)

$V_{10}$  adalah kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)

$V_B$  adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm



- $Z$  adalah elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ( $Z > 10000$  mm)
- $V_o$  adalah kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam Tabel 2.5, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)
- $Z_o$  adalah panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel 2.5 (mm)
- $V_{10}$  dapat diperoleh dari:
- grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
  - survei angin pada lokasi jembatan, dan,
  - jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa  $V_{10} = V_B = 90$  s/d  $126$  km/jam

Tabel 2.5 Nilai  $V_o$  dan  $Z_o$  untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
$V_o$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_o$ (mm)	70	1000	2500

(Sumber: SNI 1725:2016)

### Beban angin pada struktur ( $EW_s$ )

Tekanan angin rencana dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right) \quad (2.66)$$

Keterangan:

$P_B$  adalah tekanan angina dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.6 (MPa)

Tabel 2.6 Tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

(Sumber: SNI 1725:2016)

Gaya total beban angin tidak boleh kurang dari 4.4 kN/m pada bidang tekan dan 2.2 kN/mm pada bidang hisap untuk struktur rangka dan pelengkung, sedangkan untuk balok atau gelagar gaya total beban angin tidak kurang dari 4.4 kN/m.

#### **Gaya angin pada kendaraan ( $E_{W1}$ )**

Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan. Kecuali jika ditentukan didalam pasal ini, jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur, maka komponen yang bekerja tegak lurus maupun paralel terhadap kendaraan untuk berbagai sudut serang dapat diambil seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.7 dimana arah sudut serang ditentukan tegak lurus terhadap arah permukaan kendaraan.

- **Tekanan angin vertikal**

Jembatan harus mampu memikul beban garis memanjang jembatan yang merepresentasikan gaya angin vertikal ke atas sebesar  $9.6 \times 10^{-4}$  MPa dikalikan lebar jembatan, termasuk parapet dan trotoar. Gaya ini harus ditinjau hanya untuk Keadaan Batas Kuat III dan Layan IV yang tidak melibatkan angin pada kendaraan, dan hanya ditinjau untuk

kasus pembebanan dimana arah angin dianggap bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan. Gaya memanjang tersebut mempunyai titik tangkap pada seperempat lebar jembatan dan bekerja secara bersamaan dengan beban angin horizontal.

Tabel 2.7 Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan

Sudut	Komponen tegak lurus	Komponen sejajar
derajat	N/mm	N/mm
0	1,46	0,00
15	1,28	0,18
30	1,20	0,35
45	0,96	0,47
60	0,50	0,55

(Sumber: SNI 1725:2016)

d. Beban rem

Gaya rem diambil yang terbesar dari:

- 25% dari berat gandar truk desain atau,
- 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR.

e. Beban pejalan kaki

Semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan.

## f. Beban pelaksanaan

Beban pelaksanaan direncanakan 10% dari beban mati yang terjadi.

## g. Beban gempa

Saat terjadi gempa, jembatan harus direncanakan memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh dan mengalami kerusakan signifikan, sehingga jembatan masih dapat berfungsi dengan baik pasca gempa. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan dengan Persamaan 2.67.

$$EQ = \frac{C_{SM}}{R_d} E_t \quad (2.67)$$

Keterangan:

$EQ$  adalah gaya gempa horizontal statis (kN)

$C_{sm}$  adalah koefisien respons gempa elastis

$R_d$  adalah faktor modifikasi respons

$W_t$  adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Koefisien respons elastik  $C_{sm}$  diperoleh dari peta percepatan batuan dasar dan spectra percepatan sesuai dengan daerah gempa dan periode ulang gempa rencana. Koefisien percepatan yang diperoleh berdasarkan peta gempa dikalikan dengan suatu faktor amplifikasi sesuai dengan keadaan tanah sampai kedalaman 30 m di bawah struktur jembatan. menentukan dan menyetujui ketentuan yang sesuai untuk jembatan nonkonvensional.

Ketentuan ini tidak perlu digunakan untuk struktur bawah tanah, kecuali ditentukan lain oleh pemilik pekerjaan. Pengaruh gempa terhadap gorong-gorong persegi dan bangunan bawah tanah tidak perlu diperhitungkan kecuali struktur tersebut melewati patahan aktif. Pengaruh ketidakstabilan keadaan tanah (misalnya : likuifaksi, longsor, dan perpindahan patahan) terhadap fungsi jembatan harus diperhitungkan.

#### h. Gesekan pada perletakkan

Gesekan pada perletakkan termasuk pengaruh kekakuan geser dari perletakkan elastomer. Gaya akibat gesekan pada perletakkan dihitung menggunakan hanya beban tetap, dan nilai rata-rata dari koefisien gesekan (atau kekakuan geser apabila menggunakan perletakan elastomer).

Tabel 2. 8 Faktor Beban Akibat Gesekan pada Perletakan

Jangka Waktu	Faktor beban		
	$\gamma_{BF}^S$	$\gamma_{BF}^U$	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1,0	1,3	0,8
CATATAN (1)	Gaya akibat gesekan pada perletakkan terjadi selama adanya pergerakan pada bangunan atas, tetapi gaya sisa mungkin terjadi setelah pergerakan berhenti. Dalam hal ini gesekan pada perletakan harus memperhitungkan adanya pengaruh tetap yang cukup besar.		

(Sumber: SNI 1725:2016)

#### 1.7.2 Kombinasi Pembebanan Abutmen

Kombinasi pembebanan sesuai dengan SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan yang terdapat pada Tabel 2.9.

#### 1.7.3 Stabilitas

Beberapa analisis untuk kontrol stabilitas abutmen antara lain:

## a. Kontrol geser

Kontrol geser dapat dianalisis menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$F \leq \frac{f \cdot W}{\sum H} \quad (2. 68)$$

dimana:

$$F = 1,5$$

$f$  = koefisien gesek antara beton dengan tanah

$W$  = beban vertikal yang bekerja pada dinding, yaitu berat sendiri abutmen, berat tanah, dan beban struktur bangunan atas.

$$= W_{total} + R_D$$

$W_{total}$  = berat sendiri abutmen dan berat tanah diatasnya

$R_D$  = beban struktur bangunan atas yang dipikul abutmen

$\sum H$  = beban horizontal akibat tekanan tanah dan gaya rem

$$\sum H = E_{a1} + E_{a2} + E_{w1} + E_{w2} \quad (2. 69)$$

## b. Kontrol guling

Kontrol guling dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{kontrol guling} = \frac{\sum \text{momen penahan}}{\sum \text{mome pendorong}} \geq 1,5 \quad (2. 70)$$

## c. Kontrol daya dukung

$$SF = \frac{q_L}{q_{adm}} \geq 1,5 \quad (2. 71)$$

dimana:

$$q_L = \left[ \left( 1 - 0,2 \frac{B}{L} \right) \frac{B}{2} \gamma' N_\gamma \right] + \left[ \left( 1 - 0,2 \frac{B}{L} \right) C N_c \right] + \left[ \gamma' D N_q \right] \quad (2. 72)$$

$$q_{adm} = \frac{V}{A} + \frac{\sum M}{\frac{1}{6} B^2 L} \quad (2. 73)$$

Tabel 2.9 Kombinasi Beban dan Faktor Beban Abutmen

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW <sub>S</sub>	EW <sub>L</sub>	BF	EUn	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	$\gamma_p$	1,8	1,00	-		1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat II	$\gamma_p$	1,4	1,00	-		1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat III	$\gamma_p$	-	1,00	1,40		1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat IV	$\gamma_p$	-	1,00	-		1,00	0,50/1,20	-		-	-	-
Kuat V	$\gamma_p$	-	1,00	0,40		1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-

Ekstrem I	$\gamma_P$	$\gamma_{EQ}$	1,00	-		1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	$\gamma_P$	0,50	1,00	-		1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(Sumber: SNI 1725:2016)



## 1.8 Pondasi Tiang Pancang

Penggunaan tiang pancang dilakukan apabila tanah dasar dibawah abutmen masih belum cukup kuat untuk menahan beban jembatan diatasnya. Tanah dan abutmen yang belum cukup kuat tersebut dapat dilihat dari kontrol abutment yang telah dilakukan sebelumnya, yaitu kontrol geser, guling, ambles, dan daya dukung. Pada perhitungan pondasi tiang pancang daya dukung tanahnya serta dihitung beban yang bekerja pada tiang.

### 1.8.1 Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Berdasarkan data $N_{SPT}$ Lapangan

Terdapat beberapa metode dalam perhitungan daya dukung tiang pancang, diantaranya adalah menurut Meyerhoff dan Luciano Decourt. Data SPT di lapangan tidak dapat langsung digunakan untuk perencanaan daya dukung tiang pancang dan harus dilakukan beberapa koreksi terhadap data tersebut. Koreksi-koreksi yang harus diperhitungkan adalah sebagai berikut:

#### 1. Koreksi terhadap muka air tanah

- Untuk tanah pasir halus, pasir berlanau, dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dengan harga  $N$  dikoreksi dengan menggunakan persamaan berikut dan diambil harga yang terkecil dari persamaan 2.64 dan 2.65.

$$a. N_1 = 15 + \frac{1}{2} + (N - 15) \quad (\text{Terzaghi \& Peck, 1960}) \quad (2.74)$$

$$b. N_1 = 0,6 N \quad (\text{Bazaraa, 1967}) \quad (2.75)$$

- Untuk jenis tanah lempung, lanau, pasir kasar dengan harga  $N \leq 15$  tidak perlu dilakukan koreksi sehingga  $N_1 = N$ .

Catatan: untuk jenis tanah di luar pasir tersebut diatas, koreksi ini tidak diperlukan.

2. Koreksi terhadap *overburden pressure* dari tanah  
 Hasil dari koreksi terhadap muka air tanah ( $N_1$ ) dikoreksi terhadap pengaruh tekanan vertikal efektif pada lapisan tanah, dimana harga  $N$  tersebut didapatkan (tekanan vertikal efektif = *tekanan overburden*).

Menurut Bazaraa (1967), koreksi terhadap tekanan overburden dapat dilakukan dengan persamaan 2.66 dan 2.67.

- Bila  $\sigma_o \leq 7,5 \text{ ton/m}^2$

$$N_2 = \frac{4Nt}{1+0,4 \sigma_o} \quad (2.76)$$

- Bila  $\sigma_o > 7,5 \text{ ton/m}^2$

$$N_2 = \frac{4Nt}{3,25+0,1 \sigma_o} \quad (2.77)$$

Dimana:

$\sigma_o$  = tekanan tanah vertikal efektif pada lapisan tanah atau kedalaman yang ditinjau, dalam satuan  $\text{ton/m}^2$

Harga  $N_2$  yang didapat nilainya harus kurang dari atau sama dengan dua kali harga  $N_1$  ( $N_2 \leq 2N_1$ )

Berdasarkan metode meyerhoff, untuk menghitung end-bearing capacity dilakukan perhitungan berdasarkan Persamaan 2.72 berikut ini:

$$\text{Pujung} = C_n \text{ ujung} \times A \text{ ujung} \text{ (ton)} \quad (2.78)$$

Dimana:

$$C_n \text{ ujung} = 40 \times N \text{ (ton/m}^2\text{)} \quad (2.79)$$

$N$  = harga rata-rata  $N_2$  dari  $4D$  dibawah ujung tiang pancang sampai dengan  $8D$  diatas ujung tiang pancang (Daerah pengaruh bidang keruntuhan

akibat penetrasi dari batang sondir/ tiang pancang menurut Schmertmann, 1975)

Aujung = luas ujung tiang pancang ( $m^2$ )

Untuk menghitung friction sepanjang tiang pancang dilakukan perhitungan berdasarkan Persamaan 2.80.

$$\sum Psi = Cli \times Asi \quad (2.80)$$

Dimana:

Cli = fsi = hambatan geser selimut pada setiap lapisan atau kedalaman  
 =  $Ni/2$  ( $ton/m^2$ ), untuk tanah lempung atau lanau  
 =  $Ni/5$  ( $ton/m^2$ ), untuk tanah pasir.

Ni = harga SPT yang telah dikoreksi ditengah-tengah segmen i

Asi = luas selimut tiang pada setiap lapisan i.  
 =  $Oi \times hi$

Oi = keliling tiang pancang

Sehingga:

$$Pult \ 1 \ tiang = Pujung + \sum Psi \quad (2.81)$$

$$Pijin = \frac{Pult \ 1 \ tiang}{SF} \quad (2.82)$$

Harga SF = 2 untuk beban sementara, dan SF = 3 untuk beban tetap.

Sedangkan Luciano Decourt (1996) menyajikan metode sebagai berikut:

$$Q_L = Q_P + Q_S \quad (2.83)$$

$Q_L$  = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_p$  = *Resistance ultimate* di dasar pondasi

$Q_L$  = *Resistance ultimate* akibat lekatan lateral

$$Q_L = q_p \cdot A_p = \alpha \cdot N_p \cdot K \cdot A_p$$

dimana:

$N_p$  = Harga rata-rata SPT di sekitar 4B diatas hingga 4B di bawah dasar tiang pondasi (B = diameter pondasi)

K = Koefisien karakteristik tanah di dasar pondasi

12 t/m<sup>2</sup> = 117,7 kPa, untuk lempung (*clay*)

20 t/m<sup>2</sup> = 245 kPa, untuk pasir berlanau (*silty sand*)

25 t/m<sup>2</sup> = 392 kPa, untuk pasir (*sand*)

$A_p$  = Luas penampang dasar tiang

$q_p$  = Tegangan di ujung tiang

$$Q_s = q_p \cdot A_s = \beta \cdot \left( \frac{N_s}{3} + 1 \right) A_s \quad (2.84)$$

dimana:

$q_s$  = Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m<sup>2</sup>

$N_s$  = Harga rata-rata sepanjang tiang yang terbenam, dengan batasan:  $3 \leq N \leq 50$ , khusus untuk aspek friction

$A_s$  = Keliling x panjang tiang yang terbenam (luas selimut tiang)

Koefisien  $\alpha$  dan  $\beta$  untuk driven pile dan untuk semua jenis tanah adalah 1,00.

### 1.8.2 Daya Dukung Tiang Pancang Grup

Jika daya dukung ultimate kelompok tiang pancang kategori *end bearing piles*, maka daya dukung kelompok tiang pancang dapat dianggap sebagai daya dukung sebuah tiang dikalikan dengan jumlah tiang pancang. Tetapi jika termasuk kategori *friction piles*, maka terdapat faktor reduksi pada daya dukung tiang pancang.

Faktor reduksi tersebut dapat ditentukan dengan rumus Converse-Labarre (Poulos dan Davis, 1980) yang ditunjukkan pada persamaan 2.85.

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{\emptyset}{S}\right)}{90^\circ} \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right) \quad (2.85)$$

dimana:

- $C_e$  = Efisiensi tiang
- $\emptyset$  = Sudut geser tanah
- $S$  = Jarak antar tiang (m)
- $m$  = Jumlah baris tiang
- $n$  = Jumlah kolom tiang

### 1.8.3 Gaya yang Bekerja Pada 1 tiang

Pada suatu kelompok tiang, akan terjadi kondisi dimana salah satu pondasi akan menerima beban aksial paling maksimum ( $P_{max}$ ) dan paling minimum akan terjadi gaya cabut ( $P_{min}$ ) pada tiang pancang tersebut. Besarnya daya dukung kelompok tiang pancang yang dipakai adalah yang paling menentukan. Besarnya gaya yang bekerja pada 1 tiang pancang pada kelompok tiang terdapat pada persamaan 2.86.

$$P_i = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{M_x dy_i}{\sum_{i=1}^n dy_i^2} \pm \frac{M_y dx_i}{\sum_{i=1}^n dx_i^2} \quad (2.86)$$

dimana:

- $\sum V$  = jumlah beban vertikal
- $n$  = jumlah tiang

$M_x$  dan  $M_{dx}$  dan  $M_{dy}$  = momen-momen yang bekerja diatas *poer*  
 = jarak dari sumbu ke titik berat susunan kelompok tiang dari gaya aksial  $P_i$  yang maksimum dan minimum harus dikontrol terhadap daya dukungnya.

Besarnya Pijin harus lebih kecil dari daya dukung tanahnya.

#### 1.8.4 Ketahanan Pondasi Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral

Pondasi tiang pancang perlu dikontrol terhadap gaya horizontal. Perhitungan kontrol tiang pancang terhadap momen dan defleksi diperhitungkan sebagai berikut:

- Letak titik jepit tanah

Ada beberapa metode untuk mencari letak *point of fixity* atau posisi jepit tanah terhadap sebuah tiang pondasi ( $Z_f$ ), diantaranya dengan perumusan sebagai berikut:

$$Z_f = 1,4 R \quad \text{untuk } \textit{stiff over-consolidated clay} \quad (2.87)$$

$$Z_f = 1,8 T \quad \text{untuk } \textit{normally consolidated clay dan granular soil, atau yang mempunyai kenaikan linier harga modulus terhadap kedalaman.} \quad (2.88)$$

Harga-harga R atau T di atas dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

- Stiffness factor  $R = \sqrt[4]{EI/KB}$  (dalam satuan panjang) (2.89)

dimana  $K = k_1 / 1,5$ , Terzaghi's subgrade modulus  $k_1$  dapat diambil dari Tabel 2.10.

- Stiffness factor  $T = \sqrt[5]{EI/n_h}$  (dalam satuan panjang)  
 (2. 90)

Harga-harga  $n_h$  untuk *cohesionless soil* diperoleh dari Tabel 2.11.

Tabel 2.10 *Subgrade Reaction*  $k_1$  (Terzaghi)

Consistency	Stiff	Very Stiff	Hard
Cu $\text{kN/m}^2$	100 – 200	200 – 400	>400
Tons/ $\text{ft}^2$	1 – 2	2– 4	>4
Range of $k_1$			
MN/ $\text{m}^3$	18 – 36	36 - 72	>72
Tons/ $\text{ft}^3$	50-100	100 - 200	>200
Recommended $k_1$			
MN/ $\text{m}^3$	27	54	>108
Tons/ $\text{ft}^3$	75	150	>300

(Sumber: Daya Dukung Pondasi Dalam, 2013)

Tabel 2.11 Koefisien Modulus Variation  $n_h$  (Terzaghi)

Relative Density	Loose	Medium, Dense	Dense
$n_h$ untuk dry atau moist soil			
MN/ $\text{m}^3$	2,5	7,5	20
Tons/ $\text{ft}^2$	7	21	56
$n_h$ untuk submerged soil			
MN/ $\text{m}^3$	0,4	5	12
Tons/ $\text{ft}^2$	4	14	34

(Sumber: Daya Dukung Pondasi Dalam, 2013)

Untuk soft *normally-consolidated clays* = 350 s/d 700  $\text{kN/m}^3$  dan *soft organic silts* = 150  $\text{kN/m}^3$ .

- Perhitungan defleksi tiang  
Defleksi tiang yang terjadi akibat beban maksimum yang bekerja dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta = \frac{H(e+Zf)}{12 EI} \quad (2.91)$$

- Perhitungan *Hultimate* tiang  
*Hultimate* tiang dihitung dari momen ultimate tiang dengan rumusan sebagai berikut:

$$H_u = \frac{2M_u}{(e+Zf)} \quad (2.92)$$

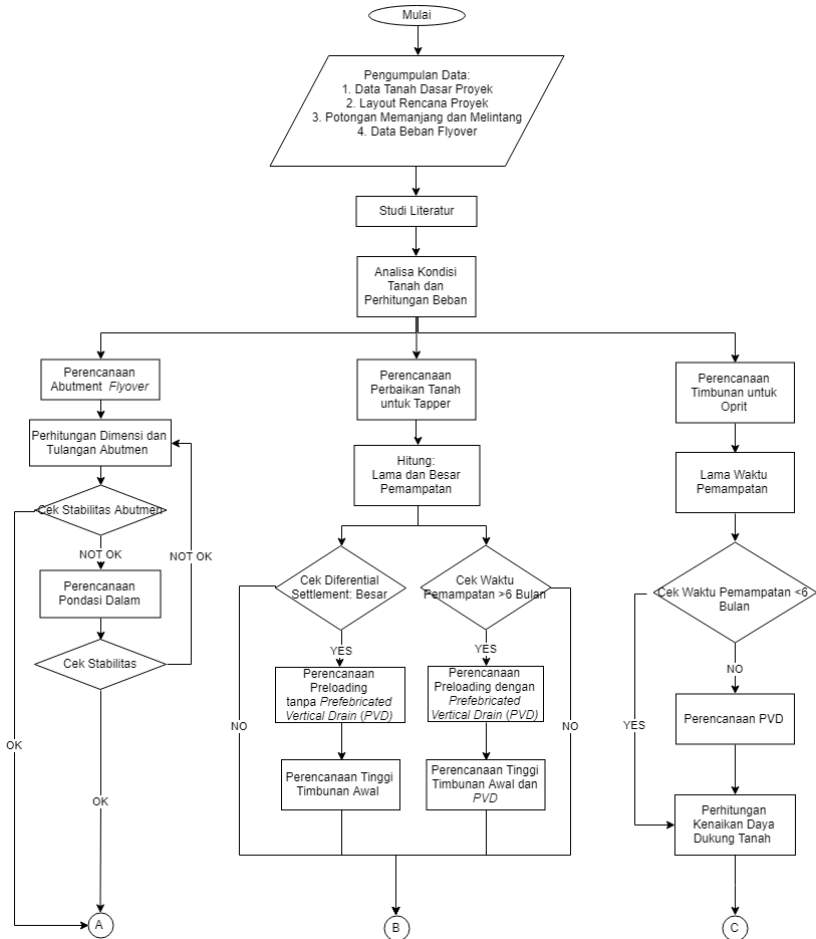
Dimana:

- $\delta$  = Defleksi tiang
- E = modulus elastis young tiang
- I = momen inersia tiang pancang
- Mu = momen ultimate
- Zf = Letak titik jepit tanah

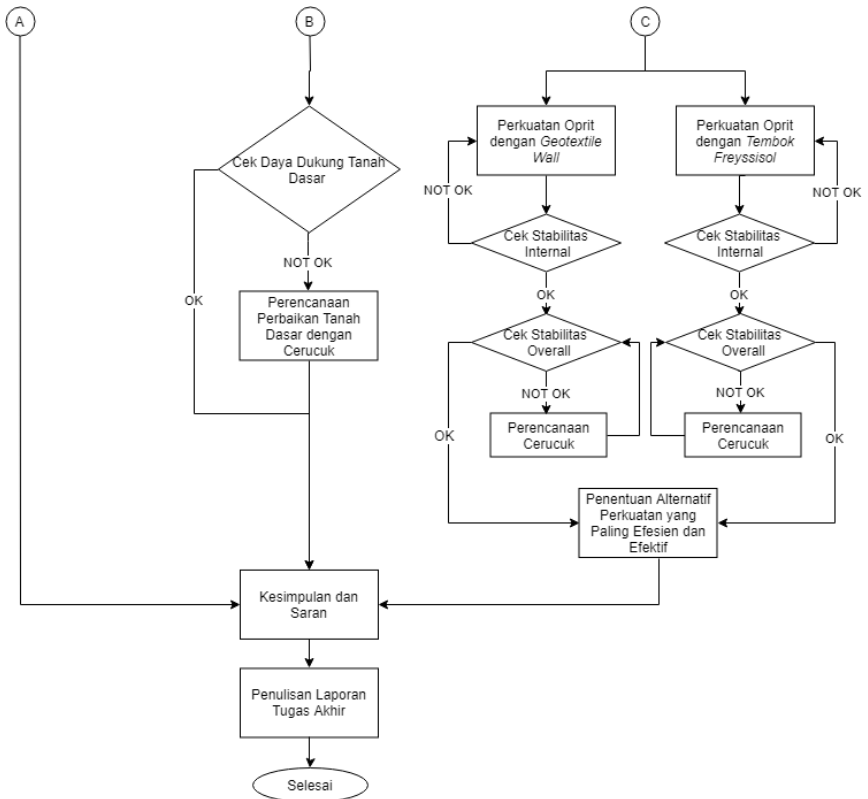


# BAB III METODOLOGI

## 3.1 Bagan Alir Tahapan Perencanaan



Gambar 3.1 Bagan alir



Gambar 3.1 Bagan alir (Lanjutan)

### 3.2 Uraian Tahap Perencanaan

Penjelasan bagan alir pada Gambar 3.1 adalah sebagai berikut.

#### a. Mulai

Perencanaan alternative Oprit *Flyover*, Abutmen, Pondasi dan *Tapper* Terminal Teluk Lamong dimulai.

**b. Pengumpulan data**

Data-data yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini adalah data yang diperoleh dari instansi yang terkait. Data tersebut meliputi:

1. Data tanah dasar proyek
2. *Layout* rencana proyek
3. Potongan memanjang dan melintang *flyover*
4. Data beban *Flyover*

**c. Studi literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pemahaman terhadap masalah agar solusi dapat dicapai dengan tepat. Studi literatur mengacu pada teori yang berkaitan dengan pembahasan tugas akhir.

**d. Analisa kondisi tanah dan perhitungan beban**

Analisa berdasarkan hasil korelasi N-SPT tanah dasar yang diketahui dari instansi terkait. Perhitungan beban disesuaikan dengan fungsi bangunan di atasnya, yaitu beban lalu lintas dan beban girder.

**e. Perencanaan Abutment *Flyover***

Perencanaan abutment *Flyover* meliputi perencanaan dimensi serta tulangan pada abutment. Perencanaan dimensi berdasarkan beban yang ada dan merupakan dimensi paling efisien untuk menahan beban tersebut.

**f. Cek Stabilitas Abutmen**

Pada tahap ini dilakukan cek terhadap dimensi abutmen. Cek yang dilakukan meliputi cek geser, daya dukung dan overall stability. Jika hasil telah memenuhi syarat yang ditentukan maka dilanjutkan ke tahap selanjutnya, jika tidak memenuhi maka harus dilakukan perencanaan ulang dan perencanaan pondasi tiang pancang dibawahnya agar abutmen stabil.

**g. Perencanaan Pondasi Dalam**

Perencanaan pondasi dalam pada perencanaan ini adalah perencanaan pondasi tiang yang meliputi perencanaan jumlah, konfigurasi dan kedalaman tiang pancang agar dapat menahan beban vertikal maupun beban lateral pada tiang.

**h. Cek Satabilitas Pondasi Dalam**

Dilakukan cek stabilitas tiang agar tiang kuat menahan beban vertikal dan horizontal. Cek dilakukan terhadap beban vertikal, lateral dan overall stability.

**i. Perencanaan Perbaikan Tanah pada *Tapper***

Perencanaan *tapper* juga akan dilakukan agar elevasi *tapper* sama dengan elevasi jalan eksisting dengan melakukan perbaikan tanah.

**j. Cek Differential Settlement**

Untuk mengetahui perbaikan tanah yang sesuai dilakukan perhitungan besar pemampatan untuk mengetahui perbedaan antara elevasi *tapper* dengan elevasi eksisting. Apabila terjadi *differential settlement* yang besar maka diperlukan perbaikan tanah dengan *preloading*.

**k. Cek Waktu Pemampatan**

Untuk mengetahui perbaikan tanah yang sesuai dilakukan perhitungan lama pemampatan. Apabila pemampatan yang terjadi lebih dari 6 bulan, maka akan dilakukan perbaikan tanah dengan menggunakan *preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*.

**l. Preloading dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)***

Apabila pemampatan terjadi dalam waktu yang lama dan besar maka dilakukan perbaikan tanah dengan menggunakan

*preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*.

**m. Preloading tanpa *Prefabricated Vertical Drain (PVD)***

Apabila pemampatan yang terjadi tidak besar atau tidak dalam waktu yang lama maka dilakukan perbaikan tanah dengan menggunakan *preloading* tanpa menggunakan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* dan *Prefabricated Horizontal Drain (PHD)*.

**n. Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar dengan Cerucuk**

Dilakukan perbaikan tanah dasar dengan cerucuk apabila perbaikan tanah dengan menggunakan *preloading* dengan *PVD* ataupun *preloading* tanpa *PVD* belum memenuhi daya dukungnya.

**o. Perencanaan Timbunan untuk Oprit**

Tahapan selanjutnya yang dilakukan setelah perencanaan pondasi selesai adalah merencanakan timbunan untuk oprit jembatan dengan ketinggian sesuai dengan rencana.

**p. Lama Waktu Pemampatan**

Pada tahap ini dilakukan perhitungan waktu pemampatan tanah untuk menentukan perbaikan tanah yang dilakukan.

**q. Perencanaan *PVD***

Dari perhitungan waktu pemampatan apabila waktu pemampatan >6 bulan maka dilakukan perbaikan dengan *PVD* dan *PHD*. Perencanaan perbaikan tersebut meliputi pola pemasangan, variasi jarak, dan variasi kedalaman pemasangan yang efektif dan efisien.

**r. Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah**

Tanah dasar akan mengalami peningkatan daya dukung secara bertahap karena perbaikan tanah dilakukan dengan penimbunan yang tidak dilakukan secara langsung, namun per lapis mengikuti ketinggian pemadatan tanah.

**s. Perencanaan Perkuatan Oprit Timbunan dengan *Geotextile Wall***

Perencanaan perkuatan timbunan dengan menggunakan *geotextile wall* untuk mencegah kelongsoran. Perencanaan *geotextile* meliputi perencanaan spasi/ jarak antar lapis *geotextile*, jumlah lapis *geotextile* dan panjang *geotextile* yang dibutuhkan.

**t. Perencanaan Perkuatan Oprit Timbunan dengan Tembok *Freyssisol***

Perencanaan perkuatan timbunan dengan menggunakan tembok *freyssisol* untuk mencegah kelongsoran. Perencanaan tembok *freyssisol* meliputi perhitungan kebutuhan *paraweb straps*.

**u. Perencanaan Cerucuk**

Perencanaan cerucuk dilakukan apabila cek *overall* terhadap perkuatan yang digunakan belum memenuhi angka keamanan rencana.

**v. Penentuan alternatif perkuatan oprit timbunan yang paling efisien dan efektif**

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan alternatif perkuatan oprit timbunan yang paling efisien dan efektif berdasarkan biaya material konstruksi yang paling murah.

**w. Kesimpulan dan saran**

Kesimpulan berupa pemaparan hasil perencanaan tugas akhir berupa perencanaan abutmen, pondasi tiang pancang dibawah abutmen, perencanaan *tapper* dan perbaikan tanah untuk oprit *flyover* beserta pemilihan alternatif perkuatan oprit yang paling efektif dan efisien.

**x. Penulisan laporan tugas akhir**

Penulisan dilakukan setelah perencanaan selesai dilakukan.

- y. **Selesai**  
Perencanaan dan penulisan tugas akhir selesai.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB IV**

### **DATA DAN ANALISIS**

#### **4.1 Data Tanah**

Data tanah pada Tugas Akhir ini diperlukan untuk perencanaan abutmen serta oprit dan *tapper*. Terdapat data tanah yang berbeda antara perencanaan abutmen, oprit dan *tapper*. Perhitungan data tanah untuk abutmen hanya menggunakan data tanah yang tepat berada pada titik abutmen (BH-33), sedangkan untuk oprit dan *tapper* digunakan data tanah BH 30 - BH 34 yang ada pada Lampiran 1.

##### **4.1.1 Data Tanah Dasar untuk Perencanaan Oprit dan *Tapper***

Data tanah yang digunakan pada Tugas Akhir ini diperoleh dari data hasil borelog pada 5 titik proyek pembangunan *Flyover* Terminal Teluk Lamong Surabaya yang diberikan pada Lampiran 1. Dari hasil borelog tersebut diketahui bahwa rata-rata kedalaman tanah lunak ( $NSPT < 10$ ) sampai dengan 10 meter dimana harga NSPT untuk tiap-tiap kedalaman antar titik relatif sama, sehingga diambil rata-rata untuk NSPT tiap kedalaman. Nilai rata-rata N-SPT dan konsistensi tanah dapat dilihat pada Tabel 4.1. Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa tanah pada kedalaman 2-6 meter sangat lunak dengan  $NSPT = 1$ . Namun, pada kedalaman 0-2 nilai  $NSPT > 10$  karena tanah merupakan tanah timbunan pasir. Stratigrafi tanah untuk melihat jenis tanah ditampilkan pada Lampiran.

Tabel 4.1 Nilai Rata-rata N-SPT, Jenis Tanah dan Konsistensinya

<b>Kedalaman</b>	<b>Rata-rata NSPT</b>	<b>Konsistensi</b>	<b>Jenis Tanah</b>
0 - 2	14	Stiff	Pasir
2 - 4	1	Very Soft	Lempung
4 - 6	1	Very Soft	Lempung
6 - 8	5	Soft	Lempung

Tabel 4.1 Nilai Rata-rata N-SPT, Jenis Tanah dan Konsistensinya (Lanjutan)

<b>Kedalaman</b>	<b>Rata-rata NSPT</b>	<b>Konsistensi</b>	<b>Jenis Tanah</b>
8 - 10	13	Stiff	Lempung
10 - 12	20	Stiff	Lempung
12 - 14	18	Stiff	Lempung
14 - 16	14	Stiff	Lempung
16 - 18	15	Stiff	Lempung
18 - 20	19	Stiff	Lempung
20 - 22	21	Very Stiff	Lempung
22 - 24	17	Stiff	Lempung
24 - 26	23	Very Stiff	Lempung
26 - 28	22	Very Stiff	Lempung
28 - 30	24	Very Stiff	Lempung
30 - 32	27	Very Stiff	Lempung
32 - 34	28	Very Stiff	Lempung
34 - 36	26	Very Stiff	Lempung
36 - 38	30	Very Stiff	Lempung
38 - 40	24	Very Stiff	Lempung
40 - 42	23	Very Stiff	Lempung
42 - 44	27	Very Stiff	Lempung
44 - 46	33	Very Stiff	Lempung
46 - 48	24	Very Stiff	Lempung
48 - 50	26	Very Stiff	Lempung
50 - 52	28	Very Stiff	Lempung
52 - 54	33	Very Stiff	Lempung
54 - 56	31	Very Stiff	Lempung

Tabel 4.1 Nilai Rata-rata N-SPT, Jenis Tanah dan Konsistensinya (Lanjutan)

Kedalaman	Rata-rata NSPT	Konsistensi	Jenis Tanah
56 - 58	31	Very Stiff	Lempung
58 - 60	31	Very Stiff	Lempung

Dari pengujian laboratorium, parameter tanah yang tersedia hanya pada kedalaman tertentu saja, sehingga diperlukan adanya korelasi yang sesuai untuk tiap kedalaman agar didapat parameter yang dibutuhkan yaitu nilai berat volume tanah ( $\gamma_t$ ),  $G_s$ , *Water Content* ( $W_c$ ), *Liquid Limit* (LL), *Plasticity Index* (PI),  $C_u$ ,  $C_c$ ,  $C_s$ , dan  $C_v$ .

Korelasi  $\gamma_{sat}$  diperoleh dari J.E Bowles, 1984 dan nilai  $\gamma_{sat} = \gamma_t$ . Nilai  $W_c$ ,  $e_0$ , dan  $C_v$  didapatkan dari Biarez dan nilai  $C_u$  diperoleh dari Mochtar, 2006. Sedangkan nilai  $\gamma_{dry}$  diperoleh dengan menggunakan persamaan 2.1 (Bab 2) untuk  $\gamma_t = \gamma_{sat}$ . Contoh perhitungan untuk kedalaman 2-4 meter:

$$\gamma_d = \frac{1,50}{1 + 88\%} = 0,80$$

Hasil rekap nilai  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $W_c$ ,  $e_0$ , dan  $C_v$  dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekap Perhitungan  $\gamma_{sat}$ ,  $\gamma_t$ ,  $\gamma_d$ ,  $C_u$ ,  $w_c$ ,  $e_0$ , dan  $C_v$

Kedalaman	N SPT	$\gamma_{sat}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_t$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_d$ (t/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (t/m <sup>2</sup> )	$W_c$ (%)	$e_0$	$C_v$ (cm <sup>2</sup> /s)
0 - 2	14	1,85	1,85					
2 - 4	1	1,50	1,50	0,80	0,833	88,00%	2,38	0,0002
4 - 6	1	1,50	1,50	0,80	0,833	88,00%	2,38	0,0002
6 - 8	5	1,58	1,58	0,92	2,5	72,25%	1,95	0,00033
8 - 10	13	1,70	1,70	1,11	6,5	52,81%	1,42	0,000614

Parameter LL, diperoleh dari grafik hubungan LL dan  $C_v$  yang terdapat pada Gambar 2.1 (Bab 2).

Setelah mendapat nilai LL dari grafik tersebut, selanjutnya dicari nilai indeks plastisitas (IP) yang ditentukan dengan grafik hubungan antara IP dan LL pada Gambar 2.2 (Bab 2). Rekapitulasi nilai LL, IP, dan PL tanah untuk setiap kedalaman pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Rekap Perhitungan Nilai LL, IP, dan PL (%)

Kedalaman			LL	IP	PL
0	-	2			
2	-	4	100	58	42
4	-	6	100	58	42
6	-	8	90	51	39
8	-	10	70	37	33

Indeks kompresi ( $C_c$ ) ditentukan dengan rumus Kosasih dan Mochtar (1997) dan indeks mengembang ( $C_s$ ) diambil  $(\frac{1}{5} - \frac{1}{10}) C_c$ . Contoh perhitungan nilai  $C_c$  dan  $C_s$  pada kedalaman 2 - 4 meter adalah sebagai berikut:

$$C_c = 0,007 LL + 0,0001wc^2 - 0,18$$

$$C_c = 0,007 \times 100 + 0,0001 \times 88\%^2 - 0,18 = 0,52$$

$$C_s = \frac{1}{7} C_c$$

$$C_s = \frac{1}{7} \times 0,52 = 0,074$$

Sedangkan nilai  $G_s$  diperoleh dengan perhitungan dengan Persamaan 2.2 (Bab 2) Contoh perhitungan untuk kedalaman 2-4 meter adalah sebagai berikut:

$$GS = \frac{1,50 \times (1+2,38)}{1+88\%} \times 1 = 2,7$$

Rekap parameter-parameter tanah hasil korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rekap Parameter Tanah

Kedalaman			N SPT	$\gamma_{\text{sat}}$ ( $\text{t/m}^3$ )	$\gamma_t$ ( $\text{t/m}^3$ )	$\gamma_d$ ( $\text{t/m}^3$ )	$C_u$ ( $\text{t/m}^2$ )	$W_c$ (%)	$e_0$	$C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )	LL	IP	PL	$C_c$	$C_s$	$G_s$
0	-	2	14	1,85	1,85											
2	-	4	1	1,50	1,50	0,80	0,833	0,0002	100	58	42	0,520	0,074	2,696		
4	-	6	1	1,50	1,50	0,80	0,833	0,0002	100	58	42	0,520	0,074	2,696		
6	-	8	5	1,58	1,58	0,92	2,5	0,00033	90	51	39	0,450	0,064	2,702		
8	-	10	13	1,70	1,70	1,11	6,5	0,000614	70	37	33	0,310	0,044	2,692		

#### 4.1.2 Data Tanah Dasar Perencanaan Abutmen

Pada perencanaan abutmen, data tanah yang digunakan adalah data tanah pada *borehole* yang berada tepat pada titik abutmen, yaitu BH-33 yang diberikan pada Lampiran 1. Parameter tanah yang tersedia hanya untuk beberapa kedalaman saja seperti yang terdapat pada Tabel 4.5, sehingga untuk kedalaman yang lain diperoleh dari data NSPT seperti yang diberikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Data Tanah Uji Lab untuk Kedalaman Tertentu BH-31

Kedalaman	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )
20,5	1,69
25,5	1,71
30,5	1,71

Tabel 4.6 Hasil korelasi N-SPT dan Berat Jenis Tanah untuk Perencanaan Abutmen

Kedalaman			Jenis Tanah	Konsistensi	N SPT	$\gamma_{\text{korelasi}}$ (t/m <sup>3</sup> )
2	-	5,5	Lempung Berpasir	Very soft	1	1,53
5,5	-	12	Lempung	Very soft	2	1,62
12	-	30	Lempung	Stiff	17	1,70
30	-	50	Lempung	Hard	26	2,00

#### 4.2 Data Tanah Timbunan

Tanah timbunan yang digunakan dalam perencanaan Tugas Akhir ini memiliki sifat fisik sebagai berikut:

$$\begin{aligned} C &= 0 \\ \gamma_{\text{sat}} &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\ \phi &= 30^\circ \end{aligned}$$

Timbunan pada STA yang ditinjau memiliki variasi tinggi timbunan yang berbeda. Untuk mengetahui besarnya tinggi

timbunan rencana dihitung berdasarkan nilai elevasi rencana dan elevasi tanah dasar. Rekapitulasi tinggi timbunan oprit *flyover* Terminal Teluk Lamong terdapat pada Tabel 4.7 dan Gambar 4.1. Sedangkan rekapitulasi tinggi timbunan pada *tapper* Terminal Teluk Lamong terdapat pada Tabel 4.8 dan Gambar 4.2 Contoh perhitungan tinggi timbunan oprit pada STA 0+125 adalah sebagai berikut:

$$\text{Elevasi rencana} = +8,245$$

$$\text{Elevasi tanah dasar} = +5,765$$

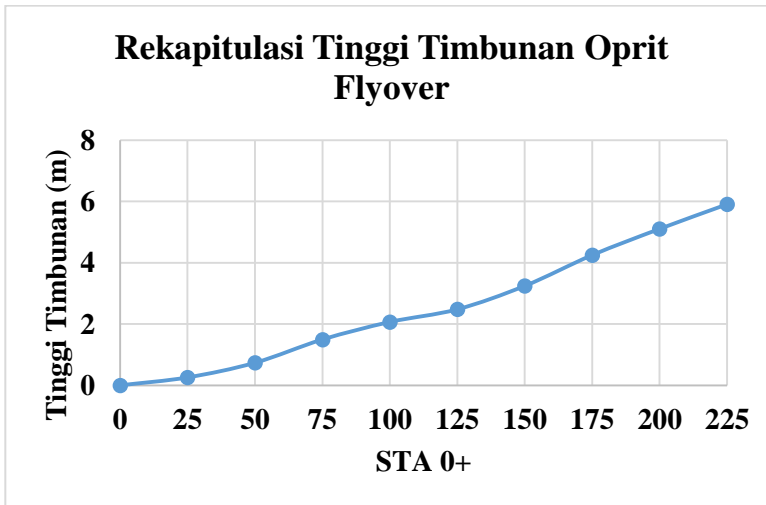
$$\begin{aligned} \text{Tinggi timbunan} &= \text{elevasi rencana} - \text{elevasi tanah dasar} \\ &= 8,245 - 5,765 \\ &= 2,48 \text{ meter} \end{aligned}$$

Tabel 4.7 Rekapitulasi Tinggi Timbunan Oprit *Flyover* Terminal Teluk Lamong

STA	Elevasi tanah dasar (m)	Elevasi rencana (m)	Tinggi Timbunan + Perkerasan (m)
0+000	6,678	6,678	0
0+025	6,558	6,816	0,258
0+050	6,300	7,036	0,736
0+075	5,852	7,347	1,495
0+100	5,683	7,750	2,067
0+125	5,765	8,245	2,48
0+150	5,588	8,832	3,244
0+175	5,248	9,497	4,249
0+200	5,067	10,172	5,105
0+225	4,940	10,847	5,907

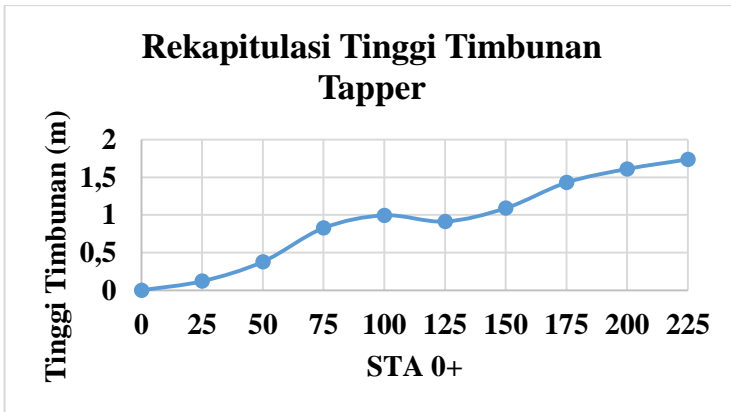
Tabel 4.8 Rekapitulasi Tinggi Timbunan *Tapper* Terminal Teluk Lamong

STA	elevasi tanah dasar	elevasi rencana	Tinggi Timbunan + perkerasan
	(m)	(m)	(m)
0+000	6,678	6,678	0
0+025	6,558	6,678	0,12
0+050	6,300	6,678	0,378
0+075	5,852	6,678	0,826
0+100	5,683	6,678	0,995
0+125	5,765	6,678	0,913
0+150	5,588	6,678	1,09
0+175	5,248	6,678	1,43
0+200	5,067	6,678	1,611
0+225	4,940	6,678	1,738



Gambar 4.1 Rekapitulasi tinggi timbunan pada oprit *flyover* Terminal Teluk Lamong Surabaya





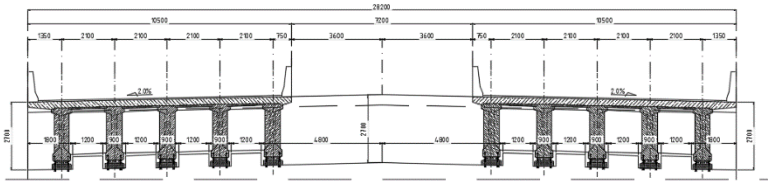
Gambar 4.2 Rekapitulasi tinggi timbunan pada *tapper* Terminal Teluk Lamong Surabaya

#### 4.3 Data Struktur Perencanaan Abutmen *Flyover*

##### a. Data Perencanaan Abutmen *Flyover*

- Nama *flyover* : *Flyover* Terminal Teluk Lamong
- Lokasi *flyover* : Surabaya
- Bentang *flyover* : 41,625 m (antar pilar dan abutmen)
- Lebar *flyover* : 28,2 meter
- Tinggi oprit : 5,907 meter
- Panjang girder (L) : 40,6 m
- Tebal plat lantai jembatan ( $t_s$ ) : 0,25 m
- Tebal lapisan aspal dan overlay : 0,15 m
- Lebar abutmen (B) : 28,2 m
- Tinggi abutmen (ha) : 7,41 m

Potongan melintang *Flyover* Terminal Teluk Lamong dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Potongan melintang *flyover* Terminal Teluk Lamong

b. Spesifikasi PCI Girder

*Flyover* Terminal Teluk Lamong menggunakan PCI girder dari WIKA BETON dengan gambar dan dimensi yang terdapat pada Lampiran Gambar.

c. Spesifikasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan Tugas Akhir ini adalah tiang pancang produksi WIKA BETON. Alternatif tiang pancang yang digunakan adalah diameter 600 mm dan 800 mm. Brosur spesifikasi tiang pancang dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 4.4 Data Spesifikasi Material Perbaikan dan Perkuatan Tanah

Material perbaikan tanah dasar menggunakan *vertical drain* dan perkuatan tanah menggunakan *geotextile* dan *freyssisol*.

a. *Vertical Drain*

*Vertical drain* yang digunakan adalah produk dari PT. Tekindo Geosistem Unggul CeTeau-Drain CT-D812. Brosur dari PVD dapat dilihat pada Lampiran 2.

b. *Horizontal Drain*

*Horizontal drain* yang digunakan adalah produk dari PT. Tekindo Geosistem Unggul CeTeau Horizontal Strip Drain CT-SD100-20. Brosur dari PHD dapat dilihat pada Lampiran 2.

c. *Geotextile*

Produk geotextile yang digunakan adalah geotextile woven dari PT. Geoforce Indonesia jenis woven (GlobalTEX – Woven) GTW 250 dengan kuat Tarik 53 kN/m. Brosur GlobalTEX – Woven dapat dilihat pada Lampiran 2.

d. *Facing Geotextile (Panel Beton Segmental)*

*Panel* beton *precast* yang digunakan adalah produk dari wallplus dengan ukuran 2440 x 610 mm per segmen. Brosur panel beton *precast* dapat dilihat pada Lampiran 2.

e. *Freyssisol*

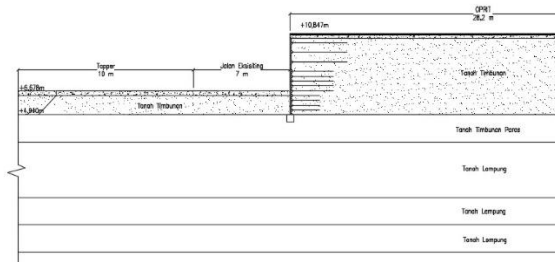
Sistem perkuatan ini menggunakan produk dari *geoforce* Indonesia yang dikenal dengan GSRW (*Geoforce Segmental Retaining Wall*). Sistem ini menggunakan *paraweb strap* dan panel beton *precast* sebagai *facing* seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 2. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan sabuk perkuatan dengan kekuatan 100 kN

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB V PERENCANAAN *TAPPER* DAN OPRIT

### 5.1 Perencanaan Timbunan *Tapper*

Pelebaran jalan sebagai *tapper*, untuk memperlebar area belokan juga dilakukan pada pembangunan *Flyover* Terminal Teluk Lamong. Pelebaran ini dilakukan untuk mengurangi kepadatan atau antrian yang terjadi pada akses keluar dan masuk Terminal Teluk Lamong Surabaya. Lebar area *tapper* yang direncanakan dalam Tugas Akhir ini adalah selebar 10 meter. Potongan melintang *tapper* dapat dilihat pada Gambar 5.1 atau dapat dilihat pada Lampiran Gambar. Dalam merencanakan *Tapper* ini perlu dilakukan perhitungan terhadap *settlement* yang terjadi agar tidak menyebabkan kerusakan pada perkerasan jalan dan mengganggu kenyamanan penggunaannya. Data tanah yang digunakan adalah data tanah yang diperoleh dari proyek pembangunan *Flyover* Terminal Teluk Lamong Surabaya yang juga digunakan untuk perhitungan oprit *Flyover*.



Gambar 5.1 Potongan melintang *tapper*

#### 5.1.1 Penentuan Besar Pemampatan *Tapper*

Pemampatan atau *settlement* yang terjadi pada *tapper* disebabkan oleh beban timbunan, beban perkerasan dan beban lalu lintas yang terjadi. Besar pemampatan harus diperhitungkan agar penurunan yang terjadi tidak menyebabkan kerusakan pada perkerasannya. Laju pemampatan yang diijinkan adalah kurang

dari 2,5 cm/tahun. Tinggi timbunan pada *tapper* untuk masing-masing STA dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Tinggi Timbunan dan Perkerasan *Tapper*

STA	Elevasi tanah dasar (m)	Elevasi rencana (m)	Tinggi Timbunan + perkerasan (m)
0+000	6,678	6,678	0
0+025	6,558	6,678	0,12
0+050	6,300	6,678	0,378
0+075	5,852	6,678	0,826
0+100	5,683	6,678	0,995
0+125	5,765	6,678	0,913
0+150	5,588	6,678	1,09
0+175	5,248	6,678	1,43
0+200	5,067	6,678	1,611
0+225	4,940	6,678	1,738

Pada tugas akhir ini akan dihitung pemampatan yang terjadi pada timbunan tertinggi untuk mengetahui laju pemampatannya, karena beban timbunan terbesar ada pada timbunan tertinggi. Berdasarkan Tabel 5.1 tersebut, tinggi timbunan dan perkerasan tertinggi adalah sebesar 1,738 meter. Pengerasan yang digunakan setebal 0,35 meter, sehingga tinggi tanah timbunannya adalah 1,388 meter. Perhitungan pemampatan yang terjadi adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan Pemampatan akibat Timbunan
  - Mencari nilai tegangan *overburden*  
 Contoh perhitungan tegangan *overburden* pada lapis ke-1 (0-1 m) adalah sebagai berikut:
    - Kedalaman 0-1 m  
 $H = 1 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 z &= 0,5 \text{ m} \\
 \gamma &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma' &= 0,85 \text{ t/m}^3 \\
 \sigma'_0 &= \gamma' \times z \\
 &= 0,85 \text{ t/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 0,425 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan *overburden* untuk seluruh lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Tegangan *Overburden* ( $\sigma'_0$ ) Setiap Lapisan

Kedalaman	z	$\sigma'_0$
(m)	(m)	(t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	0,5	0,425
1 - 2	1,5	1,275
2 - 3	2,5	1,95
3 - 4	3,5	2,45
4 - 5	4,5	2,95
5 - 6	5,5	3,45
6 - 7	6,5	3,989
7 - 8	7,5	4,567
8 - 9	8,5	5,206
9 - 10	9,5	5,906

- Mencari nilai tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_c$ )  
Setelah nilai tegangan *overburden* diperoleh, maka selanjtnya diperhitungkan tegangan prakonsolidasi. Contoh perhitungan tegangan pra konsolidasi untuk kedalaman 0-1 meter sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{air}} &= 1,0 \text{ t/m}^3 \\
 q_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ m} \times 1,0 \text{ t/m}^3 \\
 &= 2 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma'_c &= q_{\text{fluktuasi}} + \sigma'_o \\
 &= 2 \text{ t/m}^2 + 0,425 \text{ t/m}^2 \\
 &= 2,425 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) untuk seluruh lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Tegangan Pra Konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) Setiap Lapisan

Kedalaman (m)	z (m)	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	0,5	2,425
1 - 2	1,5	3,275
2 - 3	2,5	3,95
3 - 4	3,5	4,45
4 - 5	4,5	4,95
5 - 6	5,5	5,45
6 - 7	6,5	5,989
7 - 8	7,5	6,567
8 - 9	8,5	7,206
9 - 10	9,5	7,906

- Mencari nilai tegangan akibat timbunan ( $\Delta\sigma'_{\text{timbunan}}$ )

Diagram tegangan tanah akibat timbunan menurut Braja M. Das (1986) dapat dilihat pada Gambar 2.5 (Bab 2). Perhitungan penambahan tegangan tanah akibat beban timbunan pada kedalaman 0-1 m adalah sebagai berikut:

$$Z = 0,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{timbunan}} = 1,388 \text{ m} = 1,4 \text{ m}$$

$$q_0 = 1,4 \times 1,85 = 2,59 \text{ t/m}^2$$

$$B_1 = 10$$

$$B_2 = 2,8$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \left( \frac{B_1 + B_2}{z} \right) - \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right) = 0,625$$



$$\alpha_2 = \tan^{-1} \left( \frac{B_1}{z} \right) = 87,14$$

$$\Delta\sigma' = \frac{q_0}{\pi} \left[ \left( \frac{B_1 + B_2}{B_2} \right) x (\alpha_1 + \alpha_2) - \frac{B_1}{B_2} x (\alpha_2) \right] = 1,295 \text{ t/m}^2$$

Karena timbunan pada taper merupakan timbunan  $\frac{1}{2}$  trapezium maka tidak perlu dikalikan 2.

Perhitungan tegangan tanah akibat timbunan untuk lapisan tanah dasar dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Tegangan Tanah Akibat Beban Timbunan

Kedalaman (m)	z t/m2	$\Delta\sigma$ (t/m2)
0 - 1	0,5	1,295
1 - 2	1,5	1,294
2 - 3	2,5	1,289
3 - 4	3,5	1,280
4 - 5	4,5	1,266
5 - 6	5,5	1,246
6 - 7	6,5	1,221
7 - 8	7,5	1,192
8 - 9	8,5	1,160
9 - 10	9,5	1,126

- Perhitungan pemampatan akibat timbunan

Lapisan tanah pada kedalaman 0-2 meter merupakan tanah pasir yang pemampatannya dihitung dengan *immediate settlement*. Perhitungan *immediate settlement* untuk lapisan pasir adalah sebagai berikut:

$$Si = \frac{q \times B}{E} x (1 - \mu^2) x I_p$$

$$q = 2,59 \text{ t/m}^2$$

$$L = 225 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 H &= 2 \text{ m} \\
 B &= 10 \text{ m} \\
 \mu &= 0,25 \\
 E &= 17,25 \text{ MN/m}^2 \\
 &= 1725 \text{ t/m}^2 \\
 F_1 &= 0,02 \text{ (Gambar 2.4)} \\
 F_2 &= 0,07 \text{ (Gambar 2.4)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_\rho &= (1 - \mu^2)F_1 + (1 - \mu - 2\mu^2)F_2 \\
 I_\rho &= 0,0625 \\
 Si &= \frac{2,59 \times 9,5}{1725} \times (1 - 0,25^2) \times 0,0625 = 8,8 \times 10^{-4} \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas diperoleh pemampatan yang sangat kecil sehingga *immediate settlement* pada lapisan tanah pasir dapat dianggap = 0.

Lapisan tanah selanjutnya adalah tanah yang dominan lempung sehingga terjadi *consolidation settlement*. *Consolidation settlement* (Pemampatan Konsolidasi) dibedakan menjadi 2 yaitu *normal consolidated* (NC) *soil* dan *over consolidated* (OC) *soil*. Jika  $\sigma'_c/\sigma'_o \leq 1$  maka tanah terkonsolidasi secara normal (NC) dan sebaliknya, jika  $\sigma'_c/\sigma'_o > 1$  tanah terkonsolidasi lebih (OC).

Contoh perhitungan *settlement* akibat beban timbunan  $q = 2,59 \text{ t/m}^2$  adalah sebagai berikut:

Kedalaman 2 - 3 m :

$$\begin{aligned}
 H_i &= 1 \text{ m} \\
 C_c &= 0,52 \\
 C_s &= 0,0743 \\
 e_0 &= 2,38 \\
 \sigma'_o &= 1,95 \text{ t/m}^2 \\
 q_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ t/m}^2 \\
 \sigma'_c &= 1,95 \text{ t/m}^2 + 2 \text{ t/m}^2 \\
 &= 3,95 \text{ t/m}^2 \\
 \Delta\sigma'_{\text{Timbunan}} &= 1,289 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma'_0 + \Delta\sigma' &= 3,24 \text{ t/m}^2 \text{ (Timbunan)} \\
 \text{OCR} &= \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} \\
 &= \frac{3,95}{1,95} \\
 &= 2,026 > 1, \text{ Over Consolidated (OC)}
 \end{aligned}$$

- *Settlement* akibat timbunan :

*Settlement* akibat beban timbunan,  $\sigma'_0 + \Delta\sigma' > \sigma'_c$ , maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_c = \left( \frac{H}{1 + e_0} \times C_s \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_c} \right) + \left( \frac{H}{1 + e_0} \times C_c \log \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} \right)$$

$$S_c = 0,004845 \text{ m}$$

Perhitungan dilakukan untuk kedalaman lainnya dan total pemampatan akibat timbunan pada *tapper* adalah sebesar 0,023 meter.

Hasil perhitungan pemampatan akibat timbunan pada *tapper* untuk setiap kedalaman dapat dilihat pada Lampiran 3.

b. Perhitungan Pemampatan akibat *Pavement*

*Pavement* atau perkerasan jalan yang digunakan pada *tapper* adalah rigid pavement dengan ketebalan 350 mm. Contoh perhitungan pemampatan akibat pavement untuk kedalaman 2 - 3 meter adalah sebagai berikut:

$$q_{\text{pavement}} = 0,875 \text{ t/m}^2$$

$$H_{\text{timbunan}} = 1,4 \text{ m}$$

$$z = 3,9 \text{ m}$$

$$x = 5 \text{ m}$$

$$y = \sim$$

$$n = \frac{x}{z} = \frac{5}{3,9} = 1,282$$

$$m = \frac{y}{z} = \frac{\sim}{3,9} = \sim$$

Nilai faktor beban (I) ditentukan dengan menggunakan grafik yang ditampilkan pada Gambar 2.6. Dari grafik tersebut didapatkan nilai I sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I &= 0,244 \\
 q_{pavement} &= 0,875 \text{ t/m}^2 \\
 \Delta\sigma' &= 4 \times I \times q \\
 &= 0,854 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan tegangan tanah akibat beban *pavement* dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Tegangan Tanah Akibat Beban *Pavement*

Kedalaman (m)	z (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	1,9	0,854
1 - 2	2,9	0,8225
2 - 3	3,9	0,777
3 - 4	4,9	0,742
4 - 5	5,9	0,6825
5 - 6	6,9	0,644
6 - 7	7,9	0,5775
7 - 8	8,9	0,539
8 - 9	9,9	0,518
9 - 10	10,9	0,476

- Pemampatan akibat beban *pavement*

Perhitungan *settlement* akibat beban *pavement*  $q = 0,875$  t/m<sup>2</sup> adalah sebagai berikut:

Kedalaman 2 - 3 m :

$$\begin{aligned}
 H_i &= 1 \text{ m} \\
 C_c &= 0,52 \\
 C_s &= 0,0743 \\
 e_0 &= 2,38
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma'_0 &= 1,95 \text{ t/m}^2 \\
q_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ t/m}^2 \\
\sigma'_c &= 1,95 \text{ t/m}^2 + 2 \text{ t/m}^2 \\
&= 3,95 \text{ t/m}^2 \\
\Delta\sigma'_{\text{Pavement}} &= 0,777 \text{ t/m}^2 \\
\sigma'_0 + \Delta\sigma' &= 2,804 \text{ t/m}^2 \\
\text{OCR} &= \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} \\
&= \frac{3,95}{1,95} \\
&= 2,026 > 1, \text{ Over Consolidated (OC)}
\end{aligned}$$

- *Settlement* akibat *pavement*

*Settlement* akibat beban *pavement*,  $\sigma'_0 + \Delta\sigma' \leq \sigma'_c$ , maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_c = \left( \frac{H}{1 + e_0} \times C_s \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

$$S_c = 0,0032 \text{ m}$$

Perhitungan dilakukan untuk kedalaman lainnya dan total pemampatan akibat *pavement* pada *tapper* adalah sebesar 0,01305 meter.

Hasil perhitungan pemampatan akibat *pavement* pada *tapper* untuk setiap kedalaman dapat dilihat pada Lampiran 3.

c. Perhitungan Pemampatan akibat Beban Lalu Lintas/ *Traffic*

Perhitungan beban akibat lalu lintas dalam Tugas Akhir ini digunakan grafik *Japan Road Association, 1986* (Gambar 5.2).

Tinggi timbunan dan *pavement* tertinggi pada *tapper* adalah sebesar 1,738 m (dibulatkan 1,75 m), sehingga diperoleh beban *traffic* berdasarkan grafik pada Gambar 5.2 adalah sebesar 1,5 t/m<sup>2</sup>. Sehingga contoh perhitungan pemampatan akibat beban *traffic* untuk kedalaman 2 - 3 meter adalah sebagai berikut:

$$q_{\text{traffic}} = 1,5 \text{ t/m}^2$$

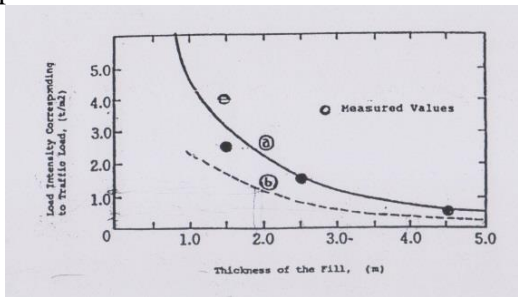
$$z = 4,25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 x &= 5 \text{ m} \\
 y &= \sim \\
 n &= \frac{x}{z} = \frac{5}{4,25} = 1,176 \\
 m &= \frac{y}{z} = \frac{\sim}{4,25} = \sim
 \end{aligned}$$

Nilai faktor beban (I) ditentukan dengan menggunakan grafik yang ditampilkan pada Gambar 2.6 (Bab 2). Dari grafik tersebut didapatkan nilai I sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 I &= 0,22 \\
 Q_{\text{traffic}} &= 1,5 \text{ t/m}^2 \\
 \Delta\sigma' &= 4 \times I \times q \\
 &= 1,32 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Perhitungan tegangan tanah akibat beban *pavement* dapat dilihat pada Tabel 5.6.



Gambar 5.2 Grafik hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban yang bersesuaian dengan beban traffic (Sumber : *Japan Road Association*, 1986)

Tabel 5. 6 Tegangan Tanah Akibat Beban *Traffic*

Kedalaman (m)	z (m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	2,25	1,452
1 - 2	3,25	1,392
2 - 3	4,25	1,32
3 - 4	5,25	1,26

Tabel 5.6 Tegangan Tanah Akibat Beban *Traffic* (Lanjutan)

Kedalaman (m)	z (m)	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )
4 - 5	6,25	1,14
5 - 6	7,25	1,08
6 - 7	8,25	0,96
7 - 8	9,25	0,93
8 - 9	10,25	0,888
9 - 10	11,25	0,78

- Pemampatan akibat beban *traffic*

Perhitungan *settlement* akibat beban *traffic*  $q = 1,5 \text{ t/m}^2$  adalah sebagai berikut:

Kedalaman 2 - 3 m :

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

$$C_c = 0,52$$

$$C_s = 0,0743$$

$$e_0 = 2,38$$

$$\sigma'_0 = 1,95 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{fluktuasi}} = 2 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma'_c = 1,95 \text{ t/m}^2 + 2 \text{ t/m}^2 = 3,95 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma'_{\text{traffic}} = 1,32 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma'_0 + \Delta\sigma' = 3,27 \text{ t/m}^2$$

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0 + \Delta\sigma'} = \frac{3,95}{3,27} = 2,026 > 1, \text{ Over Consolidated (OC)}$$

- *Settlement* akibat beban *traffic*:

*Settlement* akibat beban *traffic*,  $\sigma'_0 + \Delta\sigma' \leq \sigma'_c$ , maka digunakan persamaan sebagai berikut:

$$S_c = \left( \frac{H}{1 + e_0} \times C_s \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

$$S_c = 0,00494 \text{ m}$$

Perhitungan dilakukan untuk kedalaman lainnya dan total pemampatan akibat *traffic* pada *tapper* adalah sebesar 0,02065 meter.

Hasil perhitungan pemampatan akibat beban *traffic* pada *tapper* untuk setiap kedalaman dapat dilihat pada Lampiran 3.

d. Perhitungan Pemampatan Total

Pemampatan total merupakan total dari besar pemampatan akibat beban timbunan, *pavement*, dan *traffic*. Besar total pemampatan adalah sebagai berikut:

- Besar pemampatan akibat beban timbunan = 0,023 meter
  - Besar pemampatan akibat beban *pavement* = 0,013 meter
  - Besar pemampatan akibat beban *traffic* = 0,021 meter
- Diperoleh besar total pemampatan pada *tapper* adalah sebesar 0,057 meter.

Perhitungan elevasi *tapper* adalah sebagai berikut:

- Elevasi tanah dasar = +4,940 m
- Elevasi rencana = +6,678 m
- Hrencana = 1,738 m = 1,74 m
- Tebal *pavement* = 0,35 m
- Htimbunan = Hrencana +  $S_c$  – *tpavement*  
= 1,74 m + 0,057 – 0,35 = 1,45 m

Dari perhitungan diatas diperoleh elevasi *tapper* sama elevasi jalan eksisiting, oleh karena itu tidak ada perbedaan antara *tapper* dan jalan eksisiting.

### 5.1.2 Perhitungan Laju Pemampatan pada *Tapper*

Kecepatan pemampatan dari lapisan tanah bergantung kepada nilai koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) pada tiap lapisan tanah. Dikarenakan nilai  $C_v$  berbeda-beda tiap lapisan tanah maka dapat dihitung harga  $C_v$  gabungan menggunakan Persamaan 2.19.

Perhitungan  $c_v$  gabungan adalah sebagai berikut:



$$C_{V\text{rata-rata}} = \frac{(\sum h)^2}{\left[\left(\frac{h_1}{\sqrt{c_{v1}}}\right) + \left(\frac{h_2}{\sqrt{c_{v2}}}\right) + \left(\frac{h_i}{\sqrt{c_{vi}}}\right)\right]^2} = 2,85 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$$

Perhitungan besarnya derajat konsolidasi dan pemampatan *tapper* pada waktu 1 minggu adalah sebagai berikut:

$$t = 1 \text{ tahun} \\ = 29030400 \text{ detik}$$

$$H_{\text{dr}} = 8 \text{ m}$$

$$Sc \text{ total} = 0,057 \text{ m}$$

$$= 6,4 \text{ cm}$$

$$Tv (\%) = \frac{t \times Cv}{Hdr^2} = \frac{29030400 \times 2,853 \times 10^{-8}}{8^2} = 0,01294$$

$$Uv (\%) = 2 \times \sqrt{\frac{Tv}{\pi}} \times 100\% = 2 \times \sqrt{\frac{0,027}{\pi}} \times 100\% = 0,12$$

Besarnya derajat konsolidasi dan pemampatan berdasarkan waktu dapat dilihat pada Tabel 5.7.

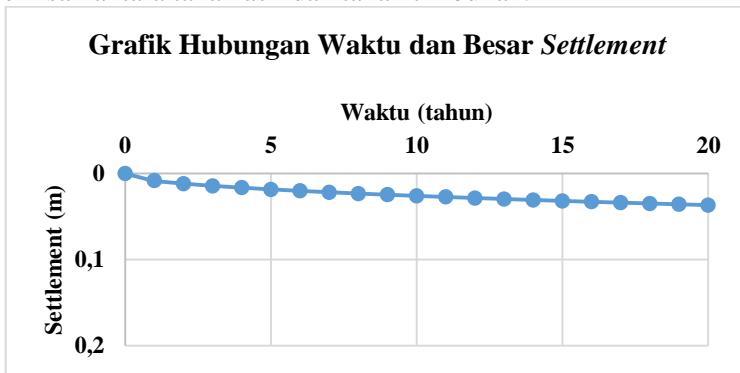
Tabel 5.7 Besarnya Derajat Konsolidasi dan Pemampatan Berdasarkan Waktu

t (tahun)	t (detik)	Tv (%)	Uv (%)	Sc (m)
0	0	0	0	0
1	29030400	0,01294	0,128357638	0,007267844
2	58060800	0,02588	0,181525113	0,010278284
3	87091200	0,03882	0,222321951	0,012588275
4	116121600	0,05176	0,256715276	0,014535688
5	145152000	0,06470	0,287016404	0,016251393
6	174182400	0,07764	0,314410718	0,01780251
7	203212800	0,09058	0,339602389	0,019228908
8	232243200	0,10352	0,363050225	0,020556567
9	261273600	0,11646	0,385072914	0,021803532
10	290304000	0,12940	0,405902491	0,022982941
11	319334400	0,14234	0,425714124	0,024104712

Tabel 5.7 Besarnya Derajat Konsolidasi dan Pemampatan Berdasarkan Waktu (Lanjutan)

t (tahun)	t (detik)	Tv (%)	Uv (%)	Sc (m)
11	319334400	0,14234	0,425714124	0,02517655
12	348364800	0,15528	0,444643901	0,026204584
13	377395200	0,16822	0,462800045	0,027193782
14	406425600	0,18116	0,480270304	0,028148239
15	435456000	0,19410	0,497126994	0,029071376
16	464486400	0,20704	0,513430552	0,029966089
17	493516800	0,21998	0,529232099	0,030834851
18	522547200	0,23292	0,544575338	0,031679798
19	551577600	0,24586	0,559497973	0,032502787
20	580608000	0,25880	0,574032808	0,02517655

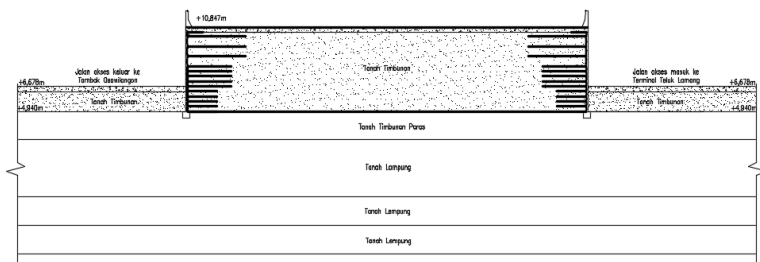
Dari Tabel 5.7 dapat dibuat grafik hubungan waktu dan pemampatan dapat dilihat pada Gambar 5.3. Berdasarkan grafik tersebut, diketahui laju pemampatan dalam 1 tahun pertama adalah sebesar 0,0073 m pertahun. Ini berarti laju pemampatan lebih kecil dibandingkan dengan laju pemampatan ijin, sehingga tidak diperlukan perbaikan pada tanah dasarnya. Perkuatan juga tidak diperlukan untuk *tapper*, hanya saja diperlukan geotextile sebagai pemisah antara tanah asli dan tanah timbunan.



Gambar 5.3 Grafik laju pemampatan *tapper*

## 5.2 Perencanaan Timbunan Oprit

Perencanaan timbunan oprit pada Tugas Akhir ini hanya pada oprit sisi Terminal Teluk Lamong. Timbunan pada oprit adalah timbunan tegak, hal ini dikarenakan lahan disamping oprit digunakan sebagai jalan akses menuju dan dari Terminal Teluk Lamong. Panjang timbunan untuk oprit adalah sepanjang 225 meter dengan tinggi timbunan tertinggi adalah 5,91 meter. Jenis lapisan tanah dasar dibawah timbunan oprit adalah tanah lunak hingga kedalaman 10 meter sehingga perbaikan tanah perlu dilakukan. Selain itu perkuatan pada timbunan tegak juga perlu diperhitungkan agar tidak terjadi kelongsoran. Potongan melintang oprit dapat dilihat pada Gambar 5.4.



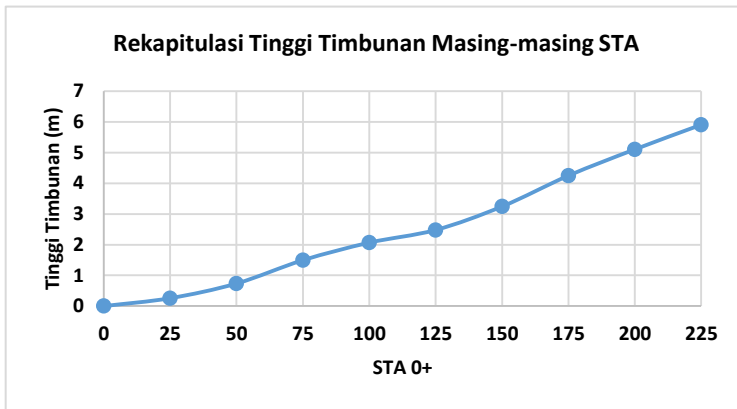
Gambar 5.4 Potongan melintang oprit

### 5.2.1 Penentuan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{initial}$ )

Tinggi timbunan awal direncanakan untuk mendapatkan tinggi akhir ( $H_{final}$ ) yang telah direncanakan dengan menghilangkan *settlement* pada lapisan *compressible*. Perencanaan  $H_{initial}$  memperhitungkan berat dari timbunan itu sendiri dan tebal perkerasan (*pavement*). Beban perkerasan dan beban lalu lintas (*traffic*) diperhitungkan setelah mendapat parameter tanah yang baru setelah pemampatan akibat timbunan. Lapisan tanah untuk perhitungan *settlement* akan dibagi tiap 1 meter untuk mendapatkan nilai yang lebih teliti. Tinggi timbunan oprit untuk masing-masing STA dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Gambar 5.5.

Tabel 5.8 Tinggi Timbunan Oprit

STA	Elevasi tanah dasar	Elevasi rencana	Tinggi Timbunan + Perkerasan
	(m)	(m)	(m)
0+000	6,678	6,678	0
0+025	6,558	6,816	0,258
0+050	6,300	7,036	0,736
0+075	5,852	7,347	1,495
0+100	5,683	7,750	2,067
0+125	5,765	8,245	2,48
0+150	5,588	8,832	3,244
0+175	5,248	9,497	4,249
0+200	5,067	10,172	5,105
0+225	4,940	10,847	5,907



Gambar 5.5 Tinggi timbunan oprit pada masing-masing STA

Dari tabel tersebut diketahui bahwa tinggi setiap STA bervariasi sehingga pada perencanaan dipilih ketinggian yang dapat mewakili STA tertentu. Oleh karena itu diambil potongan A pada ketinggian

0,736 meter mewakili STA 0+00 – STA 0+050, potongan B pada ketinggian 2,48 meter mewakili STA 0+075 – STA 0+125, potongan C pada ketinggian 4,25 meter mewakili STA 0+150 – STA 0+175, dan potongan D pada ketinggian 5,91 meter mewakili STA 0+200 – STA 0+225. Kemudian dilakukan perhitungan *Hinitial* dengan melakukan variasi beban yang nantinya akan didapatkan grafik, contoh perhitungan adalah sebagai berikut:

- Mencari Htimbunan

$$\begin{aligned} Q_{\text{timbunan}} &= 2 \text{ t/m}^2 \text{ (asumsi)} \\ \gamma_{\text{timbunan}} &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\ H_{\text{timbunan}} &= \frac{2 \text{ t/m}^2}{1,85 \text{ t/m}^3} \\ &= 1,08 \text{ m} \end{aligned}$$

- Mencari nilai tegangan *overburden*

Contoh perhitungan tegangan *overburden* pada lapis ke-1 (0-1 m) dan lapis ke-2 (1-2 m) adalah sebagai berikut:

- Kedalaman 0-1 m

$$\begin{aligned} H &= 1 \text{ m} \\ z &= 0,5 \text{ m} \\ \gamma &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\ \gamma' &= 0,85 \text{ t/m}^3 \\ \sigma'_0 &= \gamma' \times z \\ &= 0,85 \text{ t/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \\ &= 0,425 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- Kedalaman 1-2 m

$$\begin{aligned} H &= 1 \text{ m} \\ z &= 1,5 \text{ m} \\ \gamma &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\ \gamma' &= 0,85 \text{ t/m}^3 \\ \sigma'_0 &= \gamma' \times z \\ &= 0,85 \text{ t/m}^3 \times 1,5 \text{ m} \\ &= 1,275 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan *overburden* untuk seluruh lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.9.

- Mencari nilai tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_c$ )  
Perhitungan tegangan pra konsolidasi untuk kedalaman 0-1 meter sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{air}} &= 1,0 \text{ t/m}^3 \\
 q_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ m} \times 1,0 \text{ t/m}^3 \\
 &= 2 \text{ t/m}^2 \\
 \sigma'_c &= q_{\text{fluktuasi}} + \sigma'_o \\
 &= 2 \text{ t/m}^2 + 0,3795 \text{ t/m}^2 \\
 &= 2,3795 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) untuk seluruh lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.9 Tegangan *Overburden* ( $\sigma'_o$ ) Setiap Lapisan

Kedalaman	z	$\sigma'_o$
(m)	(m)	(t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	0,5	0,425
1 - 2	1,5	1,275
2 - 3	2,5	1,95
3 - 4	3,5	2,45
4 - 5	4,5	2,95
5 - 6	5,5	3,45
6 - 7	6,5	3,989
7 - 8	7,5	4,567
8 - 9	8,5	5,206
9 - 10	9,5	5,906

Tabel 5.10 Tegangan Pra Konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) Setiap Lapisan

Kedalaman (m)	z (m)	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	0,5	2,425
1 - 2	1,5	3,275
2 - 3	2,5	3,95
3 - 4	3,5	4,45
4 - 5	4,5	4,95
5 - 6	5,5	5,45
6 - 7	6,5	5,989
7 - 8	7,5	6,567
8 - 9	8,5	7,206
9 - 10	9,5	7,906

- Mencari nilai tegangan akibat timbunan ( $\Delta\sigma'$  timbunan)

Perhitungan nilai tegangan akibat beban timbunan untuk  $q = 2 \text{ t/m}^2$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Lebar timbunan} &= 28,2 \text{ m} \\ z &= 0,5 \text{ m} \\ x &= 28,2/2 \text{ m} \\ &= 14,1 \text{ m} \\ y &= \sim \\ m &= x/z \\ &= 14,1 \text{ m} / 0,5 \text{ m} \\ &= 28,2 \\ n &= y/z \\ &= \sim \end{aligned}$$

Nilai faktor pengaruh beban I ditentukan dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 2.6. Dari grafik tersebut didapatkan:

$$\begin{aligned} I &= 0,25 \\ q_0 &= 2 \text{ t/m}^2 \\ \Delta\sigma' &= 4 \times q_0 \times I \\ &= 4 \times 2 \text{ t/m}^2 \times 0,25 = 2 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan *settlement* akibat timbunan

Lapisan tanah pada kedalaman 0-2 meter merupakan tanah pasir yang pemampatannya dihitung dengan *immediate settlement* dengan perhitungan seperti pada sub bab 5.1.1. Dari perhitungan tersebut diperoleh pemampatan yang sangat kecil, sehingga *immediate settlement* pada lapisan tanah pasir dapat dianggap = 0.

Lapisan tanah selanjutnya adalah tanah yang dominan lempung sehingga terjadi *consolidation settlement*. *Consolidation settlement* (Pemampatan Konsolidasi) dibedakan menjadi 2 yaitu *normal consolidated* (NC) *soil* dan *over consolidated* (OC) *soil*. Jika  $\sigma'_c/\sigma'_0 \leq 1$  maka tanah terkonsolidasi secara normal (NC) dan sebaliknya, jika  $\sigma'_c/\sigma'_0 > 1$  tanah terkonsolidasi lebih (OC).

Contoh perhitungan *settlement* akibat beban timbunan  $q = 2 \text{ t/m}^2$  adalah sebagai berikut :

Kedalaman 2 - 3 m :

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

$$C_c = 0,52$$

$$C_s = 0,0743$$

$$e_0 = 2,38$$

$$\sigma'_0 = 1,95 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{fluktuasi}} = 2 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma'_c = 1,95 \text{ t/m}^2 + 2 \text{ t/m}^2$$

$$= 3,95 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma'_{\text{Timbunan}} = 2 \text{ t/m}^2$$

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_0} = \frac{3,95}{1,95}$$

$$= 2,026 > 1, \text{ Over Consolidated (OC)}$$

- *Settlement* akibat timbunan :

*Settlement* akibat beban timbunan,  $\sigma'_0 + \Delta\sigma' \leq \sigma'_c$ , maka digunakan persamaan sebagai berikut.



$$S_c = \left( \frac{H}{1 + e_0} \times C_s \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

$$S_c = \left( \frac{1}{1 + 2,38} \times 0,0743 \log \frac{3,95}{1,95} \right)$$

$$S_c = 0,00674 \text{ m}$$

- Menghitung total *settlement* pada variasi  $q$   
Perhitungan total *settlement* dilakukan dengan menjumlahkan hasil perhitungan *settlement* akibat timbunan pada setiap lapisan tanah untuk masing–masing variasi beban  $q$ . Hasil rekap perhitungan total *settlement* dapat dilihat pada Tabel 5.11. Sedangkan untuk perhitungan secara lengkap tersedia pada Lampiran 4.

Tabel 5.11 Perhitungan Settlement untuk Variasi  $q$ 

Beban $q$	$S_c$ akibat $q$
t/m <sup>2</sup>	m
2	0,0330998
4	0,1838116
6	0,3019599
8	0,3974767
10	0,4777379
12	0,5469889
14	0,6079075

- Perhitungan  $H_{initial}$  dan  $H_{final}$   
Perhitungan  $H_{initial}$  dan  $H_{final}$  untuk beban  $q = 2 \text{ t/m}^2$  adalah sebagai berikut:

$$H_{initial} = \frac{q + S_c \cdot (\gamma_{timb} - \gamma_w)}{\gamma_{timb}}$$

$$H_{initial} = \frac{2 + 0,033 \cdot (1,85 - 1)}{1,85} = 1,099 \text{ m}$$

$$H_{final} = H_{initial} - Sc_{timb}$$

$$H_{final} = 1,099 - 0,033 = 1,066 \text{ m}$$

Perhitungan  $H_{initial}$  dan  $H_{final}$  untuk masing-masing beban  $q$  dapat dilihat pada Tabel 5.12. Sedangkan untuk perhitungan secara lengkap tersedia pada Lampiran 4.

Tabel 5.12 Perhitungan  $H_{initial}$  dan  $H_{final}$

Beban $q$	$Sc$ akibat $q$	H initial	Hfinal
t/m <sup>2</sup>	m	m	m
2	0,0330998	1,0989729	1,0658731
4	0,1838116	2,2615198	2,0777082
6	0,3019599	3,4064648	3,1045049
8	0,3974767	4,5391766	4,1416999
10	0,4777379	5,6636421	5,1859042
12	0,5469889	6,7821562	6,2351673
14	0,6079075	7,8961662	7,2882587

Hubungan antara  $H_{initial}$  dan  $H_{final}$  ditampilkan dalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.6. Sedangkan hubungan  $H_{final}$  dan *settlement* dapat dilihat pada Gambar 5.7.

Dari grafik pada Gambar 5.6 diatas didapatkan persamaan regresi:

$y = 0,001x^3 - 0,0207x^2 + 1,2042x - 0,1615$ , maka didapatkan nilai Hfinal untuk timbunan rencana sebagai berikut:

$$H_{final} = 5,56 \text{ m}$$

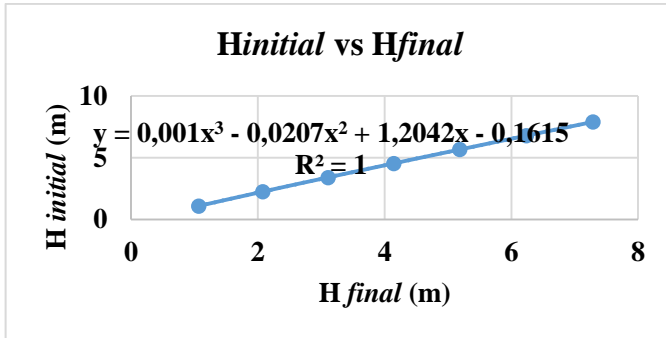
$$H_{initial} = 6,1 \text{ m}$$

Dari grafik pada Gambar 5.7 diatas didapatkan persamaan regresi:

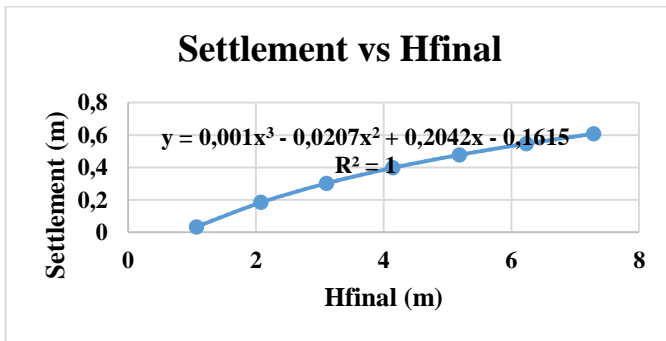
$y = 0,001x^3 - 0,0207x^2 + 0,2042x - 0,1615$ , maka didapatkan nilai *settlement* ( $Sc$ ) untuk timbunan rencana sebagai berikut:

$$H_{\text{final}} = 5,55 \text{ m}$$

$$Sc = 0,5 \text{ m}$$



Gambar 5.6 Grafik hubungan  $H_{\text{initial}}$  dan  $H_{\text{final}}$



Gambar 5.7 Grafik hubungan  $H_{\text{final}}$  dan *settlement*

Untuk pemampatan akibat beban *pavement* dan beban *traffic* akan diperhitungkan menggunakan berat volume dan angka pori yang baru akibat timbunan bertahap untuk mengetahui seberapa besar pemampatan akibat *pavement* dan *traffic* dengan parameter tanah yang baru.

### 5.2.2 Penentuan Waktu Konsolidasi tanpa Perbaikan

Pada sub-bab sebelumnya diketahui besar pemampatan yang terjadi pada tanah dasar adalah sebesar 0,5 m. untuk menghilangkan *settlement* tersebut, tanah membutuhkan waktu.

Lapisan tanah di bawah lapisan *compressible* merupakan lapisan lempung yang kedap air sehingga arah alirannya adalah *single drainage*.

Perhitungan waktu konsolidasi tanah tanpa adanya perbaikan adalah sebagai berikut:

$$H_{final} = 5,55 \text{ m}$$

$$H_{initial} = 6,1 \text{ m}$$

$$Sc = 0,5 \text{ m}$$

$$H_{dr} = 8 \text{ m}$$

$$Cv_{rata-rata} = \frac{(\sum h)^2}{\left[\left(\frac{h_1}{\sqrt{c_{v1}}}\right) + \left(\frac{h_2}{\sqrt{c_{v2}}}\right) + \left(\frac{h_i}{\sqrt{c_{vi}}}\right)\right]^2} = 2,85 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$$

Nilai faktor waktu ( $T_v$ ) dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

- Untuk  $U = 0$  sampai dengan 60%

$$T_v = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{U\%}{100}\right)^2$$

- Untuk  $U > 60\%$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - U\%)$$

Contoh perhitungan  $T_v$  adalah sebagai berikut:

- Untuk  $U = 10\%$

$$T_v = \frac{\pi}{4} \times \left(\frac{10\%}{100}\right)^2 = 0,008$$

- Untuk  $U = 90\% > 60\%$

$$T_v = 1,781 - 0,933 \log(100 - 90\%) = 0,848$$

Hasil perhitungan faktor waktu dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Faktor Waktu

U %	Tv
0	0,000
10	0,008
20	0,031
30	0,071
40	0,126
50	0,196
60	0,283
70	0,403
80	0,567
90	0,848

Dari Tabel 5.13 didapatkan Tv untuk U90% adalah sebesar 0,848, sehingga waktu konsolidasi tanah adalah sebagai berikut:

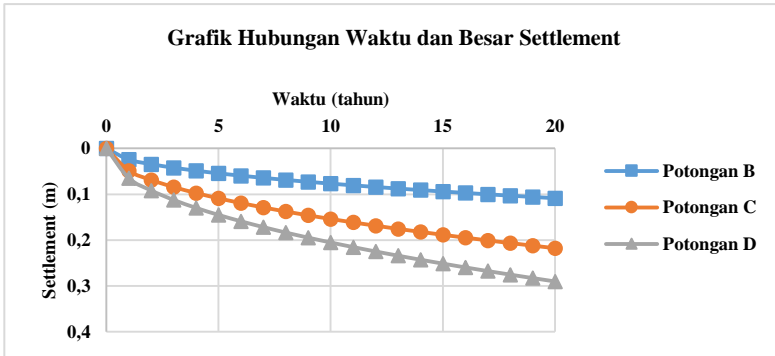
$$t = \frac{T(H_{dr})^2}{Cv} = \frac{0,848 (8)^2}{2,85 \times 10^{-8}} = 1902460100 \text{ detik}$$

$$t = 60,33 \text{ tahun}$$

Jadi, waktu yang dibutuhkan untuk menghilangkan *consolidation settlement* adalah lebih dari 60 tahun. Oleh karena itu, dibutuhkan pemasangan PVD untuk mempercepat *consolidation settlement* yang terjadi. Namun karena material PVD cukup mahal maka perlu dicek kembali kebutuhan PVD dengan menghitung *rate of settlement* pada timbunan oprit. Apabila besar *rate of settlement* dalam satu tahun kurang dari ijin, yaitu 2,5 cm/tahun, maka tidak perlu pemasangan PVD. Namun untuk potongan A dengan tinggi timbunan hanya 0,35 m, maka diperoleh nilai *settlement* yang sangat kecil sehingga tidak diperlukan perbaikan tanah.

Perhitungan *rate of settlement* untuk potongan yang lain dapat dilihat pada Lampiran 5, dan grafiknya pada Gambar 5.8. Dari grafik tersebut diketahui untuk potongan A, *rate of*

settlementnya hanya 2,4 cm < 2,5 cm (*rate of settlement ijin*) sehingga tidak diperlukan perbaikan tanah. Sedangkan untuk potongan yang lainnya diperlukan perbaikan tanah.



Gambar 5.8 Grafik laju pemampatan pada oprit

### 5.2.3 Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* untuk Percepatan Pemampatan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, potongan C dan potongan D dibutuhkan waktu lebih dari 60 tahun untuk menghilangkan *settlement* yang ada dan nilai *rate of settlement* kurang dari ijin. Lamanya waktu pemampatan dapat dipercepat dengan menggunakan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*.

Dalam tugas akhir ini, akan dihitung PVD dengan pola segitiga dan segi empat dengan beberapa jarak pemasangan, diantaranya adalah 0,6 m, 0,7 m, 0,8 m, 0,9 m, 1m, 1,2 m, 1,5m, 1,75 m, dan 2 m. Dari berbagai variasi tersebut akan dipilih yang paling efektif sesuai dengan tahapan penimbunan yang dilakukan.

#### 5.2.3.1 Perencanaan PVD Pola Segitiga

Perhitungan perencanaan PVD pola segitiga dengan kedalaman PVD sedalam tanah lunak yaitu 10 m adalah sebagai berikut :

- Perhitungan faktor hambatan oleh PVD ( $F(n)$ )

Contoh perhitungan fungsi hambatan  $F(n)$  untuk jarak PVD 0,6 m sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 a &= 10 \text{ cm} \\
 b &= 0,45 \text{ cm} \\
 dw &= \frac{2(a+b)}{\pi} = \frac{2(10+0,45)}{\pi} = 6,65 \text{ cm} \\
 D &= \text{diameter ekivalen dari lingkaran tanah pengaruh PVD} \\
 &= 1,05 \times s \\
 &= 1,05 \times 0,6 \text{ m} \\
 &= 0,63 \text{ m} = 63 \text{ cm} \\
 n &= D/dw \\
 &= 63 \text{ cm}/6,65 \text{ cm} \\
 &= 9,5 \\
 F(n) &= (n^2/(n^2-1)) \times (\ln(n)-3/4-(1/4n^2)) \\
 &= (9,5^2/(9,5^2-1)) \times (\ln(9,5)-3/4-(1/4 \times 9,5^2)) \\
 &= 1,512
 \end{aligned}$$

Hasil rekap perhitungan  $F(n)$  setiap alternatif jarak pemasangan PVD dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Perhitungan Faktor Hambatan oleh PVD Pola Segitiga

Spasi (m)	F(n)
0,6	1,51219
0,7	1,663849
0,8	1,795491
0,9	1,911816
1	2,016031
1,2	2,196689
1,5	2,418275
1,75	2,5716
2	2,704552

- Perhitungan derajat konsolidasi total (U)  
 Contoh perhitungan derajat konsolidasi untuk jarak pemasangan PVD ( $s$ ) = 0,6 m sebagai berikut:  
 $s = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$

$$\begin{aligned}
 D &= 0,63 \text{ m} = 63 \text{ cm} \\
 t &= 1 \text{ minggu} = 604800 \text{ detik} \\
 H_{dr} &= 8 \text{ m} = 800 \text{ cm} \\
 C_v &= 0,000285273 \text{ cm}^2/\text{dtk} \\
 C_h &= \text{koefisien konsolidasi, } C_h = (1 \text{ sampai } 3) \times C_v \\
 &= 3 \times C_v = 0,000856 \text{ cm}^2/\text{dtk} \\
 T_v &= \text{faktor waktu} \\
 &= \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2} = 0,000269 \\
 U_v &= \text{derajat konsolidasi vertikal} \\
 &= \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) = 1,85\% \\
 U_h &= \text{derajat konsolidasi horizontal} \\
 &= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times 8 \times c_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] = 29,17\% \\
 U_{total} &= (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\
 &= 30,49\%
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan derajat konsolidasi total untuk minggu selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Perhitungan Derajat Konsolidasi Total Pola Segitiga  
S= 0,6 m

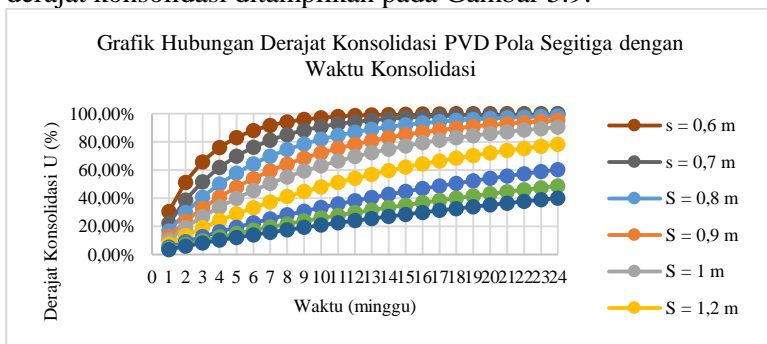
t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	Utotal
1	604800	0,000269583	1,85%	29,17%	30,49%
2	1209600	0,000539165	2,62%	49,84%	51,15%
3	1814400	0,000808748	3,21%	64,47%	65,61%
4	2419200	0,001078331	3,71%	74,84%	75,77%
5	3024000	0,001347914	4,14%	82,18%	82,92%
6	3628800	0,001617496	4,54%	87,38%	87,95%
7	4233600	0,001887079	4,90%	91,06%	91,50%
8	4838400	0,002156662	5,24%	93,67%	94,00%



Tabel 5.15 Perhitungan Derajat Konsolidasi Total Pola Segitiga  
 $S = 0,6 \text{ m}$  (Lanjutan)

t (minggu)	t (detik)	$T_v$	$U_v$	$U_h$	$U_{total}$
9	5443200	0,002426245	5,56%	95,52%	95,77%
10	6048000	0,002695827	5,86%	96,82%	97,01%
11	6652800	0,00296541	6,14%	97,75%	97,89%
12	7257600	0,003234993	6,42%	98,41%	98,51%
13	7862400	0,003504576	6,68%	98,87%	98,95%
14	8467200	0,003774158	6,93%	99,20%	99,26%
15	9072000	0,004043741	7,18%	99,43%	99,47%
16	9676800	0,004313324	7,41%	99,60%	99,63%
17	10281600	0,004582907	7,64%	99,72%	99,74%
18	10886400	0,004852489	7,86%	99,80%	99,81%
19	11491200	0,005122072	8,08%	99,86%	99,87%
20	12096000	0,005391655	8,29%	99,90%	99,91%
21	12700800	0,005661237	8,49%	99,93%	99,93%
22	13305600	0,00593082	8,69%	99,95%	99,95%
23	13910400	0,006200403	8,89%	99,96%	99,97%
24	14515200	0,006469986	9,08%	99,97%	99,98%

Perhitungan dilakukan untuk jarak PVD yang lainnya yang dapat dilihat pada Lampiran 5. Grafik hubungan antara waktu derajat konsolidasi ditampilkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga

### 5.2.3.2 Perencanaan PVD Pola Segiempat

Perhitungan perencanaan PVD pola segiempat dengan kedalaman PVD sedalam tanah lunak yaitu 8 m adalah sebagai berikut :

- Perhitungan faktor hambatan oleh PVD (F(n))

Contoh perhitungan fungsi hambatan F(n) untuk jarak PVD 0,6 m sebagai berikut :

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$b = 0,45 \text{ cm}$$

$$dw = \frac{2(a+b)}{\pi} = \frac{2(10+0,45)}{\pi} = 6,65 \text{ cm}$$

$$D = \text{diameter ekivalen dari lingkaran tanah pengaruh PVD}$$

$$= 1,13 \times s$$

$$= 1,13 \times 0,6 \text{ m}$$

$$= 0,678 \text{ m} = 67,8 \text{ cm}$$

$$n = D/dw$$

$$= 67,8/6,65$$

$$= 10,19 \text{ cm}$$

$$F(n) = (n^2/(n^2-1)) \times (\ln(n)-3/4-(1/4n^2))$$

$$= (10,19^2/(10,19^2-1)) \times (\ln(10,19)-3/4-(1/4 \times 10,19^2))$$

$$= 1,584$$

Hasil rekap perhitungan F(n) setiap alternatif jarak pemasangan PVD dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Perhitungan Faktor Hambatan oleh PVD Pola Segiempat

Spasi (m)	F(n)
0,6	1,58439
0,7	1,736206
0,8	1,867988
0,9	1,98443
1	2,088742
1,2	2,269551

Tabel 5.16 Perhitungan Faktor Hambatan oleh PVD Pola Segiempat (Lanjutan)

Spasi (m)	F(n)
1,5	2,491286
1,75	2,644695
2	2,777706

- Perhitungan derajat konsolidasi total (U)

Contoh perhitungan derajat konsolidasi untuk jarak pemasangan PVD (s) = 0,6 m sebagai berikut:

$$s = 0,6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

$$D = 0,678 \text{ m} = 67,8 \text{ cm}$$

$$t = 1 \text{ minggu} = 604800 \text{ detik}$$

$$H_{dr} = 8 \text{ m} = 800 \text{ cm}$$

$$C_v = 0,000285273 \text{ cm}^2/\text{dtk}$$

$$C_h = \text{koefisien konsolidasi, } C_h = (2 \text{ sampai } 5) \times C_v \\ = 3 \times C_v = 0,000856 \text{ cm}^2/\text{dtk}$$

$$T_v = \text{faktor waktu}$$

$$= \frac{t \times C_v}{(H_{dr})^2} = 0,000269$$

$$U_v = \text{derajat konsolidasi vertikal}$$

$$= \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) = 1,85\%$$

$$U_h = \text{derajat konsolidasi horizontal}$$

$$= \left[ 1 - \left( \frac{1}{e^{\left( \frac{t \times s \times c_h}{D^2 \times 2 \times F(n)} \right)}} \right) \right] = 24,74\%$$

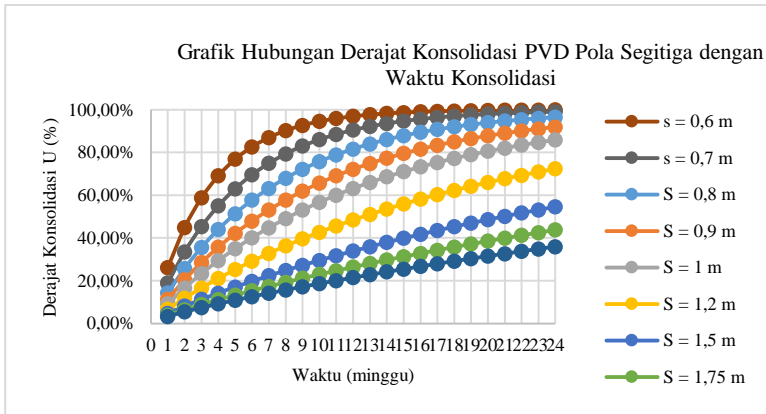
$$U_{total} = (1 - (1 - U_h) \times (1 - U_v)) \times 100\% \\ = 26,14\%$$

Hasil perhitungan derajat konsolidasi total untuk minggu selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Perhitungan Derajat Konsolidasi Total Pola Segiempat  
 $S = 0,6 \text{ m}$

<b>t (minggu)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>	<b>Uh</b>	<b>U</b>
1	604800	0,000269583	1,85%	24,74%	26,14%
2	1209600	0,000539165	2,62%	43,36%	44,85%
3	1814400	0,000808748	3,21%	57,38%	58,75%
4	2419200	0,001078331	3,71%	67,92%	69,11%
5	3024000	0,001347914	4,14%	75,86%	76,86%
6	3628800	0,001617496	4,54%	81,83%	82,66%
7	4233600	0,001887079	4,90%	86,33%	87,00%
8	4838400	0,002156662	5,24%	89,71%	90,25%
9	5443200	0,002426245	5,56%	92,26%	92,69%
10	6048000	0,002695827	5,86%	94,17%	94,51%
11	6652800	0,00296541	6,14%	95,61%	95,88%
12	7257600	0,003234993	6,42%	96,70%	96,91%
13	7862400	0,003504576	6,68%	97,52%	97,68%
14	8467200	0,003774158	6,93%	98,13%	98,26%
15	9072000	0,004043741	7,18%	98,59%	98,69%
16	9676800	0,004313324	7,41%	98,94%	99,02%
17	10281600	0,004582907	7,64%	99,20%	99,26%
18	10886400	0,004852489	7,86%	99,40%	99,45%
19	11491200	0,005122072	8,08%	99,55%	99,59%
20	12096000	0,005391655	8,29%	99,66%	99,69%
21	12700800	0,005661237	8,49%	99,74%	99,77%
22	13305600	0,00593082	8,69%	99,81%	99,82%
23	13910400	0,006200403	8,89%	99,86%	99,87%
24	14515200	0,006469986	9,08%	99,89%	99,90%

Perhitungan dilakukan untuk jarak PVD yang lainnya yang dapat dilihat pada Lampiran 5. Grafik hubungan antara waktu derajat konsolidasi ditampilkan pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Grafik hubungan antara waktu konsolidasi dengan derajat konsolidasi pola pemasangan segitiga

### 5.2.3.3 Penentuan Pola Pemasangan PVD

Penggunaan PVD direncanakan memiliki waktu tunggu pemampatannya selama 16-24 minggu, karena jika umur PVD lebih dari 24 minggu cenderung mengalami *clogging* yang menyebabkan berkurangnya kemampuan *vertical drain*. Derajat konsolidasi yang direncanakan sebesar 90%.

Dari hasil perhitungan pola pemasangan PVD dapat disimpulkan pola dan jarak pemasangan PVD yang digunakan dalam perencanaan adalah pola segitiga dengan jarak pemasangan 1 meter dengan alasan pola pemasangan segitiga lebih efektif dibanding pola segiempat, serta dapat mencapai derajat konsolidasi lebih dari 90% dalam waktu 24 minggu.

## 5.2.4 Perencanaan Timbunan Bertahap dan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar

### 5.2.4.1 Perencanaan Timbunan Bertahap

Perencanaan penimbunan bertahap dilakukan untuk mempermudah pelaksanaan metode pelaksanaan di lapangan, timbunan diletakan secara bertahap dengan kecepatan penimbunan sesuai yang direncanakan. Pada Tugas Akhir ini, tahapan penimbunan direncanakan 0,35 meter per minggu. Penimbunan dilakukan sampai tinggi timbunan awal ( $H_{initial}$ ) yang telah diperhitungkan pada sub bab 5.2.1. Terdapat 4 potongan yang akan diperhitungkan dalam tugas akhir ini, yaitu potongan A, potongan B, potongan C, dan potongan D. Tinggi awal dan tahapan untuk masing-masing potongan dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18 Hinitial dan Tahapan Penimbunan untuk Masing-masing Potongan

	Potongan A STA 0+000 - STA 0+050	Potongan B STA 0+075 - STA 0+125	Potongan C STA 0+150 - STA 0+175	Potongan D STA 0+200 - STA 0+225
Hfinal (m)	0,74	2,48	4,249	5,91
Hpavement (m)	0,35	0,35	0,35	0,35
Hfinal- Hpavement	0,39	2,13	3,90	5,56
Hinitial (m)	0,3	2,3	4,3	6,1
Settlement (m)	0,086	0,189	0,379	0,506
kec. Penimbunan (m/minggu)	0,35	0,35	0,35	0,35
Tahapan penimbunan (minggu)	1	7	12	18

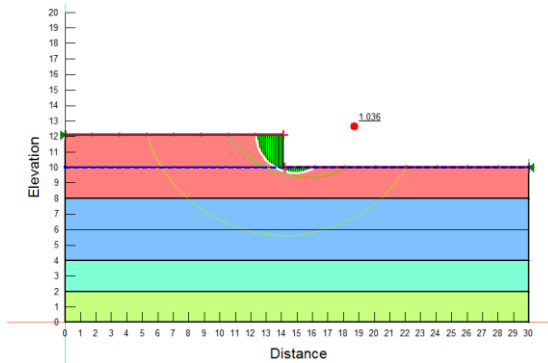
Dalam menentukan jadwal pada penahanan timbunan perlu dianalisis dahulu tinggi timbunan kritis ( $H_{cr}$ ) untuk mengetahui tinggi timbunan maksimum yang mampu dipikul oleh tanah dasar dengan menggunakan data tanah dasar awal. Analisis ini dilakukan menggunakan program bantu Geostudio 2019 dengan mencari nilai *Safety Factor* (SF) kritis terhadap longsor dan dengan perhitungan untuk mencari nilai  $H_{kritis}$  dengan SF kritis terhadap keruntuhan *poinconnement* atau *puncture*. Dari kedua hasil tersebut akan dipilih  $H_{kritis}$  terendah saat SF kritis. Hasil dari program bantu, didapatkan tinggi timbunan kritis atau  $H_{cr}$  sebesar 2,1 meter dengan gambar kelongsoran yang terdapat pada Gambar 5.11 dan rekap hasil *critical surface* untuk  $H_{cr}$  dapat dilihat pada Tabel 5.19. Untuk keruntuhan *poinconnement* didapatkan  $H_{kritis}$  sebesar 2,48 m dengan perhitungan sebagai berikut:

$$SF = \frac{q_{max}}{q} = \frac{c \cdot N_c}{\gamma \cdot h}$$

Nilai  $N_c$  didapatkan dari Tabel 5.20 berdasarkan hasil B/H, dimana B adalah lebar timbunan dan H adalah tebal lapisan *compressible*. Diperoleh nilai  $N_c = 6,05$ , sehingga perhitungan  $H_{kritis}$  adalah sebagai berikut:

$$h = \frac{c \cdot N_c}{\gamma \cdot SF} = \frac{8,333 \times 6,05}{18,5 \times 1,1} = 2,477 \text{ m} = 2,48 \text{ m}$$

Karena tinggi timbunan terkritik yang mampu diterima oleh tanah ( $H_{cr}$ ) adalah sebesar 2,1 meter, maka untuk potongan A dapat dilakukan secara menerus dan tanpa perkuatan, sedangkan untuk potongan yang lainnya hanya dapat dilakukan secara terus menerus hingga tahap 6. Tahap selanjutnya harus dilakukan pengecekan daya dukung tanah terlebih dahulu.



Gambar 5.11 Kelongsoran pada hkritis

Tabel 5.19 Rekap Hasil *Critical Surface* untuk Hcr

F of S	X Center (m)	Y Center (m)	Radius (m)
1,036	14,893	12,214	2,558
1,084	14,915	12,945	3,2032
1,165	16,002	14,924	5,3141
1,191	14,613	12,217	2,6155
1,399	16,228	15,419	6,0869

Tabel 5. 20 Nilai Nc untuk Perhitungan Keruntuhan *Poinconnement*

B/H	Nc
0 /d 1,49	5,14
2	5,30
3	5,80
4	6,30
5	6,80
6	7,30
7	7,80
8	8,20
9	8,70
10	9,15

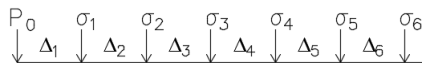


### 5.2.4.2 Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah Dasar

Perhitungan kenaikan daya dukung tanah perlu dilakukan untuk mengetahui peningkatan daya dukung akibat adanya kenaikan tegangan. Sehingga dapat ditentukan apakah penimbunan dapat dilanjutkan atau harus ditunda. Perhitungan daya dukung dilakukan saat tinggi timbunan mencapai  $H_{cr}$ . Untuk menghitung kenaikan tanah dasar perlu menghitung tegangan yang diterima oleh tanah dasar akibat timbunan per tahapnya. Perhitungan peningkatan daya dukung adalah sebagai berikut:

- Menentukan tahapan penimbunan hingga minggu ke-6  
Umur timbunan untuk tahapan penimbunan ke- $i$  pada minggu ke 6 dapat dilihat pada Tabel 5.21.
- Menghitung tegangan di tiap lapisan tanah untuk derajat konsolidasi 100%

Sketsa perubahan tegangan akibat beban bertahap dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Perubahan tegangan akibat beban bertahap

$$\sigma'_1 = P_0 + \Delta P_1$$

$$\sigma'_2 = \sigma'_1 + \Delta P_2 \text{ dan seterusnya hingga } \sigma'_6$$

$$\Delta P = I \times q$$

Harga  $P_0$ ,  $\sigma'_1$ ,  $\sigma'_2$  dan seterusnya berbeda-beda untuk setiap kedalaman tanah dan dapat dilihat pada Tabel 5.22.

- Menghitung tegangan di tiap lapisan tanah untuk derajat konsolidasi  $< 100\%$

Perhitungan derajat konsolidasi total ( $U_{total}$ ) dengan PVD pola pemasangan segitiga dengan jarak spasi 1 m dapat dilihat pada Lampiran 5. Perumusan penimbunan sampai tahap ke-6 ( $H = 2,1$  m,  $t = 6$  minggu) dapat dilihat pada Tabel 5.23. Hasil perhitungan perubahan tegangan efektif tiap lapisan tanah pada  $U < 100\%$  ditampilkan pada Tabel 5.24.

Tabel 5.21 Umur Timbunan ke-i pada Minggu ke-6

Tahapan Penimbunan	1	2	3	4	5	6
Penimbunan (m)	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
Tinggi Timbunan (m)	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1
Minggu Ke	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	0	0
	2	1	0	0	0	0
	3	2	1	0	0	0
	4	3	2	1	0	0
	5	4	3	2	1	0
	6	5	4	3	2	1

- Menghitung kenaikan daya dukung tanah (akibat kenaikan harga Cu)

Harga Cu baru diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

- Untuk harga PI tanah < 120%

$$Cu \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.1899 - 0,0016 \text{ PI}) \sigma_p'$$

- Untuk harga PI tanah > 120%

$$Cu \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.0454 - 0,0004 \text{ PI}) \sigma_p'$$

Hasil Perubahan nilai Cu pada Minggu ke-6 dapat dilihat pada Tabel 5.25. Dengan Cu baru yang diperoleh dilakukan analisa dengan untuk mengetahui apakah tahapan penimbunan dapat dilanjutkan. Tetapi hasil angka keamanan yang diperoleh adalah  $0,862 < 1$ , sehingga penimbunan tidak boleh dilanjutkan. Penundaan dilakukan selama 15 minggu namun daya dukung tanah belum mampu menahan beban timbunan tahap selanjutnya. Karena waktu penundaan yang cukup lama maka diputuskan untuk menggunakan perkuatan. Perencanaan perkuatan timbunan direncanakan pada sub bab 5.2.5 menggunakan *geotextile wall* atau tembok *freyssisol*.

- Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan *consolidation settlement* pada penimbunan bertahap tersebut dengan pemasangan perkuatan tanah dasar.

Karena telah digunakan perkuatan timbunan, maka daya dukung tanah dasar tidaklah menjadi masalah lagi sehingga penimbunan dapat menerus dilakukan tanpa adanya waktu penundaan pentahapan. Hasil perhitungan konsolidasi tanah dasar akibat tahapan penimbunan tanpa adanya waktu penundaan dapat dilihat pada Lampiran 6 untuk masing-masing potongan. Grafik konsolidasi tanah dasar yang terjadi akibat tahapan penimbunan pada potongan C-C dapat dilihat pada Gambar 5.13, sedangkan untuk potongan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 6

Tabel 5.22 Perubahan Tegangan di Tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi  $U=100\%$

Depth		z (m)	Tegangan Efektif $U=100\%$						
			Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$
(m)		(m)	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>
			0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1
0	- 1	0,5	0,425	1,073	1,72	2,3675	3,015	3,6625	4,31
1	- 2	1,5	1,275	1,9225	2,57	3,2175	3,865	4,5125	5,16
2	- 3	2,5	1,95	2,5975	3,2398	3,8821	4,5245	5,1668	5,8091
3	- 4	3,5	2,45	3,0923	3,7295	4,3666	5,0037	5,6409	6,278
4	- 5	4,5	2,95	3,5846	4,2165	4,8485	5,4804	6,1124	6,7444
5	- 6	5,5	3,45	4,0768	4,7036	5,3303	5,9571	6,5839	7,2107
6	- 7	6,5	3,989	4,6106	5,2322	5,8538	6,4754	7,097	7,7186
7	- 8	7,5	4,567	5,1834	5,7895	6,3955	7,0016	7,6077	8,2137
8	- 9	8,5	5,206	5,8069	6,4078	7,0086	7,6095	8,2104	8,8113
9	- 10	9,5	5,906	6,5017	7,0974	7,6931	8,2888	8,8845	9,4802

Tabel 5.23 Perumusan Perubahan Tegangan pada Derajat Konsolidasi  $U < 100\%$

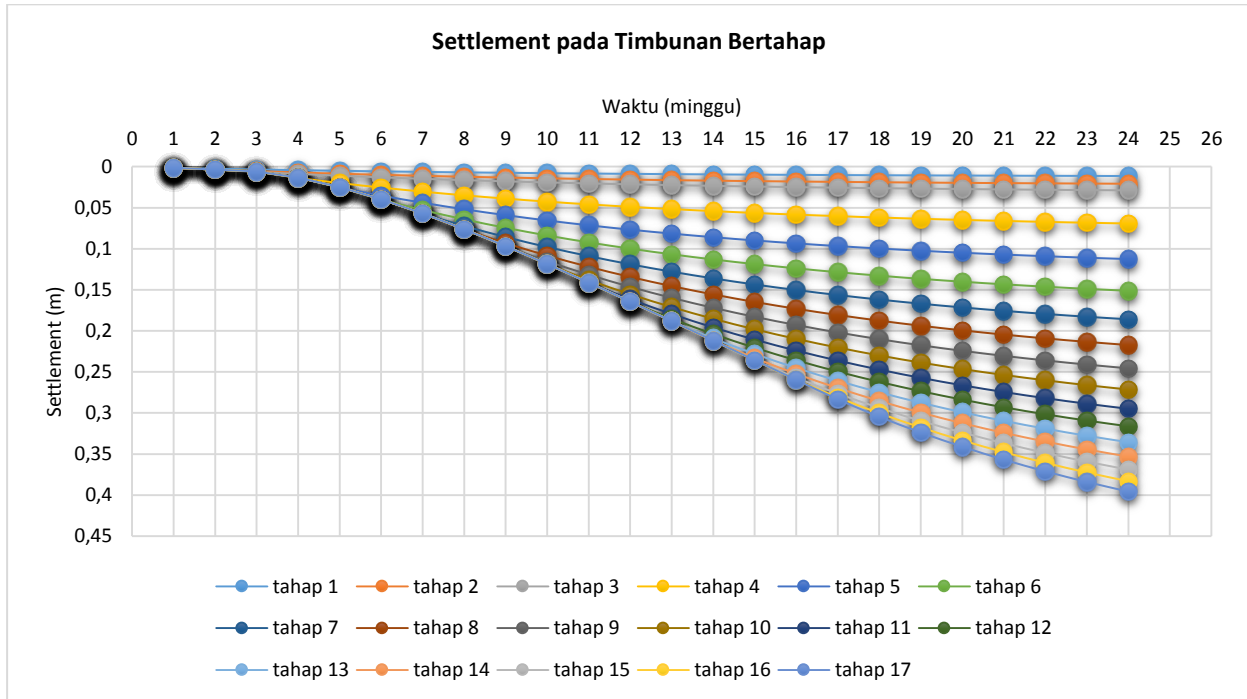
Tahap Penimbunan	Umur Timbunan (minggu)	Derajat Konsolidasi Total (%)	$\Delta P$ saat $U < 100\%$
0 - 0,35 (1)	6	45,41%	$\left\{ \left( \frac{\sigma'_1}{P'_0} \right)^{0,4541} - P'_0 \right\} - P'_0$
0,35 - 0,7 (2)	5	39,83%	$\left\{ \left( \frac{\sigma'_2}{\sigma'_1} \right)^{0,3983} - \sigma'_1 \right\} - \sigma'_1$
0,7 - 1,05 (3)	4	33,66%	$\left\{ \left( \frac{\sigma'_3}{\sigma'_2} \right)^{0,3366} - \sigma'_2 \right\} - \sigma'_2$
1,05 - 1,4 (4)	3	26,81%	$\left\{ \left( \frac{\sigma'_4}{\sigma'_3} \right)^{0,2681} - \sigma'_3 \right\} - \sigma'_3$
1,4 - 1,75 (5)	2	19,17%	$\left\{ \left( \frac{\sigma'_5}{\sigma'_4} \right)^{0,1917} - \sigma'_4 \right\} - \sigma'_4$
1,75 - 2,1 (6)	1	10,58%	$\left\{ \left( \frac{\sigma'_6}{\sigma'_5} \right)^{0,1058} - \sigma'_5 \right\} - \sigma'_5$

Tabel 5.24 Perubahan Tegangan di tiap Lapisan Tanah pada Derajat Konsolidasi  $U < 100\%$

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$											
Perubahan Tegangan			Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Sigma \sigma'$	$\Sigma \sigma'$
			KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	KN/m <sup>2</sup>	kPa
Tinggi Timbunan			0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1		
Umur Timbunan (minggu)			-	6	5	4	3	2	1		
Kedalaman/ U(%)			100%	45,41%	39,83%	33,66%	26,81%	19,17%	10,58%		
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,425	0,222	0,222	0,195	0,159	0,115	0,064	1,4011	0,014
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,275	0,261	0,236	0,202	0,162	0,116	0,064	2,317	0,023
<b>2</b>	-	<b>3</b>	1,95	0,271	0,239	0,203	0,163	0,117	0,064	3,0073	0,030
<b>3</b>	-	<b>4</b>	2,45	0,273	0,240	0,203	0,162	0,116	0,064	3,5091	0,035
<b>4</b>	-	<b>5</b>	2,95	0,273	0,240	0,203	0,162	0,116	0,064	4,0071	0,040
<b>5</b>	-	<b>6</b>	3,45	0,272	0,239	0,202	0,161	0,115	0,064	4,5032	0,045
<b>6</b>	-	<b>7</b>	3,989	0,271	0,238	0,201	0,161	0,115	0,063	5,0385	0,050
<b>7</b>	-	<b>8</b>	4,567	0,270	0,233	0,197	0,157	0,112	0,062	5,5994	0,056
<b>8</b>	-	<b>9</b>	5,206	0,265	0,232	0,196	0,156	0,112	0,062	6,2288	0,062
<b>9</b>	-	<b>10</b>	5,906	0,263	0,231	0,195	0,155	0,111	0,061	6,9233	0,069

Tabel 5.25 Perubahan nilai Cu pada Minggu ke-6

kedalaman			PI	Cu Lama	Cu baru	Cu Pakai
				kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
0	-	1	0	0	0,0764	0
1	-	2	0	0	0,0781	0
2	-	3	58	0,0833	0,0766	0,0833
3	-	4	58	0,0833	0,0771	0,0833
4	-	5	58	0,0833	0,0776	0,0833
5	-	6	58	0,0833	0,0781	0,0833
6	-	7	51	0,25	0,0792	0,25
7	-	8	51	0,25	0,0798	0,25
8	-	9	37	0,65	0,0818	0,65
9	-	10	37	0,65	0,0827	0,65



Gambar 5.13 Grafik konsolidasi tanah dasar yang terjadi pada potongan D

### 5.2.4.3 Perhitungan Parameter Tanah akibat Pemampatan Beban Bertahap

Beban pada timbunan bertahap yang dilakukan akan menyebabkan kenaikan daya dukung tanah dan perubahan pada parameter tanah. Perubahan parameter tanah ini meliputi angka pori ( $e$ ) dan berat jenis ( $\gamma$ ) yang diperhitungkan untuk selanjutnya digunakan sebagai parameter untuk menghitung pemampatan akibat beban *pavement* dan beban *traffic*. Berikut merupakan contoh perhitungan perubahan parameter tanah untuk potongan D:

- Perhitungan berat jenis angka pori ( $e$ ) baru

Perubahan angka pori diperoleh dari besaran *settlement* yang dialami oleh setiap lapisan tanah. Dalam tugas akhir ini terdapat 4 jenis tanah, yaitu tanah pasir (0-2 m), tanah 1 (2-6 m), tanah 2 (6-8 m), dan tanah 3 (8-10 m). Contoh perhitungan adalah untuk tanah 1 (2-6 m) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 e_0 &= 2,38 \\
 S_c &= \Delta H = 0,305 \text{ m} \\
 H &= 4 \text{ m} \\
 \Delta H/H &= 0,076 \\
 \Delta e &= (1+e) \times \Delta H/H \\
 &= (1+2,38) \times 0,076 = 0,258 \\
 e_{\text{baru}} &= e_0 - \Delta e \\
 &= 2,38 - 0,258 = 2,122
 \end{aligned}$$

- Perhitungan berat jenis ( $\gamma$ ) baru

Contoh perhitungan berat jenis ( $\gamma$ ) baru untuk tanah 1 (2-6 m) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \gamma &= 1,50 \text{ t/m}^2 \\
 W_c &= 88,00 \% \\
 G_s &= 2,697 \\
 e_{\text{baru}} &= 2,122 \\
 W_{c\text{baru}} &= e_{\text{baru}} / G_s \\
 &= 2,122 / 2,697 = 78,68\% \\
 \gamma_{\text{baru}} &= \frac{G_s (1+W_c)}{(1+e_{\text{baru}})} \times \gamma_w
 \end{aligned}$$



$$= \frac{2,697 (1+78,68\%)}{(1+2,122)} \times 1 = 1,54 \text{ t/m}^2$$

Hasil perhitungan parameter baru untuk lapisan tanah lainnya pada potongan D dapat dilihat pada Tabel 5.26 dan untuk potongan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 5.26 Perhitungan Parameter Tanah Baru Akibat Beban Timbunan

Tanah	H	$\gamma$	Sc	Wc	Gs	$\Delta H/H$	e	$\Delta e$	ebaru	Wcbaru	$\gamma$ baru
	(m)	(t/m <sup>3</sup> )									(t/m <sup>3</sup> )
Tanah pasir	2	1,85									1,85
Tanah 1	4	1,50	0,3053	88,00%	2,697	0,076	2,38	0,258	2,122	78,68%	1,54
Tanah 2	2	1,58	0,1203	72,25%	2,703	0,06	1,95	0,177	1,773	65,59%	1,61
Tanah 3	2	1,70	0,0866	52,81%	2,692	0,043	1,42	0,105	1,315	48,85%	1,73

#### 5.2.4.4 Perhitungan Settlement akibat Beban *Pavement* dan *Traffic*

Perhitungan pemampatan akibat beban *pavement* dan *traffic* dilakukan setelah mendapat parameter baru akibat pemampatan yang terjadi akibat beban timbunan. Perhitungan ini dilakukan agar diketahui besar pemampatan pada tanah dasar. Perhitungan pemampatan akibat *pavement* adalah sebagai berikut:

- Beban *pavement*

Tebal *pavement*

- Slab beton = 0,25 m
- Aspal = 0,1 m

Berat jenis *pavement*

- Slab beton = 2,5 t/m<sup>3</sup>
- Aspal = 2,2 t/m<sup>3</sup>

Berat *pavement* = 0,845 t/m<sup>2</sup>

- Mencari nilai tegangan *overburden*  
Contoh perhitungan tegangan *overburden* pada lapis ke-1 (0-1 m) dan lapis ke-2 (1-2 m) adalah sebagai berikut:

- Kedalaman 0-1 m

$$\begin{aligned}
 H &= 1 \text{ m} \\
 z &= 0,5 \text{ m} \\
 \gamma &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma' &= 0,85 \text{ t/m}^3 \\
 \sigma'_0 &= \gamma' \times z \\
 &= 0,85 \text{ t/m}^3 \times 0,5 \text{ m} \\
 &= 0,425 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

- Kedalaman 1-2 m

$$\begin{aligned}
 H &= 1 \text{ m} \\
 z &= 1,5 \text{ m} \\
 \gamma &= 1,85 \text{ t/m}^3 \\
 \gamma' &= 0,85 \text{ t/m}^3 \\
 \sigma'_0 &= \gamma' \times z \\
 &= 0,85 \text{ t/m}^3 \times 1,5 \text{ m} \\
 &= 1,275 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan *overburden* untuk seluruh lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Tegangan Overburden ( $\sigma'_0$ ) Setiap Lapisan dengan Parameter Baru

Kedalaman (m)	z (m)	$\sigma'_0$ (t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	0,5	0,425
1 - 2	1,5	1,275
2 - 3	2,5	1,971752
3 - 4	3,5	2,515256

Tabel 5.27 Tegangan Overburden ( $\sigma'_0$ ) Setiap Lapisan dengan Parameter Baru (Lanjutan)

Kedalaman (m)	z (m)	$\sigma'_0$ (t/m <sup>2</sup> )
4 - 5	4,5	3,058759
5 - 6	5,5	3,602263
6 - 7	6,5	4,18105
7 - 8	7,5	4,79512
8 - 9	8,5	5,467609
9 - 10	9,5	6,198515

- Mencari nilai tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_c$ )  
Perhitungan tegangan pra konsolidasi untuk kedalaman 0-1 meter sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 H_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{air}} &= 1,0 \text{ t/m}^3 \\
 q_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ m} \times 1,0 \text{ t/m}^3 \\
 &= 2 \text{ t/m}^2 \\
 \sigma'_c &= q_{\text{fluktuasi}} + \sigma'_0 \\
 &= 2 \text{ t/m}^2 + 0,425 \text{ t/m}^2 \\
 &= 2,425 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) untuk seluruh lapisan dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28 Tegangan Pra Konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) Setiap Lapisan dengan Parameter Baru

Kedalaman (m)	z (m)	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )
0 - 1	0,5	2,425
1 - 2	1,5	3,275
2 - 3	2,5	3,971752
3 - 4	3,5	4,515256

Tabel 5.28 Tegangan Pra Konsolidasi ( $\sigma'_c$ ) Setiap Lapisan dengan Parameter Baru (Lanjutan)

Kedalaman (m)	z (m)	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )
5 - 6	5,5	5,602263
6 - 7	6,5	6,18105
7 - 8	7,5	6,79512
8 - 9	8,5	7,467609
9 - 10	9,5	8,198515

- Mencari nilai tegangan akibat *pavement* ( $\Delta\sigma'_{\text{pavement}}$ )

Perhitungan nilai tegangan akibat beban *pavement* untuk  $q = 0,845 \text{ t/m}^2$  pada kedalaman 2-3 m adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar jalan} &= 10,5 \text{ m} \\
 z &= 5,56 + 2,5 \\
 &= 8,06 \text{ m} \\
 x &= 10,5/2 \text{ m} \\
 &= 5,25 \text{ m} \\
 y &= \sim \\
 n &= x/z \\
 &= 5,25 \text{ m} / 8,06 \text{ m} \\
 &= 0,652 \\
 m &= y/z \\
 &= \sim
 \end{aligned}$$

Nilai faktor pengaruh beban I ditentukan dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 2.6. Dari grafik tersebut didapatkan:

$$\begin{aligned}
 I &= 0,246 \\
 q_0 &= 0,845 \text{ t/m}^2 \\
 \Delta\sigma' &= 4 \times q_0 \times I \\
 &= 4 \times 0,845 \text{ t/m}^2 \times 0,246 \\
 &= 0,831 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

- Perhitungan settlement akibat *pavement*

Lapisan tanah pada kedalaman 0-2 meter merupakan tanah pasir yang pemampatannya dihitung dengan *immediate settlement* dengan perhitungan seperti pada sub bab 5.1.1.

Dari perhitungan diperoleh pemampatan yang sangat kecil (mendekati 0) sehingga *immediate settlement* pada lapisan tanah pasir dapat dianggap = 0.

Lapisan tanah selanjutnya adalah tanah yang dominan lempung sehingga terjadi *consolidation settlement*. *Consolidation settlement* (Pemampatan Konsolidasi) dibedakan menjadi 2 yaitu *normal consolidated* (NC) *soil* dan *over consolidated* (OC) *soil*. Jika  $\sigma'_c/\sigma'_o \leq 1$  maka tanah terkonsolidasi secara normal (NC) dan sebaliknya, jika  $\sigma'_c/\sigma'_o > 1$  tanah terkonsolidasi lebih (OC).

Contoh perhitungan *settlement* akibat beban *pavement*  $q = 0,845 \text{ t/m}^2$  adalah sebagai berikut :

Kedalaman 2 - 3 m :

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

$$C_c = 0,52$$

$$C_s = 0,0743$$

$$e_0 = 2,12$$

$$\sigma'_o = 1,972 \text{ t/m}^2$$

$$q_{\text{fluktuasi}} = 2 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma'_c = 1,972 \text{ t/m}^2 + 2 \text{ t/m}^2$$

$$= 3,972 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta\sigma'_{\text{Timbunan}} = 0,845 \text{ t/m}^2$$

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o}$$

$$= \frac{3,972}{1,972}$$

$$= 2,014$$

$$= 2,014 > 1, \text{ Over Consolidated (OC)}$$

- *Settlement* akibat *pavement* :

*Settlement* akibat beban *pavement*,  $\sigma'_o + \Delta\sigma' \leq \sigma'_c$ , maka

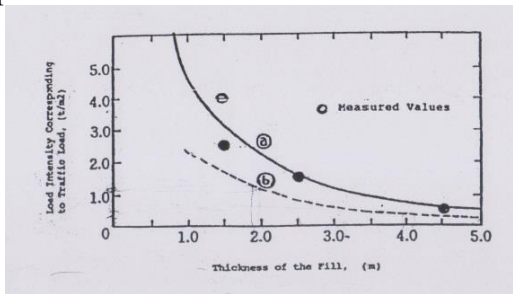
digunakan persamaan sebagai berikut.

$$Sc = \left( \frac{H}{1 + e_0} \times Cs \log \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \right)$$

$$Sc = \left( \frac{1}{1 + 2,12} \times 0,0743 \log \frac{2,803}{1,972} \right)$$

$$Sc = 0,00364 \text{ m}$$

Hasil pemampatan akibat beban *pavement* untuk masing-masing potongan dapat dilihat pada Lampiran 8. Selain beban *pavement*, pemampatan akibat beban *traffic* juga diperhitungkan. Perhitungan pemampatan akibat beban *traffic* menggunakan grafik dari *Japan Road Association* seperti yang terdapat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Grafik hubungan antara tebal timbunan dengan intensitas beban *traffic*

Perhitungan pemampatan akibat *traffic* adalah sebagai berikut:

- Beban *traffic* = 0,3 t/m<sup>2</sup> (Gambar 5.14)
- Mencari nilai tegangan *overburden*

Nilai tegangan *overburden* sama seperti pada perhitungan *settlement* akibat *pavement* yang dapat dilihat pada Tabel 5.26.

- Mencari nilai tegangan pra konsolidasi ( $\sigma'_c$ )  
 Nilai tegangan pra konsolidasi sama seperti pada perhitungan settlement akibat *pavement* yang dapat dilihat pada Tabel 5.28.

- Mencari nilai tegangan akibat *traffic* ( $\Delta\sigma'_{\text{traffic}}$ )

Perhitungan nilai tegangan akibat beban *traffic* untuk  $q = 0,3 \text{ t/m}^2$  adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Lebar jalan} &= 10,5 \text{ m} \\ z &= 5,56 + 2,5 + 0,35 \\ &= 8,41 \text{ m} \\ x &= 10,5/2 \text{ m} \\ &= 5,25 \text{ m} \\ y &= \sim \\ n &= x/z \\ &= 5,25 \text{ m} / 8,4 \text{ m} \\ &= 0,652 \\ m &= y/z \\ &= \sim \end{aligned}$$

Nilai faktor pengaruh beban I ditentukan dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 2.6. Dari grafik tersebut didapatkan:

$$\begin{aligned} I &= 0,242 \\ q_0 &= 0,3 \text{ t/m}^2 \\ \Delta\sigma' &= 4 \times q_0 \times I \\ &= 4 \times 0,3 \text{ t/m}^2 \times 0,242 \\ &= 0,2904 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

- Perhitungan settlement akibat *traffic*

Lapisan tanah pada kedalaman 0-2 meter merupakan tanah pasir yang pemampatannya dihitung dengan *immediate settlement* dengan perhitungan seperti pada sub bab 5.1.1.

Dari perhitungan tersebut diperoleh pemampatan yang sangat kecil (mendekati 0) sehingga *immediate settlement* pada lapisan tanah pasir dapat dinggap = 0.

Lapisan tanah selanjutnya adalah tanah yang dominan lempung sehingga terjadi *consolidation settlement*. *Consolidation settlement* (Pemampatan Konsolidasi) dibedakan menjadi 2 yaitu *normal consolidated* (NC) *soil* dan *over consolidated* (OC) *soil*. Jika  $\sigma'_c/\sigma'_o \leq 1$  maka tanah terkonsolidasi secara normal (NC) dan sebaliknya, jika  $\sigma'_c/\sigma'_o > 1$  tanah terkonsolidasi lebih (OC).

Contoh perhitungan *settlement* akibat beban *traffic*  $q = 0,3$  t/m<sup>2</sup> adalah sebagai berikut :

Kedalaman 2 - 3 m :

$$\begin{aligned} H_i &= 1 \text{ m} \\ C_c &= 0,52 \\ C_s &= 0,0743 \\ e_0 &= 2,12 \\ \sigma'_o &= 1,972 \text{ t/m}^2 \\ q_{\text{fluktuasi}} &= 2 \text{ t/m}^2 \\ \sigma'_c &= 1,972 \text{ t/m}^2 + 2 \text{ t/m}^2 \\ &= 3,972 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta\sigma'_{\text{Timbunan}} = 0,3 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{OCR} &= \frac{\sigma'_c}{\sigma'_o} \\ &= \frac{3,972}{1,972} \end{aligned}$$

$$= 2,014 > 1, \text{ Over Consolidated (OC)}$$

- *Settlement* akibat timbunan :

*Settlement* akibat beban timbunan,  $\sigma'_o + \Delta\sigma' \leq \sigma'_c$ , maka digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} S_c &= \left( \frac{H}{1 + e_0} \times C_s \log \frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'}{\sigma'_o} \right) \\ S_c &= \left( \frac{1}{1 + 2,12} \times 0,0743 \log \frac{2,262}{1,972} \right) \\ S_c &= 0,00142 \text{ m} \end{aligned}$$



Perhitungan pemampatan akibat beban *traffic* untuk kedalaman lain pada masing-masing potongan dapat dilihat pada Lampiran 8.

Total pemampatan akibat beban *pavement* dan beban *traffic* pada potongan C-C adalah sebagai berikut:

Sc *pavement* : 0,016 m  
 Sc *traffic* : 0,0061 m  
 Total Sc : 0,02215 m

Pemampatan akibat beban *pavement* dan beban *traffic* memiliki nilai yang sangat kecil, sehingga dapat diabaikan dan tidak mempengaruhi  $H_{initial}$  dan  $H_{final}$  serta tidak mengganggu kenyamanan jalan.

## 5.2.5 Perencanaan Perkuatan Oprit

### 5.2.5.1 Perencanaan Perkuatan pada Oprit Arah Memanjang dengan *Geotextile Wall*

Perencanaan geotextile sebagai perkuatan timbunan oprit arah memanjang menggunakan geotextile tipe GTW-250 dengan kuat Tarik sebesar 53 kN/m. Perhitungan perkuatan geotextile untuk arah memanjang adalah sebagai berikut:

#### ➤ **Kontrol Internal Stability**

##### 1. Perhitungan jarak pemasangan *Geotextile* (Sv)

- Menentukan nilai *T allowable*

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{id} + FS_{cr} + FS_{cd} + FS_{bd}}$$

$$T_{allow} = \frac{53}{1,1 + 2,0 + 1,0 + 1,0} = 24,091 \text{ kN/m}$$

- Menentukan nilai tegangan horizontal
  - $\phi = 30^\circ$
  - $Ka = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) = 0,333$
  - $H_{timb} = 5,56 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 - \sigma_{hs} &= \gamma_{\text{timb}} \times h \times K_a \\
 &= 1,85 \times 5,56 \times 0,33 = 3,429 \text{ t/m}^2 \\
 - \sigma_{hq} &= q \times K_a \\
 &= 2,14 \times 0,333 = 0,713 \text{ t/m}^2 \\
 - \sigma_h &= \sigma_{hs} + \sigma_{hq} \\
 &= 3,429 + 0,713 \\
 &= 4,142 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

- Menentukan jarak pemasangan *geotextile* ( $S_v$ )

$$S_v = \frac{T_{\text{allow}}}{SF \times \sigma_h} = \frac{2,4091}{1,5 \times 4,142} = 0,388 \text{ m}$$

$$S_v \text{ pakai} = 0,35 \text{ m}$$

Rekap perhitungan  $S_v$  untuk setiap kedalaman dapat dilihat pada Tabel 5.29 dan perhitungan nilai  $S_v$  selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 5.29 Hasil Perhitungan Nilai  $S_v$

Layer	z	$S_v$ (m)
1 (bawah)	5,56	0,35
2	5,21	0,35
3	4,86	0,35
4	4,51	0,35
5	4,16	0,35
6	3,81	0,35
7	3,46	0,35
8	3,11	0,35
9	2,76	0,35
10	2,41	0,7
11	1,71	0,7
12 (atas)	1,01	0,7

## 2. Perhitungan panjang *Geotextile*

Jarak pemasangan geotextile telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Selanjutnya dihitung panjang geotextile yang dibutuhkan. Contoh perhitungan untuk mencari panjang *geotextile* yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor:

$$\begin{aligned} Le &= \frac{Sv \times \sigma_h \times SF}{[c + \sigma_v(tg \delta)] + [c + \sigma_v(tg \delta)]} \\ &= \frac{0,35 \times 4,142 \times 1,5}{[0 + 10,286(tg 28,5)] + [0 + 10,286(tg 30,4)]} \\ &= 0,187 \text{ m} \end{aligned}$$

Le pakai = 1 m (minimum)

- Panjang *geotextile* didepan bidang longsor:

$$\begin{aligned} Lr &= H - Z \times \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\ &= 5,56 - 5,56 \times \tan\left(45 - \frac{30}{2}\right) = 0 \end{aligned}$$

- Panjang lipatan *geotextile*:

$$\begin{aligned} Lo &= 0,5 \times Le \\ &= 0,5 \times 1 = 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

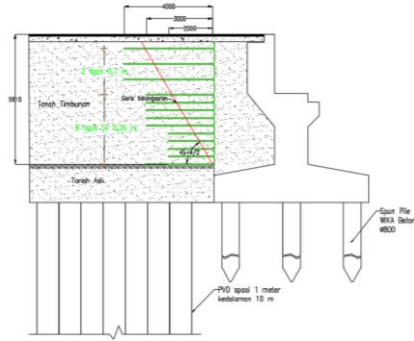
Lo pakai = 1 m (minimum)

- Panjang *geotextile* total:

$$\begin{aligned} L &= Le + Lr \\ &= 1 + 0 \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

Lpakai = 2 m

Hasil perhitungan Le, Lr dan Lo dapat dilihat pada Lampiran 9. Sketsa pemasangan *geotextile wall* dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Sketsa pemasangan *geotextile wall* memanjang

➤ **Kontrol *External Stability***

Kontrol external stability terdiri dari kontrol guling, kontrol geser dan kontrol daya dukung timbunan.

1. Kontrol terhadap Guling

$$K_a = 0,33$$

$$\delta = 95\% \times \phi$$

$$= 28,5^\circ$$

$$q = 2,14 \text{ t/m}^2$$

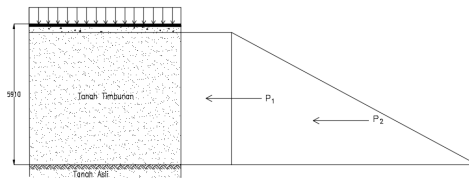
Perhitungan tegangan tanah timbunan dan gaya dorong tanah dapat dilihat pada Tabel 5.30 dan 5.31. Sketsa Tekanan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.16.

Tabel 5.30 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal

kedalaman	$\sigma V_{\text{tanah}}$	$\sigma V_{\text{beban}}$	$\sigma V$
0	0	2,14	2,14
5,56	10,286	2,14	12,43

Tabel 5.31 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah

	P	$P \cos \delta$	$P \sin \delta$
P1	3,966	3,4855	1,8925
P2	9,532	8,3766	4,5481

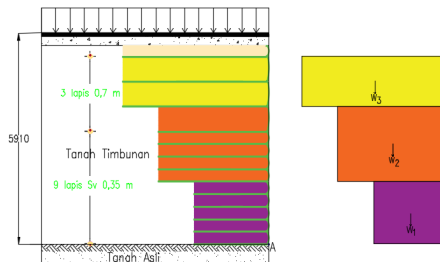


Gambar 5.16 Sketsa tekanan tanah

Selain tekanan tanah, berat tanah juga diperhitungkan. Hasil perhitungan berat tanah dapat dilihat pada Tabel 5.32 dan sketsa berat tanah dapat dilihat pada Gambar 5.17.

Tabel 5.32 Perhitungan Berat Tanah Timbunan

	H (m)	b	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	W (ton)
W1	1,75	2	1,85	6,475
W2	2,1	3	1,85	11,655
W3	1,4	4	1,85	10,36



Gambar 5.17 Sketsa berat tanah timbunan

Momen guling ditinjau didasar timbunan (titik A). Kontrol terhadap guling memperhitungkan momen pendorong dan momen penahan. Perhitungan momen pendorong terdapat pada Tabel 5.33 dan momen penahan terdapat pada Tabel 5.34 untuk momen akibat berat tanah dan Tabel 5.35 untuk momen akibat tekanan tanah.

### Momen pendorong ( $P \cos \delta \times Y$ )

Tabel 5.33 Momen Pendorong Akibat Tekanan Tanah

	$P \cos \delta$	Y (m)	$P \cos \delta \times Y$ (tonm)
P1	3,486	2,780	9,690
P2	8,377	1,853	15,525
			25,2144

### Momen Penahan ( $W + P \sin \delta \times Y$ )

Tabel 5.34 Momen Penahan Akibat Berat Tanah Timbunan

	W (ton)	x	W x (tonm)
W1	6,475	1	6,475
W2	11,655	1,5	17,4825
W3	10,36	2	20,72
			44,678

Tabel 5.35 Momen Penahan Akibat Tekanan Tanah

	$P \sin \delta$	x	$P \cos \delta \times x$ (tonm)
P1	1,892	1,070	2,025
P2	4,548	5,569	25,327
			27,327

Dari perhitungan momen pendorong dan momen penahan diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk kontrol guling dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Momen pendorong} &= 25,214 \text{ tm} \\
 \text{Momen penahan} &= 44,678 + 27,352 \\
 &= 72,029 \text{ tm} \\
 \text{Safety factor (SF)} &= \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{72,029}{25,214} = 2,9 > 1,5 \text{ (OK)}$$

## 2. Kontrol terhadap Geser

Kontrol terhadap geser memperhitungkan gaya pendorong dan gaya penahan. Perhitungan gaya pendorong terdapat pada Tabel 5.36 dan gaya penahan terdapat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.36 Gaya Pendorong

	P cos $\delta$ (ton)
P1	3,4855
P2	8,3766
	11,862

Tabel 5.37 Gaya Penahan

	W (ton)
W1	6,475
W2	11,655
W3	10,36
P1	1,8925
P2	4,548
	34,9306

Dari perhitungan gaya pendorong dan gaya penahan diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk kontrol geser dengan perhitungan sebagai berikut:

Gaya pendorong = 11,862 ton

Gaya penahan = 34,931 ton

$$\begin{aligned} \text{Safety factor (SF)} &= \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}} \\ &= \frac{34,931}{11,862} = 2,945 > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### 3. Kontrol daya dukung

Saat kontrol terhadap daya dukung, geotextile diasumsikan sebagai pondasi dangkal dengan kedalaman 0 m. Perhitungan daya dukung adalah sebagai berikut:

$$\Phi = 32^\circ$$

$$\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$N_c = 36,4$$

$$N_q = 24,36$$

$$N_\gamma = 27,3$$

$$B = 28,2 \text{ m}$$

$$q = 2,14 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} P_{ult} &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \\ &= 0 + 2,14 \times 24,36 + 0,5 \times 1,85 \times 28,2 \times 27,3 \\ &= 102,6354 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{act} &= q_{timb} + C_u + C_{utimb} \\ &= (1,85 \times 5,56) + 0 + 0 \\ &= 10,286 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Safety factor (SF)} &= \frac{P_{ult}}{P_{act}} \\ &= \frac{102,6354}{10,286} = 9,9782 > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

#### 5.2.5.2 Perencanaan Perkuatan pada Oprit Arah Melintang dengan *Geotextile Wall* dan *Freyssisol*

Dalam Tugas Akhir ini direncanakan 2 alternatif perkuatan arah melintang yaitu dengan *geotextile wall* dan *freyssisol* yang nantinya akan dipilih alternatif dengan biaya termurah yang ditinjau dari harga material.

##### a. Perencanaan Perkuatan pada Oprit Arah Melintang dengan *Geotextile Wall*

Perencanaan perkuatan untuk arah melintang juga menggunakan *geotextile wall* karena merupakan timbunan tegak. Geotextile yang digunakan adalah tipe GTW-250 dengan kuat Tarik sebesar 53 kN/m. Perhitungan dilakukan untuk 3 potongan



oprit (potongan B, potongan C, dan potongan D), namun untuk contoh perhitungan akan dilakukan untuk potongan dengan tinggi timbunan tertinggi (Potongan D).

➤ **Kontrol Internal Stability**

1. Perhitungan jarak pemasangan *Geotextile* (Sv)

- Menentukan nilai *Tallowable*

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{id} + FS_{cr} + FS_{cd} + FS_{bd}}$$

$$T_{allow} = \frac{53}{1,1 + 2,0 + 1,0 + 1,0} = 24,091 \text{ kN/m}$$

- Menentukan nilai tegangan horizontal

- $\phi = 30^\circ$
- $Ka = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) = 0,333$
- $H_{timb} = 5,56 \text{ m}$
- $\sigma_{hs} = \gamma_{timb} \times h \times Ka = 1,85 \times 5,56 \times 0,33 = 3,429 \text{ t/m}^2$
- $\sigma_{hq} = q \times Ka = 2,14 \times 0,333 = 0,713 \text{ t/m}^2$
- $\sigma_h = \sigma_{hs} + \sigma_{hq} = 3,429 + 0,713 = 4,142 \text{ t/m}^2$

- Menentukan jarak pemasangan *geotextile* (Sv)

$$Sv = \frac{T_{allow}}{SF \times \sigma_h} = \frac{2,4091}{1,5 \times 4,142} = 0,388 \text{ m}$$

$$Sv \text{ pakai} = 0,35 \text{ m}$$

Rekap perhitungan Sv untuk setiap kedalaman dapat dilihat pada Tabel 5.38 dan perhitungan nilai Sv selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 5.38 Hasil Perhitungan Nilai Sv

Layer	z	Sv(m)
1 (bawah)	5,56	0,35
2	5,21	0,35
3	4,86	0,35
4	4,51	0,35
5	4,16	0,35
6	3,81	0,35
7	3,46	0,35
8	3,11	0,35
9	2,76	0,35
10	2,41	0,7
11	1,71	0,7
12 (atas)	1,01	0,7

## 2. Perhitungan panjang *Geotextile*

Jarak pemasangan geotextile telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya. Selanjutnya dihitung panjang geotextile yang dibutuhkan. Contoh perhitungan untuk mencari panjang *geotextile* yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

- Panjang *geotextile* dibelakang bidang longsor:

$$\begin{aligned}
 Le &= \frac{Sv \times \sigma_h \times SF}{[c + \sigma_v(tg \delta)] + [c + \sigma_v(tg \delta)]} \\
 &= \frac{0,35 \times 4,142 \times 1,5}{[0 + 10,286(tg 28,5)] + [0 + 10,286(tg 30,4)]} \\
 &= 0,187 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Le pakai = 1 m (minimum)

- Panjang *geotextile* didepan bidang longsor:

$$\begin{aligned}
 Lr &= H - Z \times \tan\left(45 - \frac{\phi}{2}\right) \\
 &= 5,56 - 5,56 \times \tan\left(45 - \frac{30}{2}\right) = 0
 \end{aligned}$$

- Panjang lipatan *geotextile*:

$$\begin{aligned} L_o &= 0,5 \times L_e \\ &= 0,5 \times 1 = 0,5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_o \text{ pakai} = 1 \text{ m (minimum)}$$

- Panjang *geotextile* total:

$$\begin{aligned} L &= L_e + L_r \\ &= 1 + 0 \\ &= 1 \text{ m} \end{aligned}$$

$$L_{\text{pakai}} = 2 \text{ m}$$

Hasil perhitungan  $L_e$ ,  $L_r$  dan  $L_o$  dapat dilihat pada Lampiran 9. Sketsa pemasangan *geotextile wall* dapat dilihat pada Gambar 5.18.

### ➤ Kontrol *External Stability*

Kontrol external stability terdiri dari kontrol guling, kontrol geser dan kontrol daya dukung timbunan.

#### 1. Kontrol terhadap Guling

$$K_a = 0,33$$

$$\begin{aligned} \delta &= 95\% \times \phi \\ &= 28,5^\circ \end{aligned}$$

$$q = 2,14 \text{ t/m}^2$$

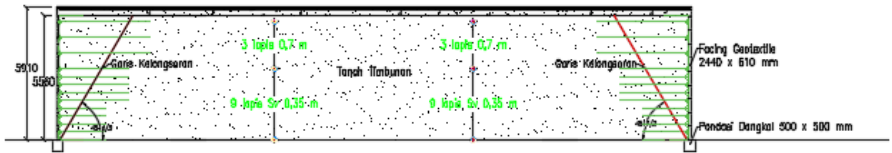
Perhitungan tegangan tanah timbunan dan gaya dorong tanah dapat dilihat pada Tabel 5.39 dan 5.40. Sketsa Tekanan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.19.

Tabel 5.39 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal

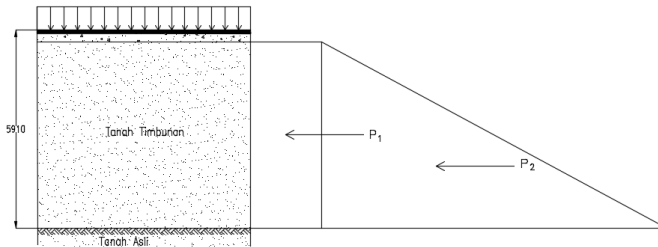
kedalaman	$\sigma_{V\text{tanah}}$	$\sigma_{V\text{beban}}$	$\sigma_V$
0	0	2,14	2,14
5,56	10,286	2,14	12,43

Tabel 5.40 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah

	P	$P \cos \delta$	$P \sin \delta$
P1	3,966	3,4855	1,8925
P2	9,532	8,3766	4,548



Gambar 5.18 Sketsa pemasangan *geotextile wall* melintang

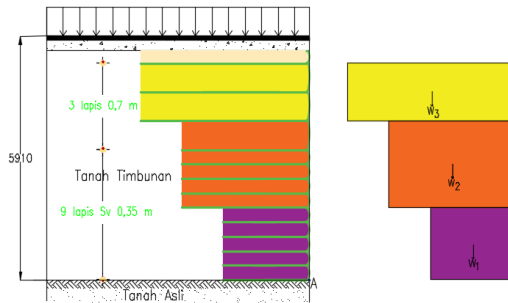


Gambar 5.19 Sketsa tekanan tanah

Selain tekanan tanah, berat tanah juga diperhitungkan. Hasil perhitungan berat tanah dapat dilihat pada Tabel 5.41 dan sketsa berat tanah dapat dilihat pada Gambar 5.20.

Tabel 5.41 Perhitungan Berat Tanah Timbunan

	H (m)	b	γ (t/m <sup>3</sup> )	W (ton)
W1	1,75	2	1,85	6,475
W2	2,1	3	1,85	11,655
W3	1,4	4	1,85	10,36



Gambar 5.20 Sketsa berat tanah timbunan

Momen guling ditinjau didasar timbunan (titik A). Kontrol terhadap guling memperhitungkan momen pendorong dan momen penahan. Perhitungan momen pendorong terdapat pada Tabel 5.42 dan momen penahan terdapat pada Tabel 5.43 untuk momen akibat berat tanah dan Tabel 5.44 untuk momen akibat tekanan tanah.

### Momen pendorong ( $P \cos \delta \times Y$ )

Tabel 5.42 Momen Pendorong Akibat Tekanan Tanah

	$P \cos \delta$	Y (m)	$P \cos \delta \times Y$ (tonm)
P1	3,486	2,780	9,690
P2	8,377	1,853	15,525
			25,2144

### Momen Penahan ( $W + P \sin \delta \times Y$ )

Tabel 5.43 Momen Penahan Akibat Berat Tanah Timbunan

	W (ton)	x	W x (tonm)
W1	6,475	1	6,475
W2	11,655	1,5	17,4825
W3	10,36	2	20,72
			44,678

Tabel 5.44 Momen Penahan Akibat Tekanan Tanah

	$P \sin \delta$	x	$P \cos \delta \times x$ (tonm)
P1	1,892	1,070	2,025
P2	0,924	5,569	25,327
			27,352

Dari perhitungan momen pendorong dan momen penahan diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk kontrol guling dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Momen pendorong} = 25,2144 \text{tm}$$

$$\text{Momen penahan} = 44,678 + 27,352$$

$$= 72,029 \text{ tm}$$

$$\text{Safety factor (SF)} = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$= \frac{72,029}{25,2144} = 2,9 > 1,5 \text{ (OK)}$$

## 2. Kontrol terhadap Geser

Kontrol terhadap geser memperhitungkan gaya pendorong dan gaya penahan. Perhitungan gaya penahan terdapat pada Tabel 5.45 dan gaya pendorong terdapat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.45 Gaya Penahan

	W (ton)
W1	6,475
W2	11,655
W3	10,36
P1	1,8925
P2	4,5481
	34,931

Tabel 5.46 Gaya Pendorong

	P $\cos\delta$ (ton)
P1	3,4855
P2	8,3766
	11,862

Dari perhitungan gaya pendorong dan gaya penahan diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk kontrol geser dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Gaya pendorong} = 11,862 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya penahan} = 34,931 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Safety factor (SF)} &= \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}} \\ &= \frac{34,931}{11,862} = 2,945 > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### 3. Kontrol daya dukung

Saat kontrol terhadap daya dukung, geotextile diasumsikan sebagai pondasi dangkal dengan kedalaman 0 m. Perhitungan daya dukung adalah sebagai berikut:

$$\Phi = 32^\circ$$

$$\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$N_c = 36,4$$

$$N_q = 24,36$$

$$N_\gamma = 27,3$$

$$B = 28,2 \text{ m}$$

$$q = 2,14 \text{ ton/m}^2$$

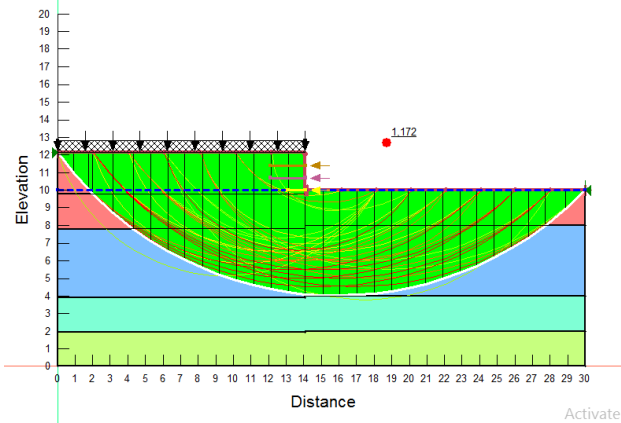
$$\begin{aligned} P_{ult} &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma \\ &= 0 + 2,14 \times 24,36 + 0,5 \times 1,85 \times 28,2 \times 27,3 \\ &= 102,6354 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{act} &= q_{timb} + C_u + C_{utimb} \\ &= (1,85 \times 5,56) + 0 + 0 \\ &= 10,286 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

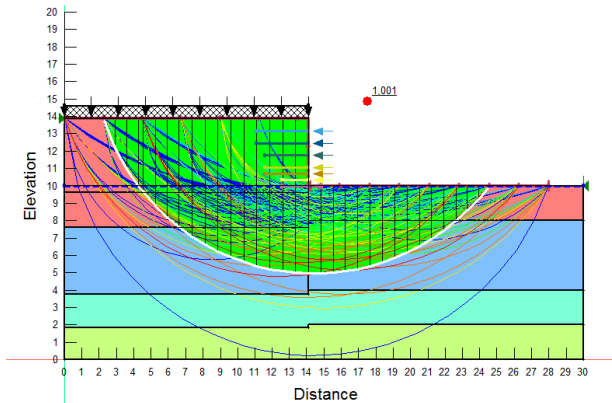
$$\text{Safety factor (SF)} = \frac{P_{ult}}{P_{act}} = \frac{102,6354}{10,286} = 9,978 > 1,5 \text{ (OK)}$$

➤ **Kontrol Overall Stability**

Cek *overall stability* hasil perhitungan perlu dilakukan untuk memastikan timbunan dengan perkuatan aman dan tidak terjadi kelongsoran. Pengecekan dilakukan dengan aplikasi *Geoslope* 2019 untuk masing-masing potongan dengan input sesuai dengan hasil perhitungan. Hasil pengecekan dapat dilihat pada Gambar 5.21, 5.22, dan 5.23.

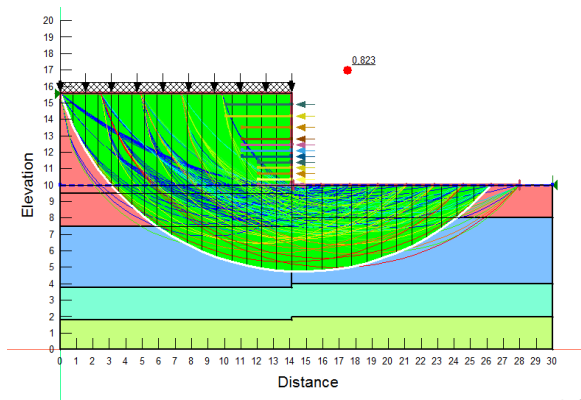


Gambar 5.21 Hasil *critical surface* potongan B dengan *Geoslope* 2019



Gambar 5.22 Hasil *critical surface* potongan C dengan *Geoslope* 2019





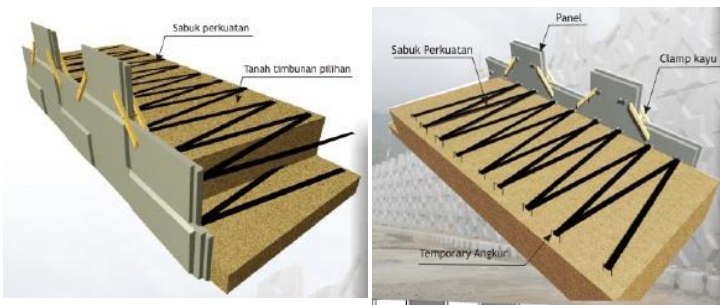
Gambar 5.23 Hasil *critical surface* potongan D dengan *Geoslope* 2019

Dari hasil pengecekan potongan B (Gambar 5.21) didapatkan *safety factor* paling kritis sebesar  $1,172 > 1,5$ , sehingga potongan B tidak aman terhadap *overall stability*. Potongan C (Gambar 5.22) didapatkan *safety factor* paling kritis untuk *overall stability* sebesar  $1,001 < 1,5$ , Potongan D dengan (Gambar 5.23) didapatkan *safety factor* paling kritis untuk *overall stability* sebesar  $0,823 < 1,5$ . Sehingga perlu ditambahkan *micropile* agar aman. Perhitungan kebutuhan *micropile* akan dihitung pada sub bab selanjutnya.

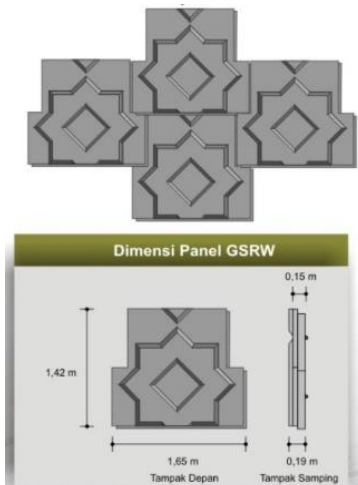
#### **b. Perencanaan Perkuatan pada Oprit Arah Melintang dengan Dinding *Freyssisol***

Alternatif berikutnya yang digunakan untuk perkuatan timbunan tegak adalah dengan menggunakan *freyssisol*. Perkuatan dengan *freyssisol* ini memperhitungkan gaya tanah yang mendorong panel dinding *precast* sebagai facing dan gaya tarik dari sabuk perkuatan. Dinding *precast* dan sabuk perkuatan merupakan satu kesatuan yang saling terikat yang disebut dengan *freyssisol*. Dalam Tugas Akhir ini digunakan *freyssisol* dari *geoforce* Indonesia yang dikenal dengan GSRW dengan kekuatan tarik 100 kN.

Ilustrasi penggunaan sistem *freyssisol* pada oprit dapat dilihat pada Gambar 5.24. Satu panel dinding precast memiliki 4 strap seperti yang terlihat pada Gambar 5.25. Masing-masing strap menahan gaya dengan luasan seperempat dari dinding tersebut (0,7 x 0,8 meter). Tinggi dan lebar 1 panel dinding *precast* adalah 2,440 x 0,610 meter)



Gambar 5.24 Ilustrasi penggunaan *freyssisol* pada timbunan



Gambar 5.25 Panel dinding *precast*

➤ **Perhitungan Kebutuhan Sabuk Perkuatan**

Dalam Tugas Akhir ini dihitung kebutuhan *freyssisol* untuk potongan B, C, dan D. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan sabuk perkuatan yang menarik dinding *precast* untuk potongan D:

- Menentukan nilai *Tallowable*

$$T_{allow} = \frac{T}{FS_{id} + FS_{cr} + FS_{cd} + FS_{bd}}$$

$$T_{allow} = \frac{45,454 \text{ kN}}{1,1 + 2,0 + 1,0 + 1,0} = 45,454 \text{ kN}$$

Namun pada brosur, untuk satu titik ditahan oleh 2 geotrap maka *Tallow* pada satu titik adalah 90,908 kN

- Menentukan nilai tegangan horizontal

- $\phi = 30^\circ$
- $Ka = \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) = 0,333$
- $H_{timb} = 5,56 \text{ m}$
- $\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$
- $q = 2,14 \text{ ton/m}^2$
- $z = 5,21 \text{ m}$
- $\sigma_{vtotal} = \gamma \times z + q = (1,85 \times 5,21) + 2,14 = 11,78 \text{ t/m}^2$
- $\sigma_h = \sigma_v \times Ka = 11,78 \times 0,333 = 3,93 \text{ t/m}^2$

- Menentukan gaya tarik sabuk perkuatan

Contoh perhitungan gaya tarik sabuk perkuatan untuk kedalaman 5,2 m adalah sebagai berikut:

$$T_i = \sigma_h \times \frac{h_i + h_{i+1}}{2} \times s$$

$$= 3,93 \times \frac{0,7+0,7}{2} \times 0,825 = 1,134 \text{ ton}$$

- Menentukan panjang sabuk perkuatan
  - Panjang sabuk perkuatan dibelakang bidang longsor

$$Le = \frac{SF \times Ti}{2b \times 2 \times (c + \sigma_v \tan \delta)}$$

$$= \frac{1,5 \times 1,132}{2 \times 0,1 \times 2 \times (0 + 9,64 \tan 28,5)} = 0,812 \text{ m}$$

- Panjang sabuk perkuatan pada bidang longsor  
Panjang sabuk perkuatan pada bidang longsor didapatkan dengan bantuan autocad. Untuk  $z = 5,21 \text{ m}$ , diperoleh panjang sabuk perkuatan pada bidang longsor  $L_r = 0,205 \text{ m}$ .

- Panjang sabuk perkuatan  
Panjang sabuk perkuatan terdiri dari panjang pada bidang longsor dan panjang dibelakang bidang longsor.

$$L = Le + L_r$$

$$= 0,812 + 0,205 = 1,017 \text{ m}$$

$$L_{pakai} = 2 \text{ m}$$

- Menentukan jumlah sabuk perkuatan yang dibutuhkan

$$n = \frac{T_i}{T_{allow}}$$

$$= \frac{1,132}{9,09} = 0,12$$

$$n_{pakai} = 1$$

Hasil perhitungan kebutuhan sabuk perkuatan untuk masing-masing potongan ditampilkan pada Lampiran 11.

### ➤ **Kontrol kekuatan freyssisol**

1. Kontrol terhadap Guling

$$K_a = 0,33$$

$$\delta = 95\% \times \phi$$

$$= 28,5^\circ$$

$$q = 2,14 \text{ t/m}^2$$

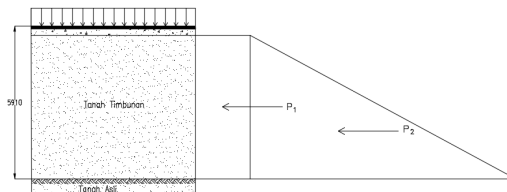
Perhitungan tegangan tanah timbunan dan gaya dorong tanah dapat dilihat pada Tabel 5.47 dan 5.48. Sketsa Tekanan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.26.

Tabel 5.47 Hasil Perhitungan Tegangan Tanah Vertikal

kedalaman	$\sigma V_{\text{tanah}}$	$\sigma V_{\text{beban}}$	$\sigma V$
0	0	2,14	2,14
5,56	10,286	2,14	12,426

Tabel 5.48 Hasil Perhitungan Tekanan Tanah

	P	$P \cos \delta$	$P \sin \delta$
P1	3,96613	3,485505844	1,892475264
P2	9,531693	8,376615214	4,548130974

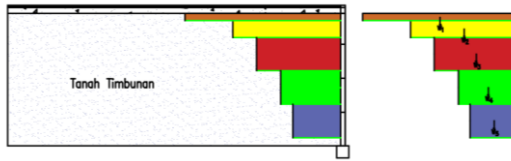


Gambar 5.26 Sketsa tekanan tanah

Selain tekanan tanah, berat tanah juga diperhitungkan. Hasil perhitungan berat tanah dapat dilihat pada Tabel 5.49 dan sketsa berat tanah dapat dilihat pada Gambar 5.27.

Tabel 5.49 Perhitungan Berat Tanah Timbunan

	H (m)	B (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	W (ton)
W1	0,31	7	1,85	4,0145
W2	0,7	5	1,85	6,475
W3	1,4	4	1,85	10,36
W4	1,4	3	1,85	7,77
W5	1,4	2,5	1,85	6,475



Gambar 5.27 Sketsa berat tanah timbunan

Momen guling ditinjau di dasar timbunan (titik A). Kontrol terhadap guling memperhitungkan momen pendorong dan momen penahan. Perhitungan momen pendorong terdapat pada Tabel 5.50 dan momen penahan terdapat pada Tabel 5.51 untuk momen akibat berat tanah dan Tabel 5.52 untuk momen akibat tekanan tanah.

### Momen pendorong ( $P \cos \delta \times Y$ )

Tabel 5.50 Momen Pendorong Akibat Tekanan Tanah

	P cos $\delta$ (ton)	y (m)	P cos $\delta$ y (tonm)
P1	3,4855	2,78	9,6897
P2	8,3766	1,8533	15,5247
			25,214

### Momen Penahan ( $W + P \sin \delta \times Y$ )

Tabel 5.51 Momen Penahan Akibat Berat Tanah Timbunan

	W (ton)	x (m)	Wx (tonm)
W1	4,015	3,5	14,051
W2	6,475	2,5	16,188
W3	10,360	2	20,720
W4	7,770	1,5	11,655
W5	6,475	1,25	8,094
			70,707

Tabel 5.52 Momen Penahan Akibat Tekanan Tanah

	$P \sin \delta$	x	$P \sin \delta x$
P1	1,892	1,07	2,025
P2	4,548	5,57	25,327
			27,352

Dari perhitungan momen pendorong dan momen penahan diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk kontrol guling dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Momen pendorong} = 25,214 \text{ tm}$$

$$\text{Momen penahan} = 70,707 + 27,352$$

$$= 91,584 \text{ tm}$$

$$\text{Safety factor (SF)} = \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}}$$

$$= \frac{98,059}{25,214} = 3,89 > 1,5 \text{ (OK)}$$

## 2. Kontrol terhadap Geser

Kontrol terhadap geser memperhitungkan gaya pendorong dan gaya penahan. Perhitungan gaya penahan terdapat pada Tabel 5.53 dan gaya pendorong terdapat pada Tabel 5.54.

Tabel 5.53 Gaya Penahan

	W (ton)
W1	4,0145
W2	6,475
W3	10,36
W4	7,77
W5	6,475
P1	1,892475264
P2	4,548130974
	41,53511

Tabel 5.54 Gaya Pendorong

	P cos $\delta$ (ton)
P1	3,486
P2	8,377
	11,862

Dari perhitungan gaya pendorong dan gaya penahan diperoleh nilai *safety factor* (SF) untuk kontrol geser dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Gaya pendorong} = 11,862 \text{ ton}$$

$$\text{Gaya penahan} = 41,535 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Safety factor (SF)} &= \frac{\text{Momen Penahan}}{\text{Momen Pendorong}} \\ &= \frac{41,535}{11,862} = 3,5 > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

### 3. Kontrol daya dukung

Saat kontrol terhadap daya dukung, geotextile diasumsikan sebagai pondasi dangkal dengan kedalaman 0 m. Perhitungan daya dukung adalah sebagai berikut:

$$\Phi = 32^\circ$$

$$\gamma = 1,85 \text{ t/m}^3$$

$$N_c = 36,4$$

$$N_q = 24,36$$

$$N_\gamma = 27,3$$

$$B = 28,2 \text{ m}$$

$$q = 2,14 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Pult} = c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \gamma B N_\gamma$$

$$= 0 + 2,14 \times 24,36 + 0,5 \times 1,85 \times 0,19 \times 27,3$$

$$= 56,928 \text{ ton/m}^2$$

$$\text{Pact} = q_{\text{timb}} + C_u + C_{\text{utimb}}$$

$$= (1,85 \times 5,56) + 0 + 0$$

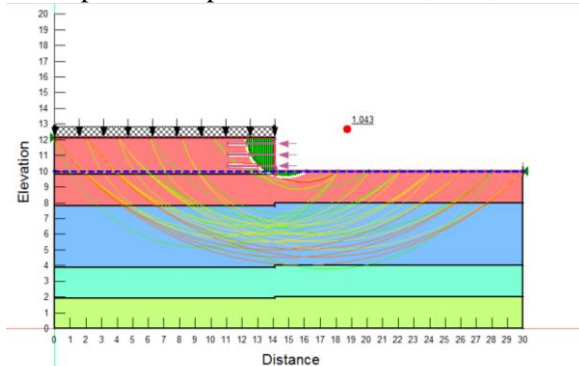
$$= 10,286 \text{ ton/m}^2$$



$$\begin{aligned} \text{Safety factor (SF)} &= \frac{P_{ult}}{P_{act}} \\ &= \frac{56,928}{10,286} = 5,535 > 1,5 \text{ (OK)} \end{aligned}$$

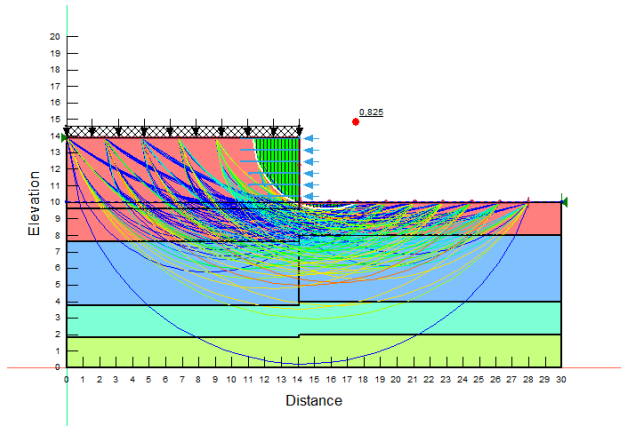
➤ **Kontrol Overall Stability**

Cek *overall stability* dengan perkuatan sesuai dengan hasil perhitungan perlu dilakukan untuk memastikan timbunan dengan perkuatan aman dan tidak terjadi kelongsoran. Pengecekan dilakukan dengan aplikasi *Geoslope* 2019 untuk masing-masing potongan dengan input sesuai dengan hasil perhitungan. Hasil pengecekan dapat dilihat pada Gambar 5.28, 5.29, dan 5.30.

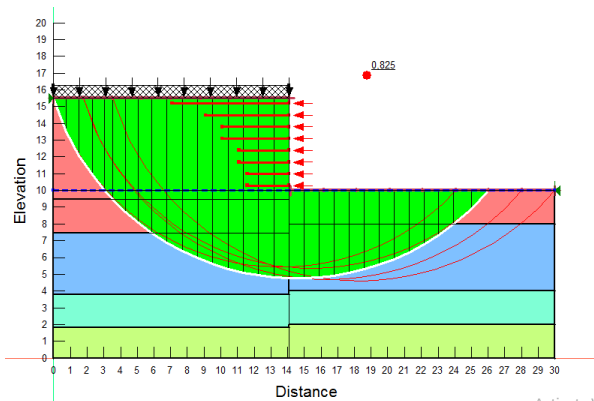


Gambar 5.28 Hasil *critical surface* perkuatan *freyssisol* potongan B dengan *Geoslope* 2019

Dari hasil pengecekan potongan B (Gambar 5.28) didapatkan *safety factor* paling kritis sebesar 1,043 > 1,5, sehingga tidak aman terhadap *overall stability*. Dari hasil pengecekan potongan C dengan *geoslope* 2019 (Gambar 5.29) didapatkan *safety factor* paling kritis untuk *overall stability* sebesar 1,086 < 1,5, sehingga pada potongan C perlu ditambahkan *micropile* agar aman.



Gambar 5.29 Hasil *critical surface* perkuatan *freyssisol* potongan C dengan *Geoslope* 2019



Gambar 5.30 Hasil *critical surface* perkuatan *freyssisol* potongan D dengan *Geoslope* 2019

Dari hasil pengecekan potongan D dengan *geoslope* 2019 (Gambar 5.30) didapatkan *safety factor* paling kritis untuk *overall stability* sebesar  $0,825 < 1,5$ , sehingga pada potongan D perlu ditambahkan *micropile* agar aman. Perhitungan kebutuhan *micropile* akan dihitung pada sub bab selanjutnya.

### c. Perencanaan Perkuatan tambahan pada Oprit Arah Melintang

Perkuatan tambahan dibutuhkan untuk memperkuat timbunan setelah dilakukan pengecekan dengan *geoslope* 2019 seperti pada sub bab sebelumnya. Perkuatan tambahan yang dibutuhkan adalah *micropile*, contoh perhitungan perkuatan *micropile* untuk potongan D dengan perkuatan *geotextile* adalah sebaagai berikut:

- Spesifikasi *Micropile*

Dalam Tugas Akhir ini, digunakan micropile dari WIKA Beton dengan ukuran 250 x 250 mm class C dengan spesifikasi sebagai berikut:

- I = 32552 cm<sup>4</sup>
- $f_c'$  = 42 Mpa
- E = 304595 kg/cm<sup>2</sup>
- Mu = 5,19 tonm
- = 519 toncm

Spesifikasi lebih lengkap untuk *micropile* dapat dilihat pada Lampiran 2.

- Kekuatan *Micropile*

Perhitungan kekuatan *micropile* dilakukan dengan menggunakan perhitungan NAVFACS DM-7, 1971 sebagai berikut:

- Faktor modulus tanah (f)
  - Dr = 35%
  - qu = 10 t/ft<sup>3</sup>
  - f = 0,32 kg/cm<sup>3</sup>
 (Grafik NAVFAC, DM-7, 1971)

- Faktor kekuatan relatif (T)

$$T = \sqrt[5]{\frac{EI}{f}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt[5]{\frac{304595 \times 32552}{0,32}} \\
 &= 125,381 \text{ cm} \\
 &= 1,254 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Koefisien momen akibat gaya lateral (dari grafik NAVFAC, DM-7,1971)

$$\begin{aligned}
 L/T &= 8/1,254 \\
 &= 6,38
 \end{aligned}$$

$$Z = 0 \text{ meter}$$

$$F_m = 0,88$$

- Gaya horizontal yang mampu dipikul 1 buah mikropile

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{Mu}{\frac{F_m \cdot T}{519}} \\
 &= \frac{0,88 \times 1,254}{4,7} \\
 &= 4,7 \text{ ton} \\
 &= 47,0386 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

- Kebutuhan *Micropile*

$$H_{\text{inisial}} = 5,56 \text{ meter}$$

$$SF_{\text{min}} = 0,823$$

$$R_{(\text{jari-jari})} = 15,371 \text{ m}$$

$$M_R = 8806,5 \text{ kNm}$$

$$SF_{\text{rencana}} = 1,5$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen dorong } (M_D) &= \frac{M_R}{SF_{\text{min}}} \\
 &= \frac{8806,5}{0,823} = 10700,5 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Momen penahan tambahan:

$$\begin{aligned}
 \Delta M_R &= (SF_{\text{ren}} - SF_{\text{min}}) \times M_D \\
 &= (1,5 - 0,823) \times 10700,5 = 7244,23 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

Tambahan gaya yang harus dipikul oleh cerucuk (Pt):

$$Pt = \Delta M_R / R$$

$$= 7244,23 / 15,371 = 471,292 \text{ kN}$$

$$n = Pt/P$$

$$= 471,292 / 47,0386 = 10,02 = 11 \text{ buah}$$

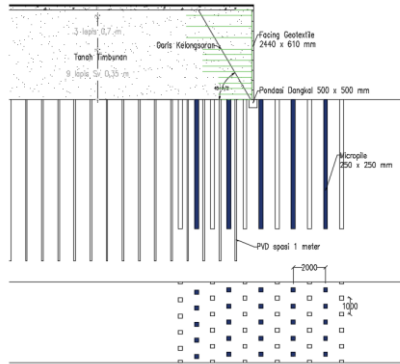
Dibutuhkan *micropile* sebanyak 11 buah untuk potongan D dengan kekuatan *geotextile*. Hasil perhitungan tersebut kemudian diinputkan pada aplikasi *geoslope* 2019 untuk mengetahui *safety factor* setelah ditambahkan *micropile*. Hasil rekap perhitungan kebutuhan *micropile* dan nilai *safety factor* ditampilkan pada Tabel 5.55 untuk kekuatan dengan *geotextile* dan Tabel 5.56 untuk kekuatan dengan *freyssisol*. Sedangkan contoh ilustrasi gambar kekuatan untuk potongan D dapat dilihat pada Gambar 5.31 untuk kekuatan dengan *geotextile* dan *micropile* dan 5.32 untuk kekuatan dengan *freyssisol* dan *micropile*.

Tabel 5.55 Rekap Perhitungan Kebutuhan *Micropile* dengan Kekuatan *Geotextile*

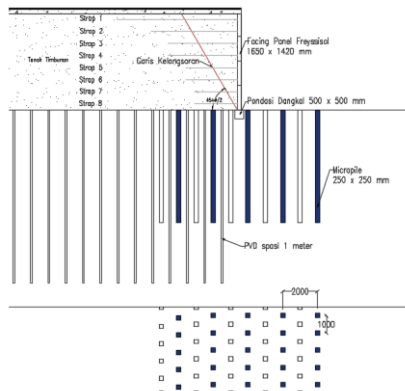
Potongan	Jumlah	Kedalaman (m)	<i>Safety factor</i>
Potongan A	Tanpa Kekuatan		
Potongan B	3	6	1,601
Potongan C	5	8	2,348
Potongan D	11	8	1,868

Tabel 5.56 Rekap Perhitungan Kebutuhan *Micropile* dengan Kekuatan *Freyssisol*

Potongan	Jumlah	Kedalaman (m)	<i>Safety factor</i>
Potongan A	Tanpa Kekuatan		
Potongan B	1	6	1,601
Potongan C	2	8	2,348
Potongan D	10	8	2,188



Gambar 5.31 Ilustrasi pemasangan perkuatan dengan *geotextile* dan *micropile*



Gambar 5.32 Ilustrasi pemasangan perkuatan dengan *freyssisol* dan *micropile*

#### d. Perencanaan Pondasi Dangkal

- **Perencanaan Pondasi Dangkal pada Perkuatan *Geotextile Wall***

Dalam perencanaan *geotextile wall*, lapisan luar oprit timbunan akan ditutupi oleh dinding panel beton segmental. Dinding hanya berfungsi sebagai *facing* tidak sebagai struktur

utama perkuatan dikarenakan perkuatannya sendiri ada pada material *geotextile* yang telah terpasang. Dinding ini akan berdiri di atas *sloof* yang bertujuan sebagai pondasi dangkal. Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Panjang	= 2440 mm
Lebar	= 610 mm
Tebal	= 100 mm
Berat	= 70 kg/ m <sup>2</sup>
Φ	= 32°
N <sub>c</sub>	= 36,4
N <sub>γ</sub>	= 27,3
N <sub>q</sub>	= 24,36
C	= 0
γ	= 18,5 kN/ m <sup>2</sup>

Lebar dan kedalaman pondasi yang direncanakan adalah 0,5 m dan 0,5 m. Perhitungan perencanaan pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{dinding}} &= 70 \text{ kg/ m}^2 \times A_{\text{dinding pada oprit timbunan}} \\
 &= 70 \text{ kg/ m}^2 \times 663,75 \text{ m}^2 \\
 &= 46462,5 \text{ kg} \\
 &= 46,4625 \text{ ton} \\
 Q_{\text{actual}} &= 46,4625 \text{ ton/ (0,5 m x 225 m)} \\
 &= 0,413 \text{ ton/ m}^2 \\
 Q_{\text{ultimate}} &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma_t \cdot B \cdot N_\gamma \\
 &= (0) + (2,14 \times 24,36) + (0,5 \times 18,5 \times 0,5 \times 27,3) \\
 &= 64,76 \text{ ton/ m}^2 \\
 Q_{\text{ijin}} &= Q_{\text{ultimate}}/3 \\
 &= 64,76/3 \\
 &= 21,59 \text{ ton/ m}^2 \\
 Q_{\text{actual}} &< Q_{\text{ultimate}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$

- **Perencanaan Pondasi Dangkal pada Perkuatan Freyssisol**

*Freyssisol* merupakan kesatuan antara sabuk perkuatan dan panel dinding beton segmental. Dalam perencanaan *freyssisol*, lapisan luar oprit timbunan akan ditutupi oleh dinding panel beton segmental. Dinding hanya berfungsi sebagai *facing* tidak sebagai struktur utama perkuatan dikarenakan perkuatannya sendiri ada pada material *geotextile* yang telah terpasang. Dinding ini akan berdiri di atas *sloof* yang bertujuan sebagai pondasi dangkal. Data perencanaan adalah sebagai berikut:

Panjang	= 1650 mm
Lebar	= 1420 mm
Tebal	= 190 mm
$\Phi$	= 32°
Nc	= 36,4
Ny	= 27,3
Nq	= 24,36
C	= 0
$\gamma$	= 18,5 kN/m <sup>2</sup>

Lebar dan kedalaman pondasi yang direncanakan adalah 0,5 m dan 0,5 m. Perhitungan perencanaan pondasi dangkal adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{dinding}} &= 0,19 \times 2,5 \times A_{\text{dinding pada oprit timbunan}} \\
 &= 0,475 \text{ ton/m}^2 \times 663,75 \text{ m}^2 \\
 &= 315,283 \text{ ton} \\
 Q_{\text{actual}} &= 315,283 \text{ ton} / (0,5 \text{ m} \times 225 \text{ m}) \\
 &= 2,8025 \text{ ton/m}^2 \\
 Q_{\text{ultimate}} &= c \cdot N_c + q \cdot N_q + 0,5 \cdot \gamma_t \cdot B \cdot N_y \\
 &= (0) + (2,14 \times 24,36) + (0,5 \times 18,5 \times 0,5 \times 27,3) \\
 &= 64,76 \text{ ton/m}^2 \\
 Q_{\text{ijin}} &= Q_{\text{ultimate}}/3 \\
 &= 64,76/3 \\
 &= 21,59 \text{ ton/m}^2 \\
 Q_{\text{actual}} &< Q_{\text{ultimate}} \text{ (OK)}
 \end{aligned}$$



### 5.2.5.3 Perhitungan Kebutuhan Material

Perhitungan kebutuhan material dibutuhkan untuk menghitung biaya masing-masing alternatif perkuatan. Perhitungan kebutuhan material untuk masing-masing perkuatan adalah sebagai berikut:

a. Perkuatan oprit memanjang dengan *geotextile wall*

Dari perhitungan sub bab sebelumnya diperoleh jumlah lapis dan panjang kebutuhan *geotextile* untuk setiap lapisnya. Selanjutnya akan dihitung kebutuhan total *geotextile* yang dipasang memanjang. Perhitungan total kebutuhan *geotextile* tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.57.

Tabel 5.57 Total Kebutuhan *Geotextile* Memanjang

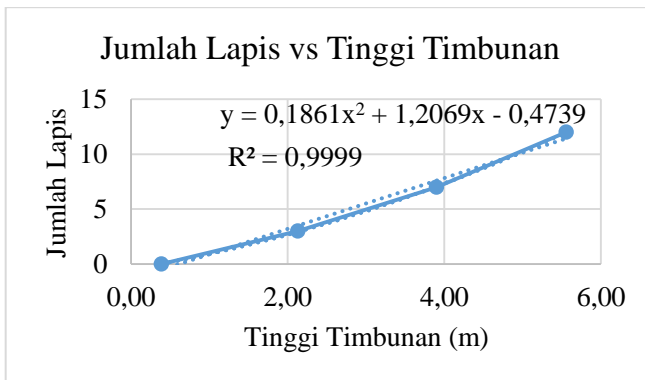
	L pakai (m)	L <sub>0</sub> pakai (m)	Spasi (m)	Total Panjang (m)
Lapis 1	2	1	0,35	3,35
Lapis 2	2	1	0,35	3,35
Lapis 3	2	1	0,35	3,35
Lapis 4	2	1	0,35	3,35
Lapis 5	2	1	0,35	3,35
Lapis 6	3	1	0,35	4,35
Lapis 7	3	1	0,35	4,35
Lapis 8	3	1	0,35	4,35
Lapis 9	3	1	0,35	4,35
Lapis 10	3	1	0,7	4,7
Lapis 11	4	1	0,7	5,7
Lapis 12	4	1	0,7	5,7
			<b>Total/m</b>	<b>50,25</b>
			<b>Lebar (m)</b>	<b>28,2</b>
			<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>2834,1</b>

b. Perkuatan oprit melintang dengan *geotextile wall*

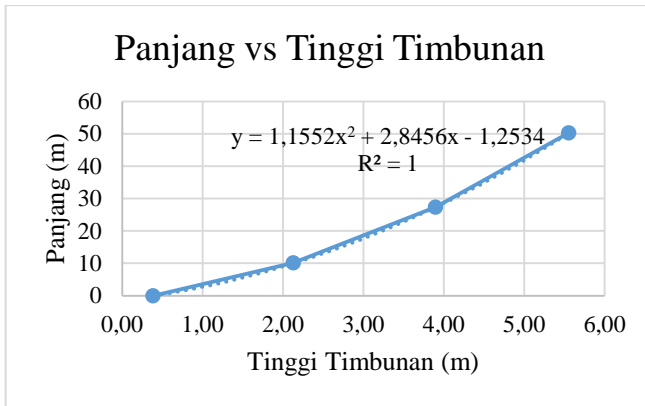
Dari perhitungan sub bab sebelumnya diperoleh jumlah lapis dan panjang kebutuhan *geotextile* untuk setiap lapis pada masing-masing potongan. Selanjutnya akan dihitung kebutuhan total *geotextile* yang dipasang melintang. Untuk mendapat total panjang *geotextile*, diperlukan regresi dari hasil perhitungan ketiga potongan yang dapat dilihat pada Gambar 5.33 untuk jumlah lapis dan Gambar 5.34 untuk panjang Total kebutuhan *geotextile* dari regresi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.58.

c. Perkuatan oprit melintang dengan *freyssisol*

Pada sub bab sebelumnya telah diperoleh panjang sabuk perkuatan setiap lapis untuk masing-masing potongan (potongan B, C, dan D). Untuk mendapat total panjang sabuk perkuatan, diperlukan regresi dari hasil perhitungan ketiga potongan yang dapat dilihat pada Gambar 5.35 untuk jumlah lapis dan Gambar 5.36 untuk panjang Total kebutuhan sabuk perkuatan dari regresi tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.59.



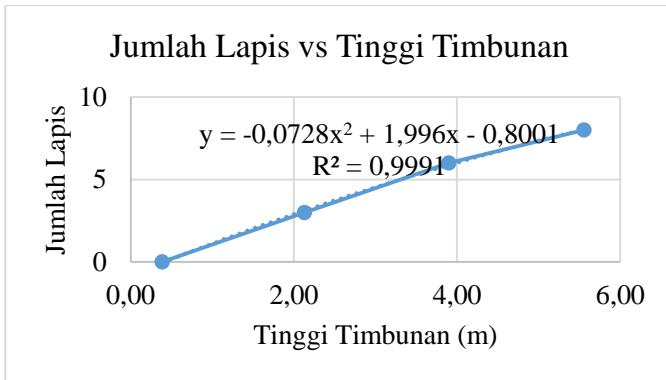
Gambar 5.33 Hasil regresi jumlah lapis *geotextile* melintang



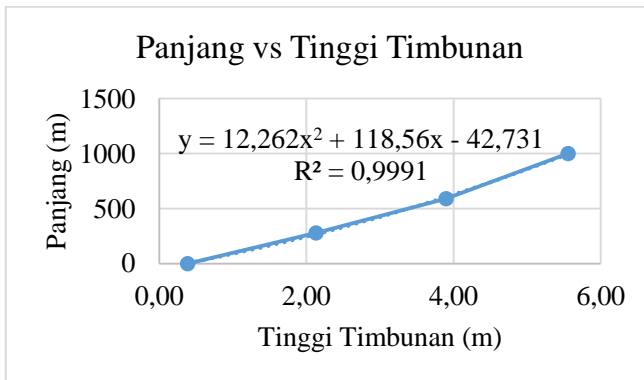
Gambar 5.34 Hasil regresi panjang *geotextile* melintang

Tabel 5.58 Total Kebutuhan *Geotextile* Melintang

STA	Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Lapis	Kebutuhan Panjang (m)	Kebutuhan Total (m <sup>2</sup> )
0+000	0	0	0	0
0+025	0,0	0	0	0
0+050	0,39	0	0	0
0+075	1,15	2	3,52	176
0+100	1,72	3	7,04	352
0+125	2,13	3	10,10	505
0+150	2,89	5	16,66	833
0+175	3,90	7	27,35	1367,5
0+200	4,76	10	38,4	1920
0+225	5,56	12	50,25	2512,5
<b>Total</b>				<b>7666</b>



Gambar 5.35 Hasil regresi jumlah lapis sabuk perkuatan *freyssisol*



Gambar 5.36 Hasil regresi panjang sabuk perkuatan *freyssisol*

Tabel 5.59 Total Kebutuhan Sabuk Perkuatan *Freyssisol*

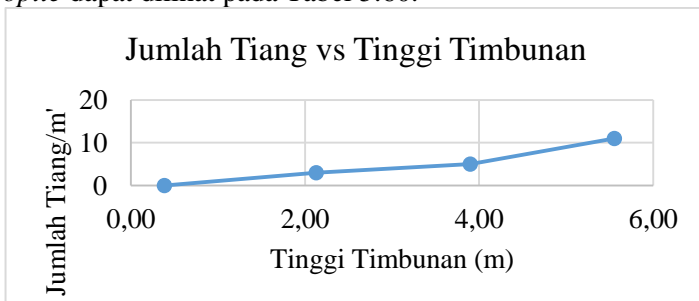
STA	Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Lapis	Total Kebutuhan (m)
0+000	0	0	0
0+025	0	0	0
0+050	0,39	0	0
0+075	1,15	2	110

Tabel 5.59 Total Kebutuhan Sabuk Perkuatan *Freyssisol*  
(Lanjutan)

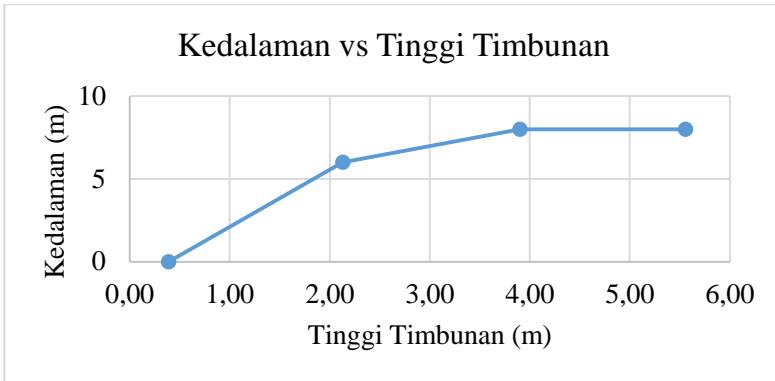
STA	Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Lapis	Total Kebutuhan (m)
0+100	1,72	3	197
0+125	2,13	3	280
0+150	2,89	5	404
0+175	3,90	6	591
0+200	4,76	8	799
0+225	5,56	8	1000
<b>Total</b>			<b>3381</b>

d. Perkuatan *micropile* oprit melintang dengan *geotextile*

Pada sub bab perencanaan perkuatan tambahan pada oprit arah melintang telah diperhitungkan kebutuhan *micropile* pada ketiga potongan yang ditinjau. Namun untuk perhitungan kebutuhan total material harus diperhitungkan untuk seluruh STA oprit. Kebutuhan total *micropile* diperoleh dengan regresi hasil perhitungan potongan yang ditinjau seperti yang terdapat pada Gambar 5.37 untuk jumlah titik dan 5.38 untuk kedalaman. Hasil kebutuhan *micropile* dapat dilihat pada Tabel 5.60.



Gambar 5.37 Hasil grafik jumlah tiang *micropile* pada oprit melintang dengan *geotextile*



Gambar 5.38 Hasil grafik kedalaman *micropile* pada oprit melintang dengan *geotextile*

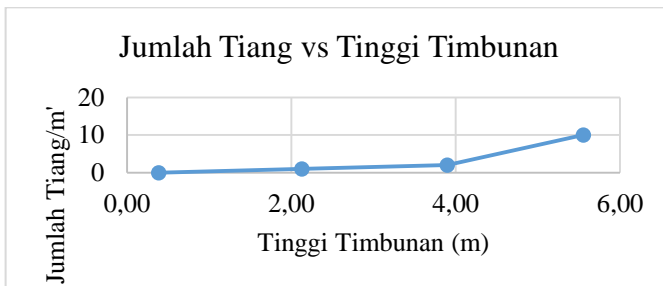
Tabel 5.60 Kebutuhan Total *Micropile* Oprit Melintang dengan *Geotextile*

STA	Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Tiang/m'	Kedalaman (m)	Total Jumlah Kebutuhan Tiang
0+000	0	0	0	0
0+025	0	0	0	0
0+050	0,39	0	0	0
0+075	1,15	1	6	50
0+100	1,72	2	6	100
0+125	2,13	3	6	150
0+150	2,89	3	7	150
0+175	3,90	5	8	250
0+200	4,76	9	8	450
0+225	5,56	11	8	550
<b>Total</b>				<b>1700</b>

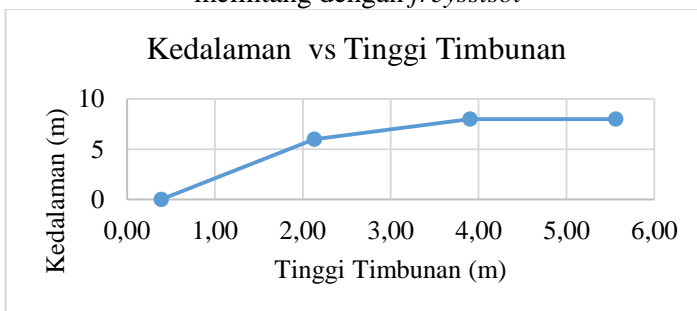
Dari Tabel 5.60 diperoleh kebutuhan *micropile* adalah 300 tiang dengan panjang 6 meter dan 1400 tiang dengan panjang 8 meter.

e. Perkuatan *micropile* oprit melintang dengan *freysisol*

Pada sub bab perencanaan perkuatan tambahan pada oprit arah melintang telah diperhitungkan kebutuhan *micropile* pada ketiga potongan yang ditinjau. Namun untuk perhitungan kebutuhan total material harus diperhitungkan untuk seluruh STA oprit. Kebutuhan total *micropile* diperoleh dengan regresi hasil perhitungan potongan yang ditinjau seperti yang terdapat pada Gambar 5.39 untuk jumlah titik dan 5.40 untuk kedalaman. Hasil kebutuhan *micropile* dapat dilihat pada Tabel 5.61.



Gambar 5.39 Hasil grafik jumlah tiang *micropile* pada oprit melintang dengan *freysisol*



Gambar 5.40 Hasil grafik kedalaman *micropile* oprit melintang dengan *freysisol*

Tabel 5.61 Kebutuhan Total *Micropile* Oprit Melintang dengan *Freyssisol*

STA	Tinggi Timbunan (m)	Jumlah Tiang/m'	Kedalaman (m)	Total Jumlah Kebutuhan Tiang
0+000	0	0	0	0
0+025	0	0	0	0
0+050	0,39	0	0	0
0+075	1,15	1	6	50
0+100	1,72	1	6	50
0+125	2,13	1	6	50
0+150	2,89	1	7	50
0+175	3,90	2	8	100
0+200	4,76	5	8	250
0+225	5,56	10	8	500
<b>Total</b>				<b>1050</b>

Dari Tabel 5.61 diperoleh kebutuhan *micropile* adalah 150 tiang dengan panjang 6 meter dan 900 tiang dengan panjang 8 meter.

#### 5.2.5.4 Pemilihan Alternatif Perkuatan Oprit

Pemilihan alternatif dilakukan berdasarkan biaya material yang dibutuhkan untuk perkuatan tersebut. Dipilih biaya material yang paling ekonomis. Kebutuhan dan biaya material untuk perkuatan dengan menggunakan *geotextile wall* dan *micropile* dapat dilihat pada Tabel 5.62 dan perkuatan dengan menggunakan *freyssisol* dan *micropile* dapat dilihat pada Tabel 5.63.



Tabel 5.62 Biaya Material Perkuatan Opit dengan *Geotextile* dan *Micropile*

Material	Volume	Unit	Harga Satuan	Total
Timbunan	18717,75	m <sup>3</sup>	Rp 85.000	Rp 1.591.008.750
PVD	25480	m	Rp 7.000	Rp 178.360.000
PHD	2763,6	m	Rp 30.000	Rp 82.908.000
Geotextile Memanjang	2834,1	m <sup>2</sup>	Rp 14.000	Rp 39.677.400
Geotextile Melintang	7666	m <sup>2</sup>	Rp 14.000	Rp 107.324.000
Facing Panel Beton	1327,5	m <sup>2</sup>	Rp 300.000	Rp 398.250.000
Micropile 250 x 250 (6 m)	300	m	Rp 112.000	Rp 33.600.000
Micropile 250 x 250 (8 m)	1400	m	Rp 112.000	Rp 156.800.000
<b>Total</b>				Rp 2.587.928.150

Tabel 5.63 Biaya Material Perkuatan Opit dengan *Freyssisol* dan *Micropile*

Material	Volume	Unit	Harga Satuan	Total
Timbunan	18717,75	m <sup>3</sup>	Rp 85.000	Rp 1.591.008.750
PVD	25480	m	Rp 7.000	Rp 178.360.000
PHD	2763,6	m	Rp 30.000	Rp 82.908.000
Geotextile Memanjang	2834,1	m <sup>2</sup>	Rp 14.000	Rp 39.677.400
Freyssisol	1327,5	m <sup>2</sup>	Rp 880.000	Rp 1.168.200.000
Micropile 250 x 250 (6 m)	150	m	Rp 112.000	Rp 16.800.000
Micropile 250 x 250 (8 m)	900	m	Rp 112.000	Rp 100.800.000
<b>Total</b>				Rp 3.177.754.150

Berdasarkan biaya material pada Tabel 5.62 dan Tabel 5.63, maka digunakan perencanaan dengan menggunakan perkuatan *geotextile* dengan *micropile*.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB VI**

### **PERENCANAAN ABUTMEN FLYOVER**

#### **6.1 Data Perencanaan Abutmen Flyover**

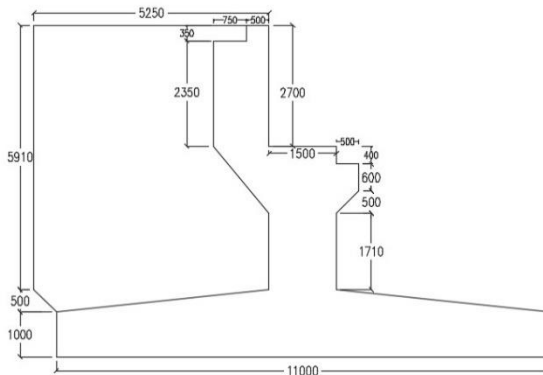
Abutmen pada Flyover Terminal Teluk Lamong terletak pada ujung kedua sisi *flyover* yang dibagian tengahnya terdapat pilar untuk menahan beban. Pada Tugas Akhir ini akan direncanakan satu buah abutmen saja yaitu untuk sisi Terminal Teluk Lamong. Perencanaan pembebanan pada Tugas Akhir ini berdasarkan peraturan SNI 1725-2016 Pembebanan untuk Jembatan dan SNI 2833-2016 Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa. Perhitungan beban akan dikombinasikan untuk menghasilkan beban yang sesuai dengan yang terjadi di lapangan tanpa adanya reduksi untuk tegangan berlebih sesuai dengan SNI terbaru.

#### **7.1.1 Data Awal Perencanaan Abutmen Flyover**

Data perencanaan Abutmen *Flyover* Terminal Teluk Lamong dapat dilihat pada sub-bab 4.3.

#### **7.1.2 Dimensi Abutmen**

Direncanakan desain awal abutmen seperti yang terdapat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 Desain awal abutmen jembatan

## 6.2 Pembebanan Abutmen

### 6.2.1 Beban yang Bekerja pada Abutmen

Perhitungan pembebanan abutmen *flyover* menggunakan SNI 1725-2016 dan SNI 2833-2016. Asumsi tanda (+) adalah momen yang menggulingkan ke arah sungai dan tanda (-) adalah sebaliknya. Perhitungan pembebanan untuk abutmen adalah sebagai berikut:

#### 1. Perhitungan Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri atau beban sendiri yang bekerja pada abutmen terdiri dari berat sendiri struktur atas dan juga berat sendiri struktur bawah.

##### a. Berat Struktur Atas

Perhitungan berat struktur atas terdiri dari berat struktur dan berat tambahan struktur atas. Data struktur atas adalah sebagai berikut:

- Panjang Bentang : 41,625 m
- Girder
  - Panjang : 40,6 m
  - Berat : 64,025 ton
  - Jumlah : 10 buah
- Slab
  - Tebal : 0,25 m
- Diafragma
  - Tebal : 0,2 m
  - Luas : 2,4685 m<sup>2</sup>
  - Jumlah : 32 buah
- Aspal
  - Tebal : 0,1 m

Sedangkan data perencanaan struktur tambahan adalah sebagai berikut:

- Panjang Bentang : 41,625 m

- Aspal Overlay  
Tebal : 0,05 m
- Parapet  
Luas : 0,3475 m<sup>2</sup>
- PJU  
Berat : 0,5 kN/m
- Instalasi ME  
Berat : 0,1 kN/m
- Air hujan  
Berat : 9,8 kN/m<sup>3</sup>

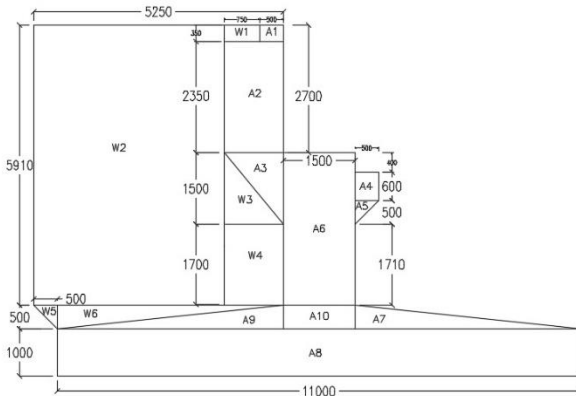
Perhitungan total berat struktur atas dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Perhitungan Berat Struktur Atas *Flyover*

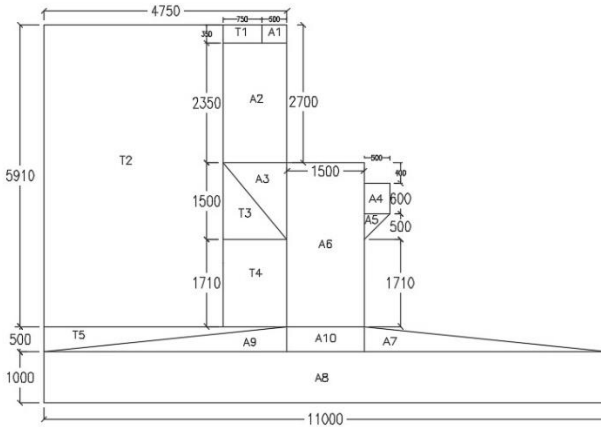
Jenis Beban	Panjang	Lebar	Tebal	Luas	Volume	Berat Jenis	Berat
	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )	(ton)
Berat Struktur Atas							
PCI Girder	40,6						640,25
Diafragma			0,2	2,4685	0,4937	2,5	39,496
Slab	40,6	21	0,25	852,6	213,15	2,5	532,875
Aspal	41,625	19	0,1	790,875	79,0875	2,2	173,9925
Total Berat Struktur Atas (ton)							1386,61
Reaksi terhadap Abutment (ton)							693,307
Berat Tambahan Struktur Atas							
Parapet	41,625			0,3475		2,5	36,1617
Aspal Overlay	41,625	19	0,05	790,875	39,54375	2,2	86,99625
PJU	41,625				w=	0,05	2,08125
Instalasi ME	41,625				w=	0,01	0,41625
Air Hujan	41,625	21	0,01	874,125	8,74125	0,98	8,566425
Total Berat Tambahan Struktur Atas (ton)							134,222
Reaksi terhadap Abutment (ton)							67,1109

**b. Berat Struktur Bawah**

Perhitungan struktur bawah terdiri dari tiga beban yaitu berat sendiri abutmen, berat *wingwall*, dan berat tanah diatas abutmen. Penampang gambar beban struktur bawah dapat dilihat pada Gambar 6.2 dan 6.3. Dari penampang gambar tersebut, perhitungan beban struktur bawah berdasarkan gambar ditabelkan pada Tabel 6.2.



Gambar 6.2 Penampang beban abutmen dan *wingwall*



Gambar 6.3 Penampang beban tanah

Tabel 6.2 Perhitungan Berat Struktur Bawah *Flyover*

Nama	b	h	Bentuk	Luas	Volume	Berat	Lengan	Arah	Momen
	m	m		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	ton	m		ton
<b>Berat Abutmen</b>									
A1	0,5	0,35	1	0,18	4,94	12,34	1,13	-1	-13,88
A2	1,25	2,35	1	2,94	82,84	207,09	1,38	-1	-284,75
A3	1,25	1,5	0,5	0,94	26,44	66,09	1,17	-1	-77,11
A4	0,5	0,6	1	0,30	8,46	21,15	1,00	1	21,15
A5	0,5	0,5	0,5	0,13	3,53	8,81	0,92	1	8,08
A6	1,5	3,21	1	4,82	135,78	339,46	0,00	0	0,00
A7	4,75	0,5	0,5	1,19	33,49	83,72	1,58	1	132,55
A8	11	1	1	11,00	310,20	775,50	0,00	1	0,00
A9	4,75	0,5	0,5	1,19	33,49	83,72	1,58	-1	-132,55
A10	1,5	0,5	1	0,75	21,15	52,88	0,00	0	0,00
							Total:	660,30	1650,76
<b>Berat Wing Wall</b>									
W1	0,75	0,35	1	0,26	0,13	0,33	1,63	-1	-0,53
W2	4	5,91	1	23,64	11,82	29,55	4,00	-1	-118,20
W3	1,25	1,5	0,5	0,94	0,47	1,17	1,58	-1	-1,86
W4	1,25	1,71	1	2,14	1,07	2,67	1,38	-1	-3,67
W5	0,5	0,5	0,5	0,13	0,06	0,16	5,67	-1	-0,89
W6	4,75	0,5	0,5	1,19	0,59	1,48	3,92	-1	-5,81
							Total:	14,15	35,36
<b>Berat Tanah</b>									
T1	0,75	0,35	1	0,26	7,40	13,69	1,625	-1	-22,25
T2	3,5	5,91	1	20,69	583,32	1079,14	3,75	-1	-4046,76
T3	1,25	1,5	0,5	0,94	26,44	48,91	1,5833	-1	-77,44
T4	1,25	1,71	1	2,14	60,28	111,51	1,375	-1	-153,33
T5	4,75	0,5	0,5	1,19	33,49	61,95	3,9167	-1	-242,64

Tabel 6.2 Perhitungan Berat Struktur Bawah *Flyover* (Lanjutan)

Nama	b	h	Bentuk	Luas	Volume	Berat	Lengan	Arah	Momen
	m	m		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	ton	m		ton
				Total:	710,92	1315,21			-4542,43
<b>Total Beban Bangunan Bawah:</b>					<b>1385,37</b>	<b>3001,33</b>			<b>-5019,91</b>

Maka total gaya vertikal akibat berat struktur bawah adalah sebesar **3001,33` ton** dengan momen sebesar **-5019,91 tonm**. Sehingga total perhitungan berat stuktur atas dan bawah terdapat pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Rekap Perhitungan Berat Sendiri Struktur Atas dan Struktur Bawah *Flyover*

No	Berat Sendiri	PMS	MMS
		ton	tm
1	Struktur atas	693,3068	0
2	Tambahan Struktur Atas	67,11095	
3	Struktur bawah	3001,3257	-5019,9076
<b>Total</b>		<b>3758,911</b>	<b>3761,743</b>

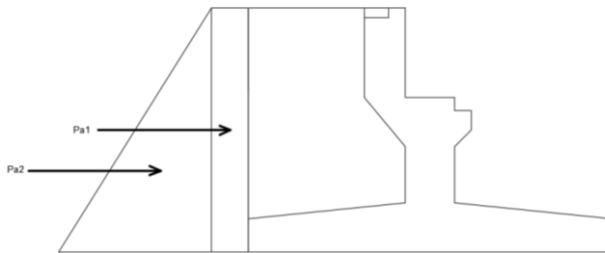
## 2. Beban Akibat Tekanan Tanah

Beban akibat tekanan tanah yang dihitung adalah tekanan tanah yang bekerja pada abutmen yang menyebabkan gaya dan momen terhadap lengannya. Serta menurut SNI 1725:2016 pasal 7.4 menyebutkan tanah di belakang dinding penahan biasanya mendapatkan beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis. Besarnya beban tambahan ini adalah setara dengan tanah setebal 0,7 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut. Sketsa beban yang terjadi akibat tekanan tanah terdapat pada Gambar 6.4.

Data untuk perhitungan tekanan tanah adalah sebagai berikut:



Tinggi abutmen, H = 7,41 m  
 Lebar abutmen, B = 28,2 m  
 Berat volume timbunan,  $\gamma t^3$  = 1,85 t/m<sup>3</sup>  
 Nilai kohesi timbunan, C = 0  
 Sudut geser,  $\phi$  = 30°  
 Q lalu lintas = 0,7  $\gamma t$  = 1,295 t/m<sup>2</sup>  
 Koefisien tanah aktif, Ka = 0,333  
 Sehingga diperoleh gaya horizontal dan tekanan tanah seperti terdapat pada Tabel 6.4 dan 6.5.



Gambar 6.4 Sketsa beban akibat tekanan tanah

Tabel 6.4 Gaya Horizontal Tanah

h	c	$\gamma_{\text{tanah}}$	$\sigma'v$	beban lalu lintas	Ka	$2c\sqrt{ka}$	tekanan horizontal
0	0	1,85	0	1,295	0,333333	0	0,43167
7,41	0	1,85	13,71	1,295	0,333333	0	5,00117

Tabel 6.5 Tekanan Tanah

	Pa	lengan	Arah momen	Momen
	t	m		tm
I	3,19865	3,705	1	11,85099825
II	16,9299975	2,47	1	41,81709383
	20,1286475			53,66809208

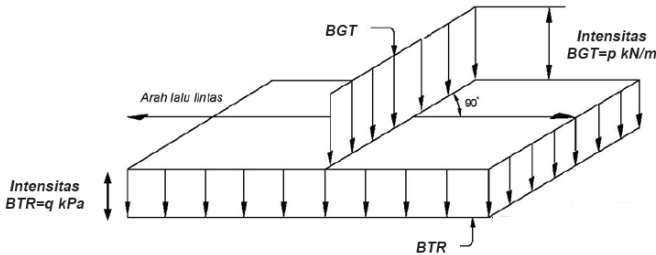
Diperoleh nilai tekanan tanah untuk 28,2 meter adalah:

$$T_{TA} = 567,628 \text{ ton}$$

$$M_{TA} = 1513,44 \text{ tm}$$

### 3. Perhitungan Aksi Lalu Lintas Beban Lajur “D”

Beban lajur D terdiri dari dua macam beban yaitu beban terbagi rata (BTR) dan beban garis terpusat (BGT). Sketsa beban lajur “D” terdapat pada Gambar 6.5.

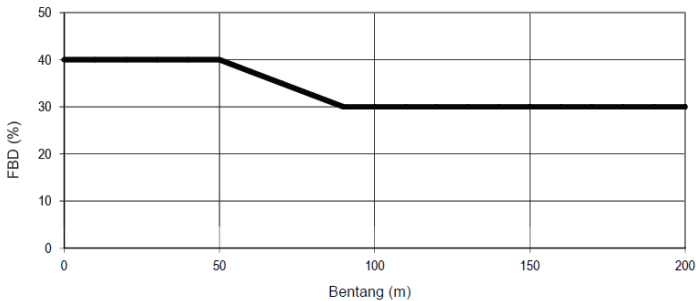


Gambar 6.5 Sketsa beban lajur “D”

Berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 8.3.1 BTR mempunyai besar intensitas  $q$  (kPa) yang tergantung pada panjang total jembatan ( $L$ ) yang dibebani lalu lintas dan dinyatakan dengan rumusan sebagai berikut:

- $q = 9,0 \text{ kPa}$ , untuk  $L \leq 30 \text{ m}$
- $q = 9,0 \times 0,5 + \frac{15}{L} \text{ kPa}$ , untuk  $L > 30 \text{ m}$

Sedangkan beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas  $p$  kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besar intensitas  $p$  adalah 49,0 kN/m. BGT memiliki faktor beban dinamis (FBD) yang bergantung pada bentang jembatan. Faktor beban dinamis BGT diperoleh berdasarkan grafik pada Gambar 6.6.



Gambar 6.6 Faktor beban dinamis untuk beban T untuk pembebanan lajur “D”

Sehingga perhitungan beban lajur “D” adalah sebagai berikut:

Bentang *flyover* : 41,625 m  
 Lebar *flyover* : 28,2 m  
 Lebar parapet : 0,4 m  
 Lebar pavement terdistribusi : 21 m  
 Beban terbagi rata (BTR) :  $q = 9,0 \times 0,5 + \frac{15}{L}$ , untuk  $L > 30$  m

$$q = 9,86 \text{ kPa}$$

Beban garis terpusat (BGT) : 49 kN/m  
 Faktor beban dinamis : 40%

Maka selanjutnya dapat dihitung:

Beban terbagi rata :  $P_{BGT} = (1 + FBD) \times BGT$   
 $P_{BGT} = 68,6 \text{ kN/m}$

Sehingga beban lajur “D” :

$$W_{TD} = q \times L \times B + p \times B$$

$$W_{TD} = (9,86 \times 41,625 \times 19) + (68,6 \times 19) = 9101,71 \text{ kN}$$

Beban abutmen akibat beban lajur “D” :

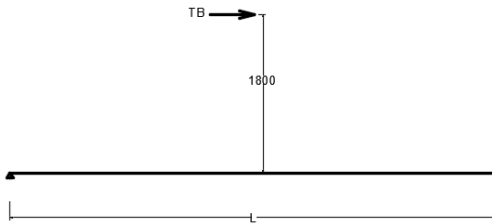
$$P_{TD} = \frac{1}{2} W_{TD} = 4550,86 \text{ kN} = 455,086 \text{ ton}$$

Lengan terhadap pondasi : 0 m

Momen terhadap pondasi : 0 kNm

#### 4. Beban Rem (TB)

Menurut SNI 1725-2016 pasal 8.7, pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada jarak 1,8 meter diatas permukaan lantai. Besar gaya rem diambil terbesar dari 25% dari berat gandar truk desain atau 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR). Skema gaya rem yang terjadi terdapat pada Gambar 6.7.



Gambar 6.7 Skema gaya rem yang terjadi

Perhitungan beban rem adalah sebagai berikut:

- Jumlah lajur = 4 lajur
- Berat gandar truk desain = 225 kN
- Berat truk rencana = 500 kN
- BTR = 7798,313 kN

- a. 25% dari berat gandar truk desain  
 $= 0,25 \times 225 \times 4 = 225 \text{ kN}$
- b. 5% dari berat truk rencana ditambah BTR  
 $= 0,05 \times (500 + 7798,313) = 414,916 \text{ kN}$

Sehingga dipakai gaya rem (TB) terbesar = 414,916 kN  
 $= 41,4916 \text{ ton}$

Lengan terhadap titik putar pondasi (Yb) = 9,21 m

Momen akibat gaya rem (MTb)

$$= TB \times Yb = 41,4916 \times 9,21 = 382,137 \text{ tm}$$

## 5. Perhitungan Aksi Lingkungan

### a. Pengaruh Temperatur (ET)

Menurut SNI 1725-2016 pasal 9.3.1 untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada lantai jembatan. Besarnya temperatur maksimum dan minimum pada jenis jembatan terdapat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

Masing-masing bahan komponen jembatan memiliki sifat yang berbeda yang mempengaruhi besarnya koefisien perpanjangan dan modulus elastisitasnya seperti yang terdapat pada Tabel 6.7 dibawah ini.

Tabel 6.7 Sifat Bahan Rata-rata Akibat Pengaruh Temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu ( $\alpha$ )	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	$12 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	200.000
Beton Kuat tekan < 30 MPa Kuat tekan > 30 MPa	$10 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$ $11 \times 10^{-6}$ per $^{\circ}\text{C}$	$4700\sqrt{f'c'}$ $4700\sqrt{f'c'}$

Maka perhitungan beban akibat temperature adalah sebagai berikut:

Temperatur rata-rata minimum, ( $T_{\min}$ ) =  $15^{\circ}\text{C}$

Temperatur rata-rata maximum, ( $T_{\max}$ ) =  $40^{\circ}\text{C}$

Perbedaan temperature, ( $\Delta T$ ) =  $\frac{T_{\max} - T_{\min}}{2}$   
 $= \frac{40 - 15}{2} = 12,5^{\circ}\text{C}$

Koefisien muai FRP ( $\beta$ ) =  $11 \times 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$

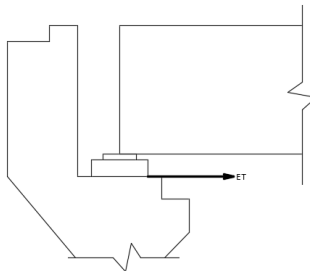
Jumlah elastomer, ( $n$ ) = 10 buah

Panjang girder = 40,6 m

Kekakuan untuk elastomer, ( $k$ ) = 1500 kN/m

Lengan terhadap pondasi, ( $Y_{ET}$ ) = 4,3 m

Sketsa beban yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 6.8.



Gambar 6.8 Sketsa gaya akibat temperatur yang terjadi

Sehingga perhitungan beban temperature adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Gaya akibat temperature (T}_{ET}) &= \beta \times \Delta T \times k \times \frac{L}{2} \times n \\ &= 41,869 \text{ kN} \\ &= 4,1869 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Lengan terhadap pondasi (Y}_{ET}) = 4,71 \text{ m}$$

$$\text{Momen akibat temperatur (M}_{ET}) = 19,72 \text{ tm}$$

## **b. Beban Angin**

### **• Beban Angin (EW)**

Perhitungan beban angin terbagi menjadi dua macam, yaitu beban angin pada struktur jembatan ( $EW_s$ ) dan beban angin kendaraan ( $EW_1$ ). Dasar perhitungan yang digunakan adalah SNI 1725-2016.

### **• Beban Angin Pada Struktur (EWS)**

Berdasarkan SNI 1725-2016 pasal 9.6, untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm diatas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angin rencana  $V_{DZ}$  harus dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right)$$

dengan nilai parameter yang diambil sesuai dengan kondisi di lapangan yaitu lahan terbuka seperti yang terdapat pada Tabel 6.8, sedangkan untuk parameter yang lainnya adalah sebagai berikut:

$Z$  : elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau permukaan air dimana beban angin dihitung ( $Z > 10000$  mm)

$V_B$  : kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm

$V_{10}$  : kecepatan angina pada elevasi 10000 mm diatas permukaan tanah atau diatas permukaan air rencana.

Diambil nilai  $V_B = V_{10} = 126 \text{ km/jam}$

Tabel 6.8 Nilai  $V_0$  dan  $Z_0$  untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
$V_0$ (km/jam)	13,2	17,6	19,3
$Z_0$ (mm)	70	1000	2500

Sehingga,

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left( \frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left( \frac{Z}{Z_0} \right)$$

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left( \frac{126}{126} \right) \ln \left( \frac{10,487}{0,7} \right) = 165,31 \text{ km/jam}$$

Menurut SNI 1725-2016 pasal 9.6.1.1 karena tidak ada data yang tepat, tekanan angin rencana dapat dihitung seperti dibawah ini dengan nilai  $P_B$  seperti yang ditentukan dalam Tabel 6.9 untuk permukaan datar, yaitu  $P_B = 0,0019$ .

$$P_D = P_B \times \left( \frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2$$

$$P_D = 0,0019 \times \left( \frac{165,31}{126} \right)^2 = 0,002493 \text{ Mpa} \\ = 2,493 \text{ kN/m}^2$$

Didapatkan:

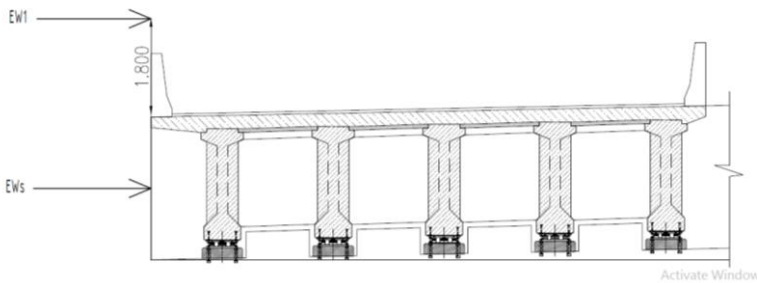
$$P_D = 2,493 \times 3,9 = \mathbf{9,72 \text{ kN/m}} > 4,4 \text{ kN/m}$$



Tabel 6.9 Tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin hisap (MPa)
Rangka, kolom dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Skema beban angin dapat dilihat pada Gambar 6.9.



Gambar 6.9 Skema pengaruh beban angin terhadap struktur jembatan

Sehingga perhitungan beban angin pada struktur adalah sebagai berikut:

$$\text{Tinggi muka breast wall s/d muka parapet} = 3,9 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bentang} = 41,625 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{TEW}_S &= P_D \times A_b \\ &= 9,72 \times 41,625 = 404,6702 \text{ kN} \\ &= 40,467 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan terhadap pondasi, } Y &= 6,66 \text{ m} \\ \text{Momen terhadap pondasi, } M_{EWS} &= T_{EWS} \times Y \\ &= 40,467 \times 6,66 = 269,51 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Beban Angin pada Kendaraan ( $EW_1$ )**

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut diasumsikan sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm diatas permukaan jalan. Sehingga perhitungan beban angina pada kendaraan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Panjang bentang (L)} &= 41,625 \text{ meter} \\ TEW_1 = 1,46 \text{ N/mm} \times L &= 1,46 \times 41,625 \\ &= 60772,5 \text{ N} \\ &= 6,077 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lengan terhadap pondasi, } Y &= 9,21 \text{ m} \\ \text{Momen terhadap pondasi, } M_{EW1} &= T_{EWS} \times Y \\ &= 6,077 \times 9,21 = 55,97 \text{ tm} \end{aligned}$$

- **Beban Angin Total Pada Abutmen**

Berdasarkan perhitungan beban angin yang terdiri dari beban angin struktur dan kendaraan, total beban angin yang bekerja pada abutmen adalah sebagai berikut:

Total beban angin pada abutmen:

$$\begin{aligned} TEW &= TEW_s + TEW_1 \\ &= 40,467 + 6,077 \\ &= 46,544 \text{ ton} \end{aligned}$$

Total momen akibat angin pada pondasi:

$$\begin{aligned} MEW &= MEW_s + MEW_1 \\ &= 269,51 + 55,97 \\ &= 325,4818 \text{ tm} \end{aligned}$$

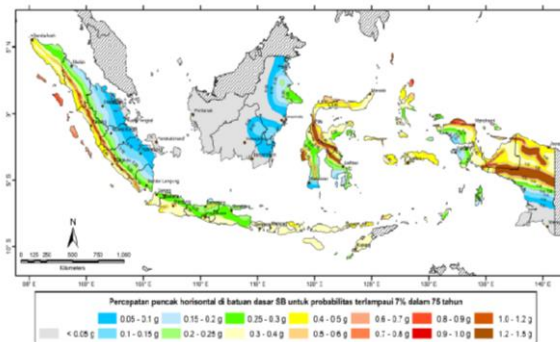
## 6. Perhitungan Beban Gempa (EQ)

### a. Perhitungan Koefisien Gempa Horizontal

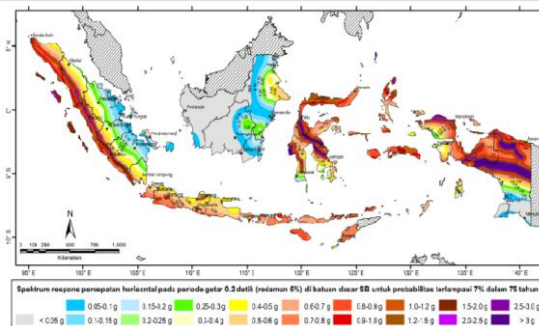
Perhitungan koefisien gempa berdasarkan SNI 2833-2016 memiliki tahapan sebagai berikut:

#### 1. Mencari nilai zonasi pada peta gempa

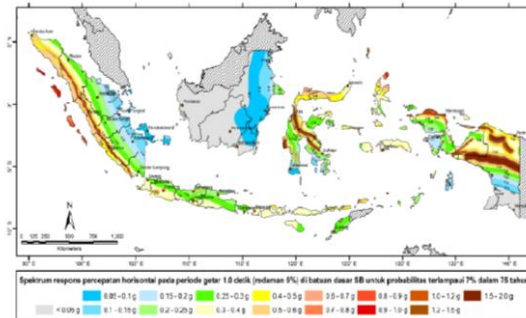
Dalam mencari koefisien gempa digunakan SNI 2833-2016 dengan probabilitas 7% dalam 75 tahun. Dicari nilai PGA,  $S_s$ , dan  $S_1$  berdasarkan peta pada Gambar 6.10, 6.11, 6.12.



Gambar 6.10 Peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 6.11 Peta respon spektra percepatan 0,2 detik di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun



Gambar 6. 12 Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Dari peta zonasi gempa tersebut untuk lokasi *flyover* di Surabaya didapatkan nilai sebagai berikut:

Percepatan puncak batuan dasar (PGA) = 0,2

Respon spektra untuk 0,2 detik ( $S_s$ ) = 0,5

Respon spektra untuk 1 detik ( $S_1$ ) = 0,2

2. Menentukan kelas situs

Berdasarkan SNI 2833-2016 pasal 5.3.1 klasifikasi situs pada pasal ini ditentukan untuk lapisan setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium sesuai Tabel 6.10.

Tabel 6.10 Kelas Situs

Kelas situs	$\bar{V}_s$ (m/s)	$\bar{N}$	$\bar{S}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_u \geq 100$

D. Tanah Sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 < \bar{N} \leq 50$	$15 \leq \bar{S}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_u < 100$
F. Tanah Sangat Lunak	<p>Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indeks plastisitas, <math>PI &gt; 20</math>,</li> <li>2. Kadar air (<math>w</math>) <math>\geq 40\%</math>, dan</li> <li>3. Kuat geser tak terdrainase <math>\bar{S}_u &lt; 25</math> kPa</li> </ol>		
G. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	<p>Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah</li> <li>- Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan <math>&gt; 3m</math>)</li> <li>- Plastisitas tinggi (ketebalan <math>H &gt; 7,5m</math> dengan <math>PI &gt; 75</math>)</li> <li>- Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan <math>H &gt; 35m</math></li> </ul>		

Berdasarkan data penyelidikan untuk kedalaman hingga 10 meter seperti pada Tabel 6.10 termasuk dalam kelas situs Tanah Lunak.

### 3. Menentukan faktor situs

Faktor situs diperoleh dari Tabel 6.11 dan 6.12 berdasarkan nilai  $PGA$ ,  $S_s$  dan  $S_1$  yang telah diperoleh sebelumnya.

Tabel 6.11 Faktor Implifikasi untuk PGA dan 0,2 detik( $F_{PGA}/F_a$ )

Kelas situs	PGA $\leq$ 0,1 Ss $\leq$ 0.25	PGA = 0,2 Ss = 0.5	PGA = 0,3 Ss = 0.75	PGA = 0,4 Ss = 1.0	PGA > 0,5 Ss $\geq$ 1.25
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Tabel 6.12 Besarnya Nilai Faktor Implifikasi untuk Periode 1 Detik ( $F_v$ )

Kelas situs	S <sub>1</sub> $\leq$ 0.1	S <sub>1</sub> = 0.2	S <sub>1</sub> = 0.3	S <sub>1</sub> = 0.4	S <sub>1</sub> $\geq$ 0.5
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS
-------------------	----	----	----	----	----

Catatan: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

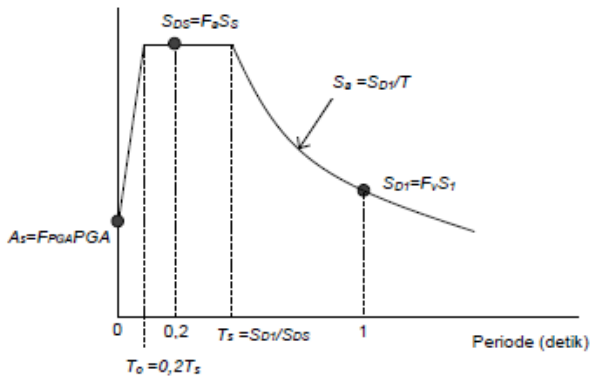
Oleh karena itu, diperoleh nilai sebagai berikut:

$$F_{PGA}/F_a = 1,7$$

$$F_v = 3,2$$

#### 4. Menentukan respon spektrum rencana

Berdasarkan SNI 2833-2016 pasal 5.4.1 respon spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan. Seperti dijelaskan pada Gambar 6.13.



Gambar 6.13 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah

Respon spektra di permukaan tanah ditentukan dari 3 (tiga) nilai percepatan puncak yang mengacu pada peta gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun ( $P_{GA}$ ,  $S_s$  dan  $S_1$ ), serta nilai faktor amplifikasi  $F_{PGA}$ ,  $F_a$ , dan  $F_v$ . Perumusan respon spektra adalah sebagai berikut :

$$A_S = F_{PGA} \times PGA$$

$$= 1,7 \times 0,2 = 0,34$$

$$S_{DS} = F_a \times S_S$$

$$= 1,7 \times 0,5 = 0,85$$

$$S_{D1} = F_V \times S_1$$

$$= 3,2 \times 0,2 = 0,64$$

### 5. Menentukan faktor modifikasi respon ( R )

Gaya gempa rencana pada bangunan bawah dan hubungan antara elemen struktur ditentukan dengan cara membagi gaya gempa elastis dengan faktor modifikasi respon (*R*) sesuai dengan Tabel 6.13.

Tabel 6.13 Faktor Modifikasi Respon (*R*) untuk Bangunan Bawah

Bangunan bawah	Kategori Operasional		
	Sangat Penting	Penting	Lainnya
Pilar tipe dinding	1.5	1.5	2.0
Tiang/kolom beton bertulang			
Tiang vertikal	1.5	2.0	3.0
Tiang miring	1.5	1.5	2.0
Kolom tunggal	1.5	2.0	3.0
Tiang baja dan komposit			
Tiang vertikal	1.5	3.5	5.0
Tiang miring	1.5	2.0	3.0
Kolom majemuk	1.5	3.5	5.0



Berdasarkan tabel diatas, diperoleh faktor modifikasi respon untuk “Pilar tipe dinding” kategori kepentingan Penting adalah 1,5.

## 6. Menentukan koefisien respon gempa elastic (Csm)

Perhitungan Csm ditentukan dari besar nilai T berdasarkan beberapa persamaan berikut:

- $T < T_0$ , maka  $Csm = (S_{DS} - A_S) \times \frac{T}{T_0} + A_S$
- $T_0 \geq T \geq T_S$ , maka  $Csm = S_{DS}$
- $T > T_S$ , maka  $Csm = \frac{S_{D1}}{T}$

Dimana,  $T_0 = 0,2 T_S$  dan  $T_S = \frac{S_{D1}}{T}$

Waktu getar alami struktur (T) dirumuskan dengan rumusan dibawah ini.

$$T = 2\pi \times \sqrt{\frac{WTP}{g \times Kp}}$$

Nilai WTP dan Kp diperoleh dari perhitungan arah memanjang jembatan (X) dan melintang jembatan (Y) sebagai berikut.

- Arah memanjang jembatan (X)
  - Tinggi breast wall, Hbw = 3,71 m
  - Ukuran penampang breast wall, Bbw = 28,2
  - Tebal breast wall = 1,5
  - Inersia penampang breast wall, Ic =  $\frac{1}{12}bh^3$   
= 7,93 m<sup>4</sup>
  - Mutu beton, K-600, fc' =  $0,83 \times \frac{K}{10}$   
= 49,8 MPa
  - Modulus elastis beton, Ec =  $4700 \times \sqrt{fc'}$   
= 33167484,08 kPa
  - Nilai kekakuan struktur, Kp =  $3 \times Ec \times \frac{Ic}{Hbw^3}$

$$= 9925903,68 \text{ kN/m}$$

- Percepatan gravitasi,  $g$   $= 9,8 \text{ m/det}^2$
- Berat sendiri struktur atas (PMSa)  $= 693,31 \text{ kN}$
- Berat sendiri struktur bawah (PMSb)  $= 3001,3257 \text{ kN}$
- Berat total
  - $= \text{PMS atas} + 0,5 \text{ PMS bawah}$
  - $= 693,31 + (0,5 \times 3001,326) = 2193,97 \text{ kN}$
- T arah X  $= T = 2\pi \times \sqrt{\frac{WTP}{g \times Kp}}$ 

$$= 0,024 \text{ detik}$$

- Arah melintang jembatan (Y)

- Tinggi breast wall,  $H_{bw}$   $= 3,71 \text{ m}$
- Ukuran penampang breast wall,  $B_{bw}$   $= 28,2 \text{ m}$
- Tebal breast wall  $= 1,5 \text{ m}$
- Inersia penampang breast wall,  $I_c$   $= \frac{1}{12}bh^3$ 

$$= 8035,90 \text{ m}^4$$
- Mutu beton, K-600,  $f_c'$   $= 0,83 \times \frac{K}{10}$ 

$$= 49,8 \text{ MPa}$$
- Modulus elastis beton,  $E_c$   $= 4700 \times \sqrt{f_c'}$ 

$$= 33167484,08 \text{ kPa}$$
- Nilai kekakuan struktur,  $K_p$   $= 3 \times E_c \times \frac{I_c}{H_{bw}^3}$ 

$$= 9925903,68 \text{ kN/m}$$
- Percepatan gravitasi,  $g$   $= 9,8 \text{ m/det}^2$
- Berat sendiri struktur atas (PMSa)  $= 693,31 \text{ kN}$
- Berat sendiri struktur bawah (PMSb)  $= 3001,326 \text{ kN}$
- Berat total
  - $= \text{PMS atas} + 0,5 \text{ PMS bawah}$
  - $= 693,31 + (0,5 \times 3001,326) = 2193,97 \text{ kN}$
- T arah Y  $= T = 2\pi \times \sqrt{\frac{WTP}{g \times Kp}}$ 

$$= 0,0008 \text{ detik}$$

Sehingga dapat dihitung koefisien respon gempa elastik ( $C_{sm}$ ) untuk masing-masing arah sebagai berikut:

• Arah memajang jembatan (X)

- $T_0 = 0,2 T_S = 0,151$  detik
- $T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,753$  detik
- T arah X = 0,024 detik

Sehingga :  $T < T_0$ , maka diperoleh

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_S) \times \frac{T}{T_0} + A_S = 0,42 \text{ detik}$$

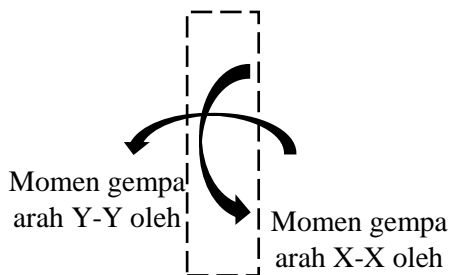
• Arah melintang jembatan (Y)

- $T_0 = 0,2 T_S = 0,151$  detik
- $T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,753$  detik
- T arah Y = 0,00081 detik
- Sehingga :  $T < T_0$ , maka diperoleh
- $C_{sm} = (S_{DS} - A_S) \times \frac{T}{T_0} + A_S = 0,343$  detik

### b. Perhitungan Gaya Gempa

Berdasarkan SNI 2833-2016, dalam perhitungan gaya gempa digunakan rumusan dibawah ini dengan nilai yang telah diperoleh dari sub-bab sebelumnya. Skema beban gempa pada Gambar 6.14.

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R} W_t$$



Gambar 6.14 Skema beban gempa yang terjadi

- **Beban Gempa Struktur Atas Jembatan**

Pada sub-bab sebelumnya didapatkan nilai  $R = 1,5$ , nilai  $C_{sm}$  memanjang  $(x-x) = 0,42$  detik dan arah melintang  $(y-y) = 0,343$  detik. Perhitungan distribusi beban gempa pada struktur atas jembatan arah memanjang (X-X) yang menyebabkan momen arah Y-Y terdapat pada Tabel 6.14 Sedangkan untuk arah melintang (Y-Y) yang menyebabkan momen arah X-X terdapat pada Tabel 6.15.

Tabel 6. 14 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Memanjang

	Berat	Teq	y	Arah	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)		(tm)
Pms	693,30675	194,5837	7,41	1	1441,865

Tabel 6. 15 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Melintang

	Berat	Teq	y	Arah	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)		(tm)
Pms	693,30675	158,4156	7,41	1	1173,859

- **Beban Gempa Struktur Bawah Jembatan**

Beban gempa juga diperhitungkan untuk bangunan bawah dengan nilai  $R$  dan  $C_{sm}$  yang telah disebutkan pada sub-bab sebelumnya. Perhitungan distribusi beban gempa pada struktur atas jembatan arah memanjang (X-X) yang menyebabkan momen arah Y-Y terdapat pada Tabel 6.16.

Dari tabel 6.16 didapatkan distribusi gempa untuk arah memanjang dari struktur bawah yang terdiri dari abutmen, wingwall, dan tanah adalah sebesar  $Teq = 827,51$  ton dan  $Meq = 2738,687$  tm. Untuk arah melintang (Y-Y) yang menyebabkan momen arah X-X terdapat pada Tabel 6.17.

Tabel 6.16 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Memanjang

Bidang	Berat	Teq	y	Arah	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)		(tm)
Abutmen					
A1	12,338	3,463	7,255	1	25,122
A2	207,094	58,123	5,905	1	343,216
A3	66,094	18,550	4,2	1	77,910
A4	21,150	5,936	4	1	23,744
A5	8,813	2,473	3,53333	1	8,739
Abutmen					
A6	339,458	95,272	2,85	1	271,526
A7	83,719	23,497	1,16667	1	27,413
A8	775,500	217,652	0,5	1	108,826
A9	83,719	23,497	1,16667	1	27,413
Wing Wall					
W1	0,328	0,092	7,255	1	0,668
W2	29,550	8,294	4,8095	1	39,888
W3	1,172	0,329	3,7	1	1,217
W4	2,672	0,750	2,35	1	1,762
W5	0,156	0,044	1,51733	1	0,067
W6	1,484	0,417	1,33333	1	0,555
Tanah					
T1	13,695	3,844	7,255	1	27,885
T2	1079,13	302,81	5,3	1	1605,215
T3	48,909	13,727	3,7	1	50,790
T4	111,513	31,297	2,35	1	73,549
T5	61,952	17,387	1,3333	1	23,183
Total:	Teq:	827,51		Meq:	2738,687

Tabel 6.17 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Melintang

Bidang	Berat	Teq	y	Arah	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)		(tm)
Abutmen					
A1	12,338	2,819	7,255	1	20,452
A2	207,094	47,319	5,905	1	279,421
A3	66,094	15,102	4,2	1	63,428
A4	21,150	4,833	4	1	19,330
A5	8,813	2,014	3,53333	1	7,115
A6	339,458	77,564	2,85	1	221,056
A7	83,719	19,129	1,16667	1	22,317
A8	775,500	177,196	0,5	1	88,598
A9	83,719	19,129	1,16667	1	22,317
Wing Wall					
W1	0,328	0,075	7,255	1	0,544
W2	29,550	6,752	4,571	1	30,863
W3	1,172	0,268	3,7	1	0,991
W4	2,672	0,611	2,35	1	1,435
W5	0,156	0,036	1,494667	1	0,053
W6	1,484	0,339	1,33333	1	0,452
Tanah					
T1	13,695	3,129	7,255	1	22,702
T2	1079,136	246,575	5,3	1	1306,847
T3	48,909	11,175	3,7	1	41,349
T4	111,513	25,480	2,35	1	59,878
T5	61,952	14,156	1,3333	1	18,874
Total:	Teq:	673,6998987		Meq:	2228,024

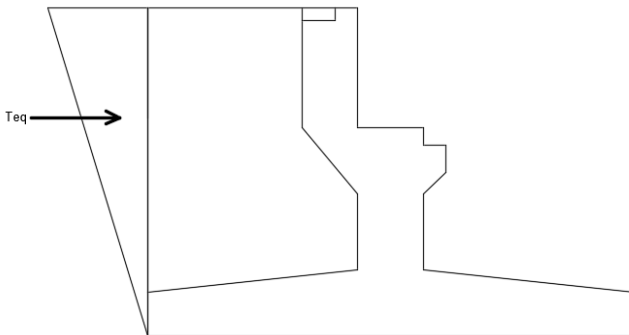
Dari tabel diatas didapatkan distribusi gempa untuk arah melintang struktur bawah yang terdiri dari abutmen, *wingwall*, dan tanah adalah sebesar  $T_{eq} = 673,699$  ton dan  $M_{eq} = 2228,024$  tm.

## 7. Tekanan Tanah Dinamis Akibat Beban Gempa

Menurut SNI 2833-2016 pasal 9.6 tekanan tanah lateral akibat pengaruh gempa dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan pseudostatis yang dikembangkan oleh Mononobe dan Okabe. Skema beban yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 6.15.

Untuk menghitung formula gaya tekanan tanah akibat pengaruh gempa ( $E_{AE}$ ) yaitu sebagai berikut:

$$E_{AE} = \frac{1}{2} \times H_t^2 \times (1 - K_v) \times K_{AE}$$



Gambar 6.15 Skema tekanan tanah dinamis

Sedangkan nilai koefisien tekanan aktif seismic ( $K_{AE}$ ) adalah:

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta_a)}{\cos\theta \cos^2\beta_a \cos(\delta + \theta + \beta_a)} \times \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \theta + \beta_a) \cos(i - \beta_a)}} \right)^{-2}$$

Dimana:

$\gamma$  = berat jenis tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$H_t$  = tinggi tanah (m)

- $\phi$  = sudut geser internal tanah ( $^{\circ}$ )  
 $\theta$  = arc tan( $kh/(1-kv)$ ) ( $^{\circ}$ )  
 $\delta$  = sudut geser diantara tanah dan kepala jembatan ( $^{\circ}$ )  
 $Kh$  = koefisien percepatan horizontal = 0,5  $A_s$   
 $Kv$  = koefisien percepatan vertical (umunya diambil 0)  
 $I$  = sudut kemiringan timbunan ( $^{\circ}$ )  
 $\beta a$  = kemiringan dinding kepala jembatan terhadap bidang vertikal ( $^{\circ}$ )

Dapat diperhitungkan dari data perencanaan yang ada adalah sebagai berikut:

- $\gamma$  = 18,5 kN/m<sup>3</sup>  
 $Ht$  = 7,41 m  
 $Ba$  = 28,2 m  
 $\phi$  = 30 $^{\circ}$   
 $\theta$  = 0,1684  
 $\delta$  = 0  
 $Kh$  = 0,17  
 $Kv$  = 0  
 $I$  = 0  
 $\beta a$  = 0

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta_a)}{\cos\theta \cos^2\beta_a \cos(\delta + \theta + \beta_a)} \times \left( 1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \theta + \beta_a) \cos(i - \beta_a)}} \right)^{-2}$$

$$K_{AE} = 0,3763$$

$$E_{AE} = \frac{1}{2} \times H_t^2 \times (1 - K_v) \times K_{AE}$$

$$E_{AE} = 190,955 \text{ kN/m}$$

Diperoleh,

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya gempa lateral tanah dinamis, } T_{EQ} &= E_{AE} \times Ba \\
 &= 5384,92 \text{ kN} \\
 &= 538,492 \text{ ton}
 \end{aligned}$$



Lengan terhadap titik pusat pondasi,  $Y_{EQ} = 2/3 Ht = 4,938 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{Momen yang terjadi, } M_{EQ} &= T_{EQ} \times Y_{EQ} \\ &= 26590,7 \text{ kNm} \\ &= 2659,07 \text{ tm} \end{aligned}$$

### **8. Perhitungan Beban Gesekan pada Perletakkan**

Gesekan pada perletakkan dihitung menggunakan beban tetap, dan nilai rata-rata dari koefisien gesekan (atau kekakuan geser apabila menggunakan perletakkan elastomer). Berikut merupakan perhitungan beban gesekan pada perletakkan:

$$\text{Beban mati tambahan struktur atas} = 67,11 \text{ ton}$$

$$\text{Beban struktur atas} = 693,31 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Gaya gesekan (FB)} &= 5\% \text{ DL} \\ &= 5\% \times (67,11 + 693,31) \\ &= 38,02 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Lengan terhadap pondasi} = 4,81 \text{ m}$$

$$\text{Momen (M}_{FB}\text{)} = 182,881 \text{ tm}$$

### **9. Rekap Beban Kerja**

Perhitungan besar masing-masing beban yang telah dihitung pada sub-bab sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 6.18. Sedangkan rekap masing-masing beban beserta arah beban bekerja dapat dilihat pada Tabel 6.19.

### **10. Kombinasi Beban Kerja**

Kombinasi beban kerja yang digunakan dalam perencanaan ini adalah kombinasi pada SNI 1725:2016 Pembebanan Jembatan yang dapat dilihat pada Tabel 6.20. Sedangkan kombinasi yang digunakan dalam perencanaan ini terdapat pada Tabel 6.21 diambil yang terkritis dari kombinasi yang ada.

Tabel 6.18 Besar Beban yang Bekerja

<b>Beban</b>	<b>Simbol</b>	<b>Beban (ton)</b>
<b>Beban Mati</b>		
Beban struktur atas	MSa	693,307
Beban struktur atas tambahan	MA	67,1109
Beban struktur bawah	MSb	3001,33
<b>Beban Hidup</b>		
Beban lajur "D"	TD	455,086
<b>Tekanan Tanah</b>		
Tekanan tanah	TA	567,628
<b>Beban rem</b>		
Beban rem	TB	41,4916
<b>Beban Angin</b>		
Beban angin	EWs	40,467
Beban angin	EWI	6,07725
<b>Beban Temperatur</b>		
Temperatur	Eun	4,18688
<b>Beban Gempa</b>		
Tekanan tanah dinamis	EQd	538,492
Beban gempa (arah x)	EQx	1022,1
Beban gempa (arah y)	EQy	832,116
<b>Beban Gesekan Perletakkan</b>		
Gesekan pada perletakkan	BF	38,0209

Dari perhitungan pembebanan yang dilakukan pada sub-bab sebelumnya, dengan kombinasi seperti pada Tabel 6.22 ddiperoleh besar kombinasi yang terdapat pada Tabel 6.23 sampai dengan Tabel 6.29.

Tabel 6.19 Rekap Besar dan Arah Beban

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)
<b>Beban Mati</b>						
Beban struktur atas	MSa	693,307				
Beban struktur atas tambahan	MA	67,1109				
Beban struktur bawah	MSb	3001,33			-5019,908	
<b>Beban Hidup</b>						
Beban lajur "D"	TD	455,086				
<b>Tekanan Tanah</b>						
Tekanan tanah	TA		567,628		1513,440	
<b>Beban rem</b>						
Beban rem	TB		41,4915625		382,137	
<b>Beban Angin</b>						
Beban angin	EWs			40,4670225		269,1057

Tabel 6.19 Rekap Besar dan Arah Beban (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal	Momen		
		P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)
Beban angin	EWI			6,07725		55,971
<b>Beban Temperatur</b>						
Temperatur	Eun		4,186875		19,720	
<b>Beban Gempa</b>						
Tekanan tanah dinamis	EQd		538,4921598		2659,074285	
Beban gempa (arah x)	EQx		1022,097		4180,55	
Beban gempa (arah y)	EQy			832,116		3401,88
<b>Beban Gesekan Perletakkan</b>						
Gesekan pada perletakkan	FB		38,021		182,88	



Tabel 6.21 Kombinasi Beban dan Faktor Beban Abutmen yang Digunakan dalam Perencanaan

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW <sub>s</sub>	EW <sub>L</sub>	BF	EUn	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	$\gamma_p$	1,8	1,00	-		1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat III	$\gamma_p$	-	1,00	1,40		1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Kuat IV	$\gamma_p$	-	1,00	-		1,00	0,50/1,20	-		-	-	-
Kuat V	$\gamma_p$	-	1,00	0,40		1,00	0,50/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-
Ekstrem I	$\gamma_p$	$\gamma_{EQ}$	1,00	-		1,00	-	-	-	1,00	-	-
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	$\gamma_{TG}$	$\gamma_{ES}$	-	-	-

Tabel 6.22 Kombinasi Beban

Kuat I	$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 1,8 TD + 1,8 TB + BF + 1,2 EUn$
Kuat III	$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 1,4 EW_s + BF + 1,2 EUn$
Kuat IV	$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + BF + 1,2 EUn$
Kuat V	$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,4 Ews + Ewl + BF + 1,2 EUn$
Ekstrem I arah X	$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,5 TD + 0,5 TB + BF + EQ$
Ekstrem I arah Y	$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,5 TD + 0,5 TB + BF + EQ$
Layan	$MS + MA + TA + TD + TB + 0,3 Ews + EWL + 1,2 EUn$

## 1. Kombinasi 1

Kuat I

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 1,8 TD + 1,8 TB + BF + 1,2 Eun$$

Tabel 6.23 Kombinasi Beban Kuat I

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	3901,72			- 6525,88	
Tekanan tanah	TA		794,68		2118,82	
Beban lajur "D"	TD	819,15				
Beban rem	TB		74,68		687,85	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		182,88	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

## 2. Kombinasi 2

Kuat III

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 1,4 EWs + BF + 1,2 Eun$$

Tabel 6.24 Kombinasi Beban Kuat III

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,3				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				

Tabel 6.24 Kombinasi Beban Kuat III (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur bawah	MSb	3901,72			-6525,8	
Tekanan tanah	TA		794,68		2118,82	
Beban angin EWs	Ews			56,65		377,31
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		182,88	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

## 3. Kombinasi 3

## Kuat IV

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + BF + 1,2 Eun$$

Tabel 6.25 Kombinasi Beban Kuat IV

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	3901,72			-6525,88	
Tekanan tanah	TA		794,68		2118,82	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		182,88	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	



## 4. Kombinasi 4

Kuat V

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,4 Ews + Ewl + BF + 1,2 Eun$$

Tabel 6.26 Kombinasi Beban Kuat V

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	3901,72			-6525,8	
Tekanan tanah	TA		794,68		2118,82	
Beban angin Ews	Ews			16,19		107,80
Beban angin EWL	EWL			6,08		55,97
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		182,88	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

## 5. Kombinasi 5

Ekstrem I arah X

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,5 TD + 0,5 TB + BF + EQ$$

Tabel 6.27 Kombinasi Ekstrem I Arah X

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,3				

Tabel 6.27 Kombinasi Ekstrem I Arah X (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	3901,72			-6525,8	
Tekanan tanah	TA		794,68		2118,82	
Beban lajur "D"	Ews	227,54				
Beban rem	EWL		20,75		191,07	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		182,88	
Beban gempa arah X	EQx		1022,10		4180,55	
Beban gempa arah Y (30%)	EQy			249,63		1020,57
Tekanan tanah dinamis	EQd		538,49		2659,07	

Ekstrem I arah Y

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,5 TD + 0,5 TB + BF + EQ$$

Tabel 6.28 Kombinasi Ekstrem I Arah Y

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,3				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	3901,72			-6525,8	

Tabel 6.28 Kombinasi Ekstrem I Arah Y (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Tekanan tanah	TA		794,68		2118,82	
Beban lajur "D"	Ews	227,54				
Beban rem	EWL		20,75		191,07	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		182,88	
Beban gempa arah X	EQx		306,63		1254,17	
Beban gempa arah Y (30%)	EQy			832,12		3401,88
Tekanan tanah dinamis	EQd		538,49		2659,07	

## 6. Kombinasi 6

Layan

$$MS + MA + TA + TD + TB + 0,3 Ews + EWL + 1,2 Eun$$

Tabel 6.29 Kombinasi Beban Layan

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MS	693,31				
Beban struktur atas tambahan	MA	67,11				
Beban struktur bawah	MS	3001,33			-5019,9	
Tekanan tanah	TA		567,63		1513,44	

Tabel 6.29 Kombinasi Beban Layan (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban lajur "D"	TD	455,09				
Beban rem	TB		41,49		382,14	
Beban angin EWs	EWs			12,14		80,85
Beban angin EWL	EWL			6,08		55,97
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		182,88	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

Dari tabel-tabel diatas didapatkan rekap kombinasi pembebanan dapat dilihat pada Tabel 6.30.

Tabel 6.30 Rekap Kombinasi

Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
	P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (tonm)	Transversal (tonm)
Kuat I	5756,40	912,41	0,00	-3512,67	0,00
Kuat III	4937,24	837,72	56,65	-4200,52	377,31
Kuat IV	4937,24	837,72	0,00	-4200,52	0,00
Kuat V	4937,24	837,72	22,26	-4200,52	163,78
Ekstrem I arah X	5164,79	1875,54	249,63	147,44	1020,57
Ekstrem I arah Y	5164,79	1698,57	832,12	-119,87	3401,88
Layan	4216,83	652,16	18,22	-2917,79	136,82

### 6.3 Perencanaan Pondasi Dalam

Perencanaan pondasi dalam digunakan karena stabilitas geser dan guling yang tidak memenuhi faktor kemanaan yang direncanakan. Diameter tiang pancang yang diperhitungkan adalah untuk diameter 60 cm dan 80 cm.

#### 6.3.1 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung aksial tiang pancang diperoleh berdasarkan hasil SPT yang didapatkan dari tes lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 1 dengan parameter tanah yang diperoleh dari korelasi. Perhitungan daya dukung diperoleh dengan membandingkan 2 metode, yaitu metode Meyerhoff dan Luciano Decourt dan digunakan hasil yang paling kritis. Tabel perhitungan daya dukung aksial dapat dilihat pada Lampiran 12, sedangkan grafik SPT dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 6.16 dan 6.17.

#### 6.3.2 Spesifikasi Tiang Pancang

Tiang pancang yang digunakan dalam perencanaan pondasi abutmen ini adalah tiang pancang PT. Wijaya Karya dengan spesifikasi yang terdapat pada Gambar 6.18.

Spesifikasi dan perhitungan tiang pancang yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tiang pancang diameter 60 cm

- Diameter luar = 600 mm
- Tebal = 100 mm
- Diameter dalam = 400 mm
- A = 1570,80 cm<sup>2</sup>
- Kelas = A3
- Mutu beton,  $f_c'$  = 52 MPa
- *Allowable axial* = 243,3 ton
- *Bending momen crack* = 22 tonm

- *Bending momen ultimate* = 33 tonm
- E = 33892,182 MPa
- Momen Inersia (I) =  $\frac{1}{64} \times \pi \times (D_2^4 - d_2^4)$   
= 5106400 cm<sup>4</sup>

Tiang pancang diameter 80 cm

- Diameter luar = 800 mm
- Tebal = 120 mm
- Diameter dalam = 560 mm
- A = 2563,54 cm<sup>2</sup>
- Kelas = A2
- Mutu beton,  $f_c'$  = 52 MPa
- *Allowable axial* = 406,1 ton
- *Bending momen crack* = 45 tonm
- *Bending momen ultimate* = 69 tonm
- E = 33892,182 MPa
- Momen Inersia (I) =  $\frac{1}{64} \times \pi \times (D_2^4 - d_2^4)$   
= 15282622,46 cm<sup>4</sup>

### 6.3.3 Penentuan Kedalaman Tiang Pancang

Penentuan kedalaman tiang pancang diperoleh berdasarkan daya dukung ijin bahan dan tanah yang telah diperhitungkan sebelumnya. Daya dukung ijin tanah diambil 0,5 dari daya dukung ijin bahan.

Perhitungan kedalaman tiang adalah sebagai berikut:

Tiang pancang diameter 60 cm

- Pijin bahan = 229,5 ton
- Pijin tanah = 0,5 x Pijin  
= 0,5 x 229,5

$$= 114,75 \text{ ton}$$

Tiang pancang diameter 80 cm

- Pijin bahan = 406,1 ton
- Pijin tanah = 0,5 x Pijin  
= 0,5 x 406,1  
= 203,05 ton

Didapatkan P ijin tanah untuk masing-masing diameter dan kemudian dicari kedalaman yang sesuai, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

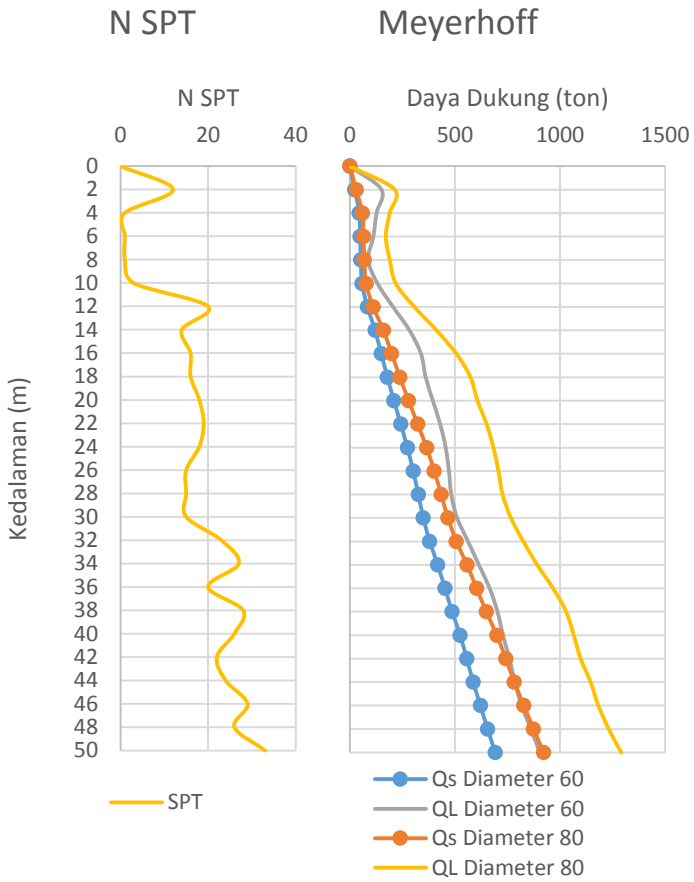
Kedalaman tiang pancang diameter 60 = 31 meter

Kedalaman tiang pancang diameter 80 = 36 meter

#### 6.3.4 Perencanaan Konfigurasi Tiang Pancang

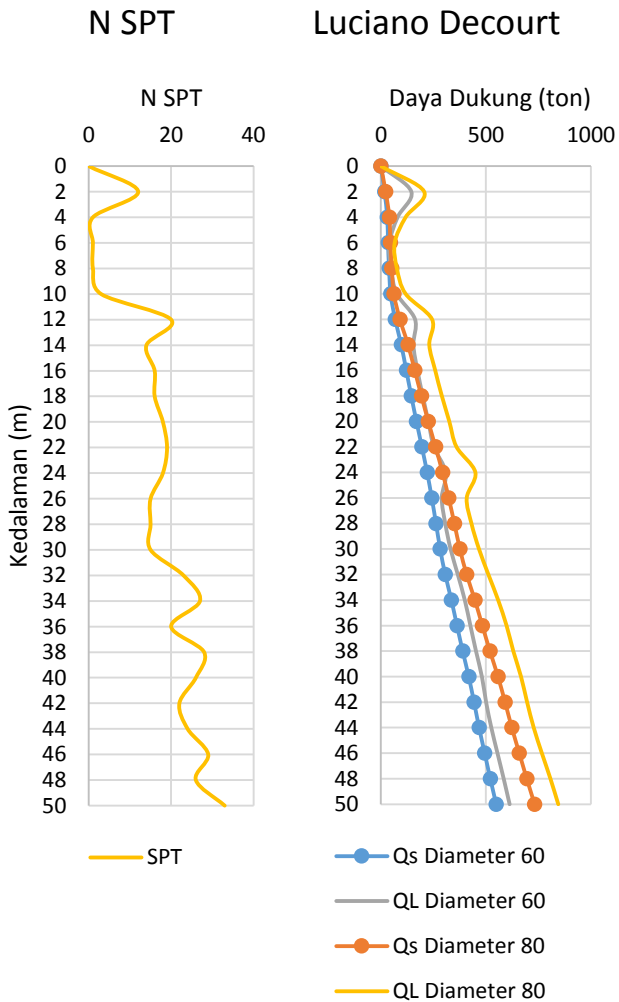
Konfigurasi tiang pancang diameter 60 cm dapat dilihat pada Gambar 6.19 dengan data sebagai berikut:

- Jumlah tiang pancang = 102 buah
- n arah x (n) = 6 buah
- n arah y (m) = 17 buah
- $L_{pilecap}$  arah x = 11 m
- $L_{pilecap}$  arah y = 28,2 m
- Jarak antar tiang arah x = 1,8 m
- Jarak antar tiang arah y = 1,6 m
- $x_{max}$  = 4,5 m
- $y_{max}$  = 12,8 m
- $\Sigma x^2$  = 964 m<sup>2</sup>
- $\Sigma y^2$  = 6267 m<sup>2</sup>

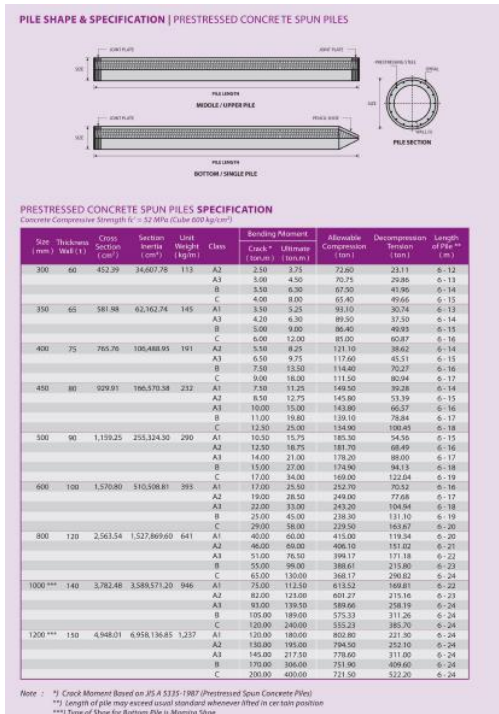


Gambar 6.16 Grafik daya dukung aksial tiang pancang metode Meyerhoff

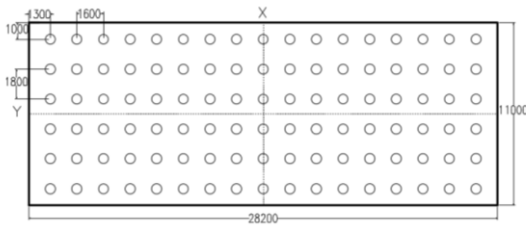




Gambar 6. 17 Grafik daya dukung aksial tiang pancang metode Luciano Decourt



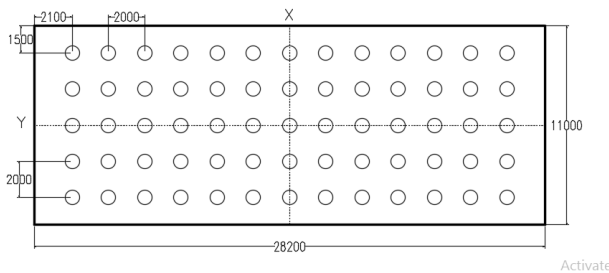
Gambar 6.18 Spesifikasi tiang pancang



Gambar 6.19 Konfigurasi tiang pancang diameter 60 cm

Konfigurasi tiang pancang diameter 80 cm dapat dilihat pada Gambar 6.20 dengan data sebagai berikut:

- Jumlah tiang pancang = 65 buah
- n arah x (n) = 5 buah
- n arah y (m) = 14 buah
- $L_{pilecap}$  arah x = 11 m
- $L_{pilecap}$  arah y = 28,2 m
- Jarak antar tiang arah x = 2 m
- Jarak antar tiang arah y = 2 m
- $X_{max}$  = 4 m
- $y_{max}$  = 12 m
- $\Sigma x^2$  = 832 m<sup>2</sup>
- $\Sigma y^2$  = 3640 m<sup>2</sup>



Gambar 6.20 Konfigurasi tiang pancang diameter 80 cm

### 6.3.5 Perhitungan Gaya Aksial Tiang Pancang Maksimum dan Minimum

Perhitungan gaya aksial tiang pancang maksimum dan minimum diperoleh dengan perhitungan seperti dibawah ini:

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{MyXi}{\sum_{i=1}^n (X_i^2)} \pm \frac{MxYi}{\sum_{i=1}^n (Y_i^2)}$$

Perhitungan dilakukan untuk semua kombinasi pada diameter tiang pancang 60 cm dan 80 cm contoh perhitungan sebagai berikut:

- Kombinasi 1 (Diameter 60)

Kuat1

$$V = 5756,4 \text{ ton}$$

$$n = 102$$

$$M_x = -3512,67 \text{ tm}$$

$$M_y = 0 \text{ tm}$$

$$P_{max} = \frac{5756,4}{102} \pm \frac{0 \times 5,00}{964} \pm \frac{-3512,67 \times 12,8}{6267}$$

$$P_{max} = 63,61 \text{ ton}$$

$$P_{min} = 49,26 \text{ ton}$$

Hasil perhitungan gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 6.31 untuk diameter 60 cm dan Tabel 6.32 untuk diameter 80 cm.

#### ➤ **Perhitungan Kontrol Daya Dukung ijin Aksial Tiang Pancang**

Daya dukung tiang pancang diperoleh dari hasil analisa SPT yang dilakukan dengan menggunakan hasil terkritik antara metode Meyerhoff dan Luciano Decourt dengan *safety factor* sebesar 3 dikalikan dengan faktor efisiensi kelompok tiang pancang sesuai kedalaman yang telah ditentukan dan kemudian dibandingkan dengan gaya aksial maksimum akibat beban yang telah diperhitungkan sebelumnya. Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang untuk masing-masing diameter adalah sebagai berikut:

Tiang pancang diameter 60cm

- Diameter tiang, D = 0,6 m
- Spasi maksimum, S = 1,8 m
- n arah x, n = 6 buah
- n arah y, m = 17 buah
- Efisiensi kelompok tiang

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{0,6}{1,8}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{17} - \frac{1}{6}\right) = 0,6365$$

Tiang pancang diameter 80cm

- Diameter tiang,  $D = 0,8$  m
- Spasi maksimum,  $S = 2$  m
- n arah x,  $n = 5$  buah
- n arah y,  $m = 13$  buah
- Efisiensi kelompok tiang

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{0,8}{2}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{13} - \frac{1}{5}\right) = 0,5826$$

Daya dukung ijin aksial untuk masing-masing kombinasi terdapat pada Tabel 6.33 untuk diameter 60 cm dan Tabel 6.34 untuk diameter 80 cm.

### 6.3.6 Perhitungan Gaya Lateral Tiang Pancang akibat Beban yang Bekerja

Gaya lateral diperoleh dari beban yang bekerja sesuai dengan kombinasi beban yang telah diperhitungkan. Dari gaya horizontal yang diperoleh dari kombinasi pembebanan, dicari gaya horizontal resultan untuk masing-masing tiang seperti yang terdapat pada Tabel 6.35 dan 6.36 dengan rumusan perhitungan sebagai berikut:

$$H_{resultante} = \sqrt{H_x^2 + H_y^2}$$

$$H_{res. 1 \text{ tiang}} = \frac{H_{resultante}}{n}$$

Tabel 6.31 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	V (ton)	n	V/n (ton)	Mx	My	x max	$\Sigma x^2$	My.xmax/x^2	y max	$\Sigma y^2$	Mx.ymax/y^2	Pmax (ton)	Pmin (ton)
				tm	tm	m	m <sup>2</sup>		m	m <sup>2</sup>			
Kuat I	5756,40	102	56,44	-3512,67	0,00	4,50	964	0,00	12,80	6267	-7,17	63,61	49,26
Kuat III	4937,24	102	48,40	-4200,52	377,31	4,50	964	1,76	12,80	6267	-8,58	55,22	41,59
Kuat IV	4937,24	102	48,40	-4200,52	0,00	4,50	964	0,00	12,80	6267	-8,58	56,98	39,82
Kuat V	4937,24	102	48,40	-4200,52	163,78	4,50	964	0,76	12,80	6267	-8,58	56,22	40,59
Ekstrem I arah X	5164,79	102	50,64	147,44	1020,57	4,50	964	4,76	12,80	6267	0,30	55,70	45,57
Ekstrem I arah Y	5164,79	102	50,64	-119,87	3401,88	4,50	964	15,88	12,80	6267	-0,24	66,27	35,00
Layan	4216,83	102	41,34	-2917,79	136,82	4,50	964	0,64	12,80	6267	-5,96	46,66	36,02

Tabel 6.32 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	V (kN)	n	V/n (kN)	Mx	My	x max	$\Sigma x^2$	My.xmax/x^2	y max	$\Sigma y^2$	Mx.ymax/y^2	Pmax (ton)	Pmin (ton)
				kNm	kNm	m	m <sup>2</sup>		m	m <sup>2</sup>			
Kuat I	5756,40	65	88,56	-3512,67	0	4,00	832,00	0,00	12,00	3640	-11,58	100,14	76,98
Kuat III	4937,24	65	75,96	-4200,52	377,31	4,00	832,00	1,81	12,00	3640	-13,85	87,99	63,92

Tabel 6.32 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 80 cm (Lanjutan)

Kombinasi No.	V (kN)	n	V/n (kN)	Mx	My	x max	$\Sigma x^2$	My.xmax/x^2	y max	$\Sigma y^2$	Mx.ymax/y^2	Pmax (ton)	Pmin (ton)
				kNm	kNm	m	m <sup>2</sup>		m	m <sup>2</sup>			
Kuat IV	4937,24	65	75,96	-4200,52	0	4,00	832,00	0,00	12,00	3640	-13,85	89,81	62,11
Kuat V	4937,24	65	75,96	-4200,52	163,78	4,00	832,00	0,79	12,00	3640	-13,85	89,02	62,90
Ekstrem I arah X	5164,79	65	79,46	147,44	1020,57	4,00	832,00	4,91	12,00	3640	0,49	84,85	74,07
Ekstrem I arah Y	5164,79	65	79,46	-119,87	3401,88	4,00	832,00	16,36	12,00	3640	-0,40	95,42	63,50
Layan	4216,83	65	64,87	-2917,79	136,82	4,00	832,00	0,66	12,00	3640	-9,62	73,84	55,91

Tabel 6.33 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	Persen ijin	Pmax (ton)	Pijin 1 tiang	Pijin kelompok	Keterangan
Kuat I	100%	63,61	116,89	74,40	OK
Kuat III	100%	55,22	116,89	74,40	OK
Kuat IV	100%	56,98	116,89	74,40	OK
Kuat V	100%	56,22	116,89	74,40	OK

Tabel 6.33 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 60 cm  
(Lanjutan)

Kombinasi No.	Persen ijin	Pmax (ton)	Pijin 1 tiang	Pijin kelompok	Keterangan
Ekstrem I arah X	100%	55,70	116,89	74,40	OK
Ekstrem I arah Y	100%	66,27	116,89	74,40	OK
Layan	100%	46,66	116,89	74,40	OK

Tabel 6.34 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	Persen ijin	Pmax (ton)	Pijin 1 tiang	Pijin tiang grup	Keterangan
Kuat I	100%	100,14	203,69	118,67	OK
Kuat III	100%	87,99	203,69	118,67	OK
Kuat IV	100%	89,81	203,69	118,67	OK
Kuat V	100%	89,02	203,69	118,67	OK
Ekstrem I arah X	100%	84,85	203,69	118,67	OK
Ekstrem I arah Y	100%	95,42	203,69	118,67	OK
Layan	100%	73,84	203,69	118,67	OK

Tabel 6.35 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	Hx (ton)	Hy (ton)	Hresultan (ton)	Hres 1 tiang (ton)
Kuat I	912,41	0	912,41	8,95
Kuat III	837,72	56,65	839,64	8,23



Tabel 6.35 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 60 cm (Lanjutan)

Kombinasi No.	Hx (ton)	Hy (ton)	Hresultan (ton)	Hres 1 tiang (ton)
Kuat IV	837,72	0	837,72	8,21
Kuat V	837,72	22,26	838,02	8,22
Ekstrem I arah X	1875,54	249,63	1892,08	18,55
Ekstrem I arah Y	1698,57	832,12	1891,44	18,54
Layan	652,16	18,22	652,42	6,40

Tabel 6.36 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	Hx (ton)	Hy (ton)	Hresultan (ton)	Hres 1 tiang (ton)
Kuat I	912,41	0	912,41	14,04
Kuat III	837,72	56,65	839,64	12,92
Kuat IV	837,72	0	837,72	12,89
Kuat V	837,72	22,26	838,02	12,89
Ekstrem I arah X	1875,54	249,63	1892,08	29,11
Ekstrem I arah Y	1698,57	832,12	1891,44	29,10
Layan	652,16	18,22	652,42	10,04

➤ **Perhitungan Kontrol Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral**

Pondasi tiang pancang perlu dikontrol terhadap gaya horizontal. Momen dan defleksi yang terjadi pada tiang pancang tidak boleh melebihi syarat yang telah ditentukan. Perhitungan kontrol tiang

pancang terhadap momen dan defleksi diperhitungkan dengan menggunakan rumusan Thomlinson sebagai berikut :

- Menentukan titik jepit pondasi  
Penentuan jepit pondasi disesuaikan dengan jenis tanah, dipakai  $Z_f = 1,8 T$ .
- Menentukan koefisien modulus variation  $n_h$   
Dimana  $n_h$  untuk soft normally-consolidated clays diambil nilai antara 350 s/d 700  $\text{kN/m}^3$ , dalam perencanaan ini dipakai  $n_h = 450 \text{ kN/m}^3$
- Menentukan Inersia  
Nilai Inersia diperoleh dari perhitungan sesuai dengan diameter tiang.  
I diameter 60 cm =  $5106400 \text{ cm}^4$   
I diameter 80 cm =  $15282622,5 \text{ cm}^4$

- Menentukan modulus elastisitas young tiang

$$E = 4700\sqrt{f'c'}$$

$$f'c' = 52 \text{ MPa}$$

$$E = 4700\sqrt{52} = 33892,182 \text{ Mpa}$$

$$= 338921,82 \text{ kg/cm}^2$$

- Menentukan *stiffness factor* dan  $Z_f$

$$\text{Stiffness factor } T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

Perhitungan untuk diameter 60 cm:

$$T = \sqrt[5]{\frac{338921,82 \times 5106400}{0,045}} = 328,82 \text{ cm}$$

Sehingga  $Z_f = 1,8 \times 328,82 = 591,933 \text{ cm} = 5,91 \text{ m}$

Perhitungan untuk diameter 80 cm:

$$T = \sqrt[5]{\frac{338921,82 \times 1920922}{0,045}} = 428,627 \text{ cm}$$

Sehingga  $Zf = 1,8 \times 428,627 = 771,528 \text{ cm} = 7,71 \text{ m}$

- Perhitungan defleksi tiang  
Defleksi tiang yang terjadi akibat beban maksimum yang bekerja dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta = \frac{H(e + Zf)}{12 EI}$$

Perhitungan diameter 60 cm:

- $H_{\max} = 18,55 \text{ ton}$   
 $= 18549,833 \text{ kg}$
- $E = 338921,812 \text{ kg/cm}^2$
- $Zf = 591,933 \text{ cm}$
- $I = 510640 \text{ cm}^4$
- $\delta = \frac{H(e+Zf)}{12 EI} = 1,853 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm OK!!}$

Perhitungan diameter 80 cm:

- $H_{\max} = 29,109 \text{ ton}$   
 $= 29108,968 \text{ kg}$
- $E = 338921,812 \text{ kg/cm}^2$
- $Zf = 771,528 \text{ cm}$
- $I = 1920921,763 \text{ cm}^4$
- $\delta = \frac{H(e+Zf)}{12 EI} = 1,711 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm OK!!}$

- Perhitungan *Hultimate* tiang  
*Hultimate* tiang dihitung dari momen ultimate tiang dengan rumusan sebagai berikut:

$$H_u = \frac{2M_u}{(e + Zf)}$$

Perhitungan diameter 60 cm:

- $M_u = 58 \text{ tonm}$   
 $= 5800000 \text{ kgcm}$

- $e = 0$
- $Zf = 591,933 \text{ cm}$
- $H_u = \frac{2M_u}{(e+Zf)} = 19,597 \text{ ton}$

Perhitungan diameter 80 cm:

- $M_u = 130 \text{ tonm}$   
 $= 13000000 \text{ kgcm}$
- $e = 0$
- $Zf = 771,53 \text{ cm}$
- $H_u = \frac{2M_u}{(e+Zf)} = 33,699 \text{ ton}$

Sehingga diperoleh Hijin untuk masing-masing tiang seperti yang terdapat pada Tabel 6.37 dan Tabel 6.38.

Tabel 6.37 Hijin Tiang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	Hres 1 tiang(ton)	Hijin (ton)	Keterangan
Kuat I	8,945	19,597	AMAN
Kuat III	8,232	19,597	AMAN
Kuat IV	8,213	19,597	AMAN
Kuat V	8,216	19,597	AMAN
Ekstrem I arah X	18,550	19,597	AMAN
Ekstrem I arah Y	18,544	19,597	AMAN
Layan	6,396	19,597	AMAN

Tabel 6.38 Hijin Tiang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	Hres 1 tiang(ton)	Hijin (ton)	Keterangan
Kuat I	14,037	33,699	AMAN
Kuat III	12,918	33,699	AMAN
Kuat IV	12,888	33,699	AMAN
Kuat V	12,893	33,699	AMAN
Ekstrem I arah X	29,109	33,699	AMAN
Ekstrem I arah Y	29,099	33,699	AMAN
Layan	10,037	33,699	AMAN

### 6.3.7 Tiang Pancang yang Digunakan

Perencanaan pondasi tiang pancang untuk abutmen direncanakan dengan menggunakan diameter 0,6 m dan 0,8 m. Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan kebutuhan tiang pancang untuk masing-masing diameter. Kebutuhan tiang pancang tersebut menentukan jumlah biaya yang dibutuhkan. Hasil perhitungan biaya tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 6.39.

Tabel 6.39 Biaya Tiang Pancang

Diameter Tiang	Jumlah titik	Panjang (m)	Total (m)	Harga per meter	Harga total
600	102	31	3162	Rp592.310	Rp1.872.884.220
800	65	36	2340	Rp863.110	Rp2.019.677.400

Dari perhitungan biaya tersebut, maka digunakan tiang pancang diameter 60 cm. Namun karena membutuhkan tiang pancang yang sangat banyak, direncanakan ulang abutmen dengan

menggunakan geotextile wall untuk menahan beban horizontal tanah. Perhitungan dapat dilihat pada sub bab 6.4.

#### 6.4 Pembebanan Abutmen dengan Perkuatan *Geotextile Wall*

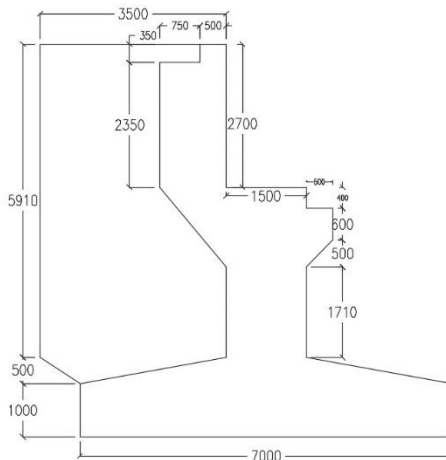
Dalam perencanaan ini digunakan *geotextile wall* untuk menahan tekanan tanah horizontal. Hal ini dimaksudkan agar jumlah tiang dapat dikurangi dan dimensi pile cap dapat diperkecil. Perhitungan masing-masing beban sama seperti pada sub bab 6.2, hanya saja berbeda pada tekanan tanah berat struktur bawah dan beban gempa.

##### 1. Tekanan Tanah

Tekanan tanah sudah ditahan oleh *geotextile wall* memanjang yang telah diperhitungkan pada bab 5 sehingga tidak ada beban tekanan tanah pada perhitungan ini.

##### 2. Berat Struktur Bawah

Perencanaan dimensi abutmen dengan *geotextile wall* terdapat pada Gambar 6.21.



Gambar 6.21 Dimensi abutmen dengan perkuatan *geotextile wall*

Dari perencanaan dimensi abutmen yang terdapat pada Gambar 6.22 dapat dihitung beban bangunan bawah seperti yang terdapat pada Tabel 6.40.

Tabel 6.40 Berat Bangunan Bawah dengan Perkuatan *Geotextile Wall*

Nama	b	h	Bentuk	Luas	Volume	Berat	Lengan	Arah	Momen
	m	m		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	ton	m		ton
<b>Berat Abutmen</b>									
A1	0,5	0,35	1	0,18	4,94	12,34	1,00	-1	-12,34
A2	1,25	2,41	1	3,01	84,95	212,38	1,375	-1	-292,02
A3	1,25	1,5	0,5	0,94	26,44	66,09	1,167	-1	-77,11
A4	0,5	0,6	1	0,30	8,46	21,15	1,00	1	21,15
A5	0,5	0,5	0,5	0,13	3,53	8,81	0,92	1	8,08
A6	1,5	3,21	1	4,82	135,78	339,46	0	0	0,00
A7	2,75	0,5	0,5	0,69	19,39	48,47	1,67	1	80,78
A8	7	1	1	7,00	197,40	493,50	0	1	0,00
A9	2,75	0,5	0,5	0,69	19,39	48,47	1,67	-1	-80,78
A10	1,5	0,5	1	0,75	21,15	52,88	0	0	0,00
							Total:	521,42	1303,55
<b>Berat Wing Wall</b>									
W1	W1	0,75	0,35	1	0,26	0,20	1,625	-1	-0,66
W2	W2	2,75	5,91	1	16,25	12,19	3,125	-1	-95,07
W3	W3	1,25	1,5	0,5	0,94	0,70	1,583	-1	-2,78
W4	W4	1,25	1,71	1	2,14	1,60	1,38	-1	-5,48
W5	W5	0,75	0,5	0,5	0,19	0,14	3,75	-1	-1,32
W6	W6	2,75	0,5	0,5	0,69	0,52	2,58	-1	-3,33
							Total:	15,35	
<b>Berat Tanah</b>									
T1	0,75	0,35	1	0,26	7,40	13,69	1,625	-1	-22,25

Tabel 6.40 Berat Bangunan Bawah dengan Perkuatan *Geotextile Wall* (Lanjutan)

Nama	b	h	Bentuk	Luas	Volume	Berat	Lengan	Arah	Momen
	m	m		m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	ton	m		ton
T2	1,5	5,97	1	8,96	252,53	467,18	2,75	-1	-1284,7
T3	1,25	1,5	0,5	0,94	26,44	48,91	1,5833	-1	-77,44
T4	1,25	1,71	1	2,14	60,28	111,51	1,375	-1	-153,33
T5	2,75	0,5	0,5	0,69	19,39	35,87	2,58333	-1	-92,66
Total:				366,04	366,04	677,17			-1630,4
<b>Total Beban Bangunan Bawah:</b>				<b>902,80</b>	<b>902,80</b>	<b>2019,08</b>			<b>-2091,6</b>

### 3. Beban gempa

Terdapat perbedaan perhitungan beban gempa yang disebabkan karena perubahan dimensi dari bangunan bawah. Perhitungan beban gempa untuk abutmen dengan geotextile wall adalah sebagai berikut:

- Arah memanjang jembatan (X)
  - Tinggi breast wall, H<sub>bw</sub> = 4,71 m
  - Ukuran penampang breast wall, B<sub>bw</sub> = 28,2
  - Tebal breast wall = 1,5
  - Inersia penampang breast wall, I<sub>c</sub> =  $\frac{1}{12}bh^3$  = 7,93 m<sup>4</sup>
  - Mutu beton, K-600, f<sub>c'</sub> =  $0,83 \times \frac{K}{10}$  = 49,8 MPa
  - Modulus elastis beton, E<sub>c</sub> =  $4700 \times \sqrt{f_{c'}}$  = 33167484,08 kPa
  - Nilai kekakuan struktur, K<sub>p</sub> =  $3 \times E_c \times \frac{I_c}{H_{bw}^3}$  = 9925903,68 kN/m
  - Percepatan gravitasi, g = 9,8 m/det<sup>2</sup>
  - Berat sendiri struktur atas (PMSa) = 693,31 kN
  - Berat sendiri struktur bawah (PMSb) = 2019,083 kN



- Berat total
  - = PMS atas + 0,5 PMS bawah
  - =  $693,31 + (0,5 \times 2019,083) = 1702,85 \text{ kN}$
- T arah X
  - $$= T = 2\pi \times \sqrt{\frac{WTP}{g \times Kp}}$$
  - = 0,03 detik
- Arah melintang jembatan (Y)
  - Tinggi breast wall, Hbw = 4,71 m
  - Ukuran penampang breast wall, Bbw = 28,2 m
  - Tebal breast wall = 1,5 m
  - Inersia penampang breast wall, Ic
    - $= \frac{1}{12} bh^3$
    - = 8035,90 m<sup>4</sup>
  - Mutu beton, K-600, fc'
    - =  $0,83 \times \frac{K}{10}$
    - = 49,8 MPa
  - Modulus elastis beton, Ec
    - =  $4700 \times \sqrt{fc'}$
    - = 33167484,08 kPa
  - Nilai kekakuan struktur, Kp
    - =  $3 \times Ec \times \frac{Ic}{Hbw^3}$
    - = 9925903,68 kN/m
  - Percepatan gravitasi, g = 9,8 m/det<sup>2</sup>
  - Berat sendiri struktur atas (PMSa) = 693,31 kN
  - Berat sendiri struktur bawah (PMSb) = 2019,083 kN
  - Berat total
    - = PMS atas + 0,5 PMS bawah
    - =  $693,31 + (0,5 \times 2019,083) = 1702,85 \text{ kN}$
  - T arah Y
    - $$= T = 2\pi \times \sqrt{\frac{WTP}{g \times Kp}}$$
    - = 0,000904 detik

Koefisien respon gempa elastik (Csm) untuk masing-masing arah dapat dihitung sebagai berikut:

- Arah memanjang jembatan (X)

- $T_0 = 0,2 T_S = 0,151$  detik

- $T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,753$  detik

- T arah X = 0,03 detik

Sehingga :  $T < T_0$ , maka diperoleh

$$Csm = (S_{DS} - A_S) \times \frac{T}{T_0} + A_S = 0,442 \text{ detik}$$

- Arah melintang jembatan (Y)

- $T_0 = 0,2 T_S = 0,151$  detik

- $T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,753$  detik

- T arah Y = 0,000904 detik

- Sehingga :  $T < T_0$ , maka diperoleh

- $Csm = (S_{DS} - A_S) \times \frac{T}{T_0} + A_S = 0,343$  detik

Berdasarkan SNI 2833-2016, dalam perhitungan gaya gempa digunakan rumusan dibawah ini dengan nilai yang telah diperoleh dari sub-bab sebelumnya.

$$E_Q = \frac{Csm}{R} W_t$$

- **Beban Gempa Struktur Atas Jembatan**

Pada sub-bab sebelumnya didapatkan nilai  $R = 1,5$ , nilai  $Csm$  memanjang  $(x-x) = 0,442$  detik dan arah melintang  $(y-y) = 0,343$  detik.

Perhitungan distribusi beban gempa pada struktur atas jembatan arah memanjang (X-X) yang menyebabkan momen arah Y-Y terdapat pada Tabel 6.41 Sedangkan untuk arah melintang (Y-Y) yang menyebabkan momen arah X-X terdapat pada Tabel 6.42.

Tabel 6.41 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Memanjang

	Berat	Teq	y	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)	(tm)
Pms	693,307	204,325	7,41	1514,045

Tabel 6. 42 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Atas Arah Melintang

	Berat	Teq	y	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)	(tm)
Pms	693,307	158,566	7,41	1174,971

- **Beban Gempa Struktur Bawah Jembatan**

Beban gempa juga diperhitungkan untuk bangunan bawah dengan nilai R dan Csm yang telah disebutkan pada sub-bab sebelumnya. Perhitungan distribusi beban gempa pada struktur atas jembatan arah memanjang (X-X) yang menyebabkan momen arah Y-Y terdapat pada Tabel 6.43.

Tabel 6.43 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Memanjang

Bidang	Berat	Teq	y	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)	(tm)
Abutmen				
A1	12,338	3,636	7,54	27,397
A2	212,381	62,591	6,16	385,247
A3	66,094	19,478	4,45	86,679
A4	21,150	6,233	4,25	26,491
A5	8,813	2,597	3,78	9,826
A6	339,458	100,042	3,10	310,129
A7	48,469	14,284	1,42	20,236
A8	493,500	145,439	0,63	90,900
A9	48,469	14,284	1,17	16,665
A10	52,875	15,583	1,25	19,478
Wing Wall				
W1	0,492	0,145	7,51	1,089

Tabel 6.43 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Memanjang (Lanjutan)

Bidang	Berat	Teq	y	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)	(tm)
W2	30,473	8,981	5,06	45,439
W3	1,758	0,518	3,95	2,046
W4	4,008	1,181	2,60	3,071
W5	0,352	0,104	1,52	0,157
W6	1,289	0,380	1,33	0,507
Tanah				
T1	13,695	4,036	7,26	29,281
T2	467,182	137,683	5,30	729,722
T3	48,909	14,414	3,70	53,332
T4	111,513	32,864	2,35	77,231
T5	35,867	10,570	1,33	14,094
Total:	Teq:	595,044	Meq:	1949,015

Dari tabel diatas didapatkan distribusi gempa untuk arah memanjang dari struktur bawah yang terdiri dari abutmen, wingwall, dan tanah adalah sebesar  $Teq = 595,044$  ton dan  $Meq = 1949,015$  tm. Sedangkan untuk arah melintang (Y-Y) yang menyebabkan momen arah X-X terdapat pada Tabel 6.44.

Tabel 6.44 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Melintang

Bidang	Berat	Teq	y	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)	(tm)
Abutmen				
A1	12,338	2,822	7,26	20,471
A2	212,381	48,574	5,91	286,827
A3	66,094	15,116	4,20	63,488
A4	21,150	4,837	4,00	19,349

Tabel 6.44 Distribusi Beban Gempa pada Struktur Bawah Arah Melintang (Lanjutan)

Bidang	Berat	Teq	y	Meq
	Wt (ton)	(ton)	(m)	(tm)
Wing Wall				
W2	30,473	6,970	4,57	31,858
W3	1,758	0,402	3,70	1,488
W4	4,008	0,917	2,35	2,154
W5	0,352	0,080	1,49	0,120
W6	1,289	0,295	1,33	0,393
Tanah				
T1	13,695	3,132	7,26	22,723
T2	467,182	106,849	5,30	566,299
T3	48,909	11,186	3,70	41,388
T4	111,513	25,504	2,35	59,935
T5	35,867	8,203	1,33	10,937
Total:	Teq:	449,690	Meq:	1438,934

Dari tabel diatas didapatkan distribusi gempa untuk arah melintang dari struktur bawah yang terdiri dari abutmen, wingwall, dan tanah adalah sebesar  $Teq = 449,699\text{ton}$  dan  $Meq = 1438,934\text{tm}$ .

Perhitungan beban lainnya sama seperti pada sub bab sebelumnya, sehingga diperoleh rekap beban yang ditampilkan pada Tabel 6.45. Rekap beban tersebut kemudian dikombinasikan dengan kombinasi sesuai SNI 1725:2016 seperti yang terdapat pada Tabel 6.22. Kombinasi beban dengan perkuatan geotextile wall dapat dilihat pada Tabel 6.46 sampai 6.52 dan rekap kombinasi dapat dilihat pada Tabel 6.53.

Tabel 6.45 Rekap Besar Beban dengan Perkuatan *Geotextile Wall*

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)
<b>Beban Mati</b>						
Beban struktur atas	MSa	693,30675				
Beban struktur atas tambahan	MA	67,111				
Beban struktur bawah	MSb	2019,08			-2091,647	
<b>Beban Hidup</b>						
Beban lajur "D"	TD	455,086				
<b>Tekanan Tanah</b>						
Tekanan tanah	TA		0		0	
<b>Beban rem</b>						
Beban rem	TB		41,492		382,137	
<b>Beban Angin</b>						
Beban angin	EWs			40,467		269,510

Tabel 6.45 Rekap Besar Beban dengan Perkuatan Geotextile Wall (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)
<b>Beban Angin</b>						
Beban angin	EWI			6,077		55,911
<b>Beban Temperatur</b>						
Temperatur	Eun		4,187		18,004	
<b>Beban Gempa</b>						
Tekanan tanah dinamis	EQd		341,664		1343,877	
Beban gempa (arah x)	EQx		852,779		3757,805	
Beban gempa (arah y)	EQy			672,568		2899,228
<b>Beban Gesekan Perletakkan</b>						
Gesekan pada perletakkan	FB		45,707		253,672	

## 1. Kombinasi 1

Kuat I

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 1,8 TD + 1,8 TB + BF + 1,2 Eun$$

Tabel 6.46 Kombinasi Beban Kuat I

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	2624,81			-2719,14	
Tekanan tanah	TA		0,00		0,00	
Beban lajur "D"	TD	819,15				
Beban rem	TB		74,68		687,85	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		192,39	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

## 2. Kombinasi 2

Kuat III

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 1,4 EWs + BF + 1,2 Eun$$

Tabel 6.47 Kombinasi Beban Kuat III

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				



Tabel 6.47 Kombinasi Beban Kuat III  
(Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	2624,81			-2719,14	
Tekanan tanah	TA		0,00		0,00	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		192,39	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

3. Kombinasi 3

Kuat IV

1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + BF + 1,2 Eun

Tabel 6. 48 Kombinasi Beban Kuat IV

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	2624,81			-2719,14	
Tekanan tanah	TA		0,00		0,00	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		192,39	

Tabel 6.48 Kombinasi Beban Kuat IV (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

## 4. Kombinasi 4

Kuat V

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,4 Ews + Ewl + BF + 1,2 Eun$$

Tabel 6.49 Kombinasi Beban Kuat V

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	2624,81			-2719,14	
Tekanan tanah	TA		0,00		0,00	
Beban angin Ews	Ews			16,19		107,80
Beban angin EWL	EWL			6,08		55,97
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		192,39	
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

## 5. Kombinasi 5

Ekstrem I arah X

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,5 TD + 0,5 TB + BF + EQ$$

Tabel 6.50 Kombinasi Ekstrem I Arah X

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	2624,81			-2091,65	
Tekanan tanah	TA		0,00		0,00	
Beban lajur "D"	Ews	227,54				
Beban rem	TB		20,75		191,07	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		192,39	
Beban gempa arah X	EQx		799,37		3463,06	
Beban gempa arah Y (30%)	EQy			182,48		784,17
Tekanan tanah dinamis	EQd		538,49		1350,72	

Ekstrem I arah Y

$$1,3 MS + 2 MA + 1,4 TA + 0,5 TD + 0,5 TB + BF + EQ$$

Tabel 6.51 Kombinasi Ekstrem I Arah Y

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				

Tabel 6.51 Kombinasi Ekstrem I Arah Y (lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MSa	901,30				
Beban struktur atas tambahan	MA	134,22				
Beban struktur bawah	MSb	2624,81			- 2091,65	
Tekanan tanah	TA		0,00		0,00	
Beban lajur "D"	TD	227,54				
Beban rem	TB		20,75		191,07	
Beban gesekan pada perletakkan	BF		38,02		192,39	
Beban gempa arah X (30%)	EQx		239,81		1038,92	
Beban Gempa arah Y	EQy			608,26		2613,91
Tekanan tanah dinamis	EQd		342,82		1350,72	

## 6. Kombinasi 6

Layan

$$MS + MA + TA + TD + TB + 0,3 Ews + EWL + 1,2 Eun$$

Tabel 6.52 Kombinasi Beban Layan

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas	MS	693,31				

Tabel 6.52 Kombinasi Beban Layan (Lanjutan)

Beban	Simbol	Vertikal	Horizontal		Momen	
		P (ton)	X (ton)	Y (ton)	X (tonm)	Y (tonm)
Beban struktur atas tambahan	MA	67,11				
Beban struktur bawah	MS	2019,08			-2091,65	
Tekanan tanah	TA		0,00		0,00	
Beban lajur "D"	TD	455,09				
Beban rem	TB		41,49		382,14	
Beban angin EWs	EWs			12,14		80,85
Beban angin EWL	EWL			6,08		55,97
Temperatur	Eun		5,02		23,66	

Tabel 6.53 Rekap Kombinasi

Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
	P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (tonm)	Transversal (tonm)
Kuat I	4479,48	117,73	0,00	-1815,24	0,00
Kuat III	3660,33	43,05	56,65	-2503,09	377,31
Kuat IV	3660,33	43,05	0,00	-2503,09	0,00
Kuat V	3660,33	43,05	22,26	-2503,09	163,78
Ekstrem I arah X	3887,87	858,14	182,48	1754,87	784,17
Ekstrem I arah Y	3887,87	641,40	608,26	681,45	2613,91
Layan	3234,59	46,52	18,22	-1685,85	136,82

## 6.5 Perencanaan Pondasi Dalam Abutmen dengan Perkuatan *Geotextile Wall*

Perencanaan pondasi dalam untuk abutmen tanpa perkuatan sama dengan abutmen dengan perkuatan, hanya saja beban yang bekerja berbeda.

### 6.5.1 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung aksial tiang pancang diperoleh berdasarkan hasil SPT yang didapatkan dari tes lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 1 dengan parameter tanah yang diperoleh dari korelasi. Perhitungan daya dukung diperoleh dengan membandingkan 2 metode, yaitu metode Meyerhoff dan Luciano Decourt dan digunakan hasil yang paling kritis. Tabel perhitungan daya dukung aksial dapat dilihat pada Lampiran 12, sedangkan grafik SPT dan hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 6.16 dan 6.17.

### 6.5.2 Spesifikasi Tiang Pancang

Spesifikasi tiang pancang yang digunakan sama seperti yang terdapat pada sub bab 6.3.2 untuk diameter 600 mm dan 800 mm

### 6.5.3 Penentuan Kedalaman Tiang Pancang

Penentuan kedalaman tiang pancang diperoleh berdasarkan daya dukung ijin bahan dan tanah yang telah diperhitungkan sebelumnya. Daya dukung ijin tanah diambil 0,5 dari daya dukung ijin bahan.

Perhitungan kedalaman tiang adalah sebagai berikut:

Tiang pancang diameter 60 cm

- Pijin bahan = 229,5 ton
- Pijin tanah = 0,5 x Pijin  
= 0,5 x 229,5  
= 114,75 ton

Tiang pancang diameter 80 cm

- Pultimate bahan = 368,17 ton
- Pijin tanah = 0,5 x Pijin

$$= 0,5 \times 368,17$$

$$= 184,085 \text{ ton}$$

Didapatkan P ijin tanah untuk masing-masing diameter dan kemudian dicari kedalaman yang sesuai, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

Kedalaman tiang pancang diameter 60 = 31 meter

Kedalaman tiang pancang diameter 80 = 34 meter

Namun, kedalaman ini perlu dikontrol apakah mencukupi atau tidak untuk menahan beban yang bekerja.

#### 6.5.4 Perencanaan Konfigurasi Tiang Pancang

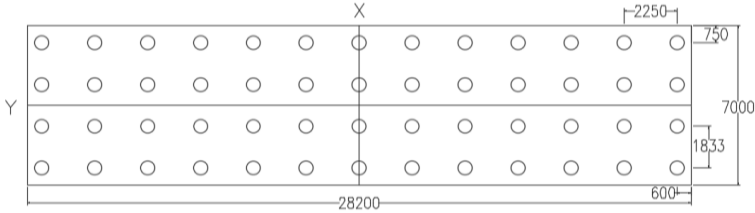
Konfigurasi tiang pancang diameter 60 cm dapat dilihat pada Gambar 6.22 dengan data sebagai berikut:

- Jumlah tiang pancang = 52 buah
- n arah x (n) = 4 buah
- n arah y (m) = 13 buah
- $L_{pilecap}$  arah x = 7 m
- $L_{pilecap}$  arah y = 28,2 m
- Jarak antar tiang arah x = 1,833 m
- Jarak antar tiang arah y = 2,25 m
- $X_{max}$  = 2,75 m
- $Y_{max}$  = 13,5 m
- $\Sigma x^2$  = 217,67 m<sup>2</sup>
- $\Sigma y^2$  = 5528 m<sup>2</sup>

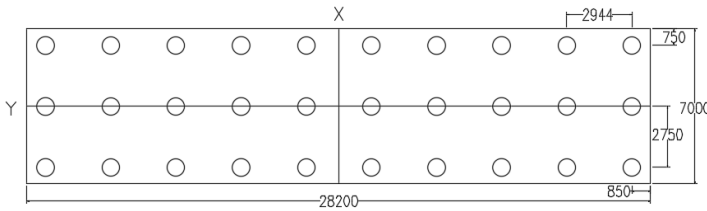
Konfigurasi tiang pancang diameter 80 cm dapat dilihat pada Gambar 6.23 dengan data sebagai berikut:

- Jumlah tiang pancang = 30 buah
- n arah x (n) = 3 buah
- n arah y (m) = 10 buah
- $L_{pilecap}$  arah x = 7 m
- $L_{pilecap}$  arah y = 28,2 m
- Jarak antar tiang arah x = 2,75 m

- Jarak antar tiang arah y = 2,944 m
- $X_{max}$  = 2,75 m
- $y_{max}$  = 13,25 m
- $\Sigma X^2$  = 980 m<sup>2</sup>
- $\Sigma y^2$  = 5460 m<sup>2</sup>



• Gambar 6.22 Konfigurasi tiang pancang diameter 60 cm untuk abutmen dengan perkuatan *geotextile wall*



Gambar 6.23 Konfigurasi tiang pancang diameter 80 cm untuk abutmen dengan perkuatan *geotextile wall*

### 6.5.5 Perhitungan Gaya Aksial Tiang Pancang Maksimum dan Minimum

Perhitungan gaya aksial tiang pancang maksimum dan minimum diperoleh dengan perhitungan seperti dibawah ini:

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{MyXi}{\sum_{i=1}^n (X_i^2)} \pm \frac{MxYi}{\sum_{i=1}^n (Y_i^2)}$$

Perhitungan dilakukan untuk semua kombinasi pada diameter tiang pancang 60 cm dan 80 cm contoh perhitungan sebagai berikut:



- Kombinasi 1 (Diameter 60)  
Kuat1  
V = 4479,48 ton  
n = 52  
Mx = -1815,24 tm  
My = 0 tm

$$P = \frac{4479,48}{52} \pm \frac{0 \times 2,75}{217,68} \pm \frac{-1815,24 \times 13,5}{5528}$$

$$P_{max} = 90,58 \text{ ton}$$

$$P_{min} = 81,71 \text{ ton}$$

Hasil perhitungan gaya aksial maksimum dan minimum pada tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 6.54 untuk diameter 60 cm dan Tabel 6.55 untuk diameter 80 cm.

#### ➤ **Perhitungan Kontrol Daya Dukung ijin Aksial Tiang Pancang**

Daya dukung tiang pancang diperoleh dari hasil analisa SPT yang dilakukan dengan menggunakan hasil terkritik antara metode Meyerhoff dan Luciano Decourt dengan *safety factor* sebesar 3 dikalikan dengan faktor efisiensi kelompok tiang pancang sesuai kedalaman yang telah ditentukan dan kemudian dibandingkan dengan gaya aksial maksimum akibat beban yang telah diperhitungkan sebelumnya. Perhitungan efisiensi kelompok tiang pancang untuk masing-masing diameter adalah sebagai berikut:

Tiang pancang diameter 60cm

- Diameter tiang, D = 0,6 m
- Spasi maksimum, S = 2,25 m
- n arah x, n = 4 buah
- n arah y, m = 13 buah
- Efisiensi kelompok tiang

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{0,6}{2,25}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{13} - \frac{1}{4}\right) = 0,722$$

Tiang pancang diameter 80cm

- Diameter tiang, D = 0,8 m
- Spasi maksimum, S = 2,94 m
- n arah x, n = 3 buah
- n arah y, m = 10 buah
- Efisiensi kelompok tiang

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{D}{S}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n}\right)$$

$$C_e = 1 - \frac{\arctan\left(\frac{0,8}{2,94}\right)}{90^\circ} \times \left(2 - \frac{1}{10} - \frac{1}{3}\right) = 0,735$$

Daya dukung ijin aksial untuk masing-masing kombinasi terdapat pada Tabel 6.56 untuk diameter 60 cm dan Tabel 6.57 untuk diameter 80 cm. Daya dukung axial dikontrol dengan jumlah dan kedalaman tiang pancang. Kedalaman yang digunakan agar dapat menahan beban adalah 40 meter untuk diameter 600 mm dan 45 meter untuk diameter 800 mm

### 6.5.6 Perhitungan Gaya Lateral Tiang Pancang akibat Beban yang Bekerja

Perhitungan gaya lateral untuk masing-masing tiang seperti yang terdapat pada Tabel 6.58 dan 6.59 dengan rumusan perhitungan sebagai berikut:

$$H_{resultante} = \sqrt{Hx^2 + Hy^2}$$

$$H_{res.1\ tiang} = \frac{H_{resultante}}{n}$$

Tabel 6.54 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	V (ton)	n	V/n (ton)	Mx	My	x max	$\Sigma x^2$	My. x <sub>max</sub> / x <sup>2</sup>	y max	$\Sigma y^2$	Mx. y <sub>max</sub> / y <sup>2</sup>	Pmax (ton)	Pmin (ton)
				tm	tm	m	m <sup>2</sup>		m	m <sup>2</sup>			
Kuat I	4479,48	52	86,14	-1815,24	0,00	2,75	217,68	0	13,50	5528	-4,43	90,58	81,71
Kuat III	3660,33	52	70,39	-2503,09	377,31	2,75	217,68	4,76	13,50	5528	-6,11	71,75	69,04
Kuat IV	3660,33	52	70,39	-2503,09	0,00	2,75	217,68	0	13,50	5528	-6,11	76,50	64,28
Kuat V	3660,33	52	70,39	-2503,09	163,78	2,75	217,68	2,07	13,50	5528	-6,11	74,44	66,34
Ekstrem I arah X	3887,87	52	74,77	1754,87	784,17	2,75	217,68	9,89	13,50	5528	4,29	88,94	60,59
Ekstrem I arah Y	3887,87	52	74,77	681,45	2613,91	2,75	217,68	32,96	13,50	5528	1,66	109,39	40,14
Layan	3234,59	52	62,20	-1685,85	136,82	2,75	217,68	1,73	13,50	5528	-4,12	64,60	59,81

Tabel 6.55 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	V (ton)	n	V/n (ton)	Mx	My	x max	$\Sigma x^2$	My. x <sub>max</sub> / x <sup>2</sup>	y max	$\Sigma y^2$	Mx. Y <sub>max</sub> / y <sup>2</sup>	Pmax (ton)	Pmin (ton)
				tm	tm	m	m <sup>2</sup>		m	m <sup>2</sup>			
Kuat I	4479,48	30	149,32	-1815,24	0,00	2,75	167,45	0	13,25	5618	-4,28	153,60	145,04
Kuat III	3660,33	30	122,01	-2503,09	377,31	2,75	167,45	6,19	13,25	5618	-5,90	122,29	121,73
Kuat IV	3660,33	30	122,01	-2503,09	0,00	2,75	167,45	0	13,25	5618	-5,90	127,91	116,11
Kuat V	3660,33	30	122,01	-2503,09	163,78	2,75	167,45	2,68	13,25	5618	-5,90	125,23	118,79

Tabel 6.56 Gaya Aksial Maksimum dan Minimum Tiang Pancang Diameter 80 cm (Lanjutan)

Kombinasi No.	V (ton)	n	V/n (ton)	Mx	My	$x_{\max}$	$\Sigma x^2$	$\frac{M_y \cdot x_{\max}}{x^2}$	y max	$\Sigma y^2$	$\frac{M_x \cdot Y_{\max}}{y^2}$	Pmax (ton)	Pmin (ton)
				tm	tm	m	m <sup>2</sup>	m	m <sup>2</sup>				
Ekstrem I arah X	3887,87	30	129,60	1754,87	784,17	2,75	167,45	12,86	13,25	5618	4,14	146,59	112,60
Ekstrem I arah Y	3887,87	30	129,60	681,45	2613,9	2,75	167,45	42,85	13,25	5618	1,61	174,05	85,14
Layan	3234,59	30	107,82	-1685,85	136,82	2,75	167,45	2,24	13,25	5618	-3,98	109,55	106,09

Tabel 6.56 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	Persen ijin	Pmax (ton)	Pijin 1 tiang	Pijin kelompok	Keterangan
Kuat I	100%	90,58	160,32	115,82	OK
Kuat III	100%	71,75	160,32	115,82	OK
Kuat IV	100%	76,50	160,32	115,82	OK
Kuat V	100%	74,44	160,32	115,82	OK
Ekstrem I arah X	100%	88,94	160,32	115,82	OK
Ekstrem I arah Y	100%	109,39	160,32	115,82	OK
Layan	100%	64,60	160,32	115,82	OK

Tabel 6.57 Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	Persen ijin	Pmax (ton)	Pijin 1 tiang	Pijin kelompok	Keterangan
Kuat I	100%	153,60	248,53	182,68	OK
Kuat III	100%	122,29	248,53	182,68	OK
Kuat IV	100%	127,91	248,53	182,68	OK
Kuat V	100%	125,23	248,53	182,68	OK
Ekstrem I arah X	100%	146,59	248,53	182,68	OK
Ekstrem I arah Y	100%	174,05	248,53	182,68	OK
Layan	100%	109,55	248,53	182,68	OK

Tabel 6.58 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	Hx (ton)	Hy (ton)	Hresultan (ton)	Hres 1 tiang (ton)
Kuat I	117,73	0,00	117,730	2,264
Kuat III	43,05	56,65	71,152	1,368
Kuat IV	43,05	0,00	43,045	0,828
Kuat V	43,05	22,26	48,462	0,932
Ekstrem I arah X	858,14	182,48	877,322	16,872
Ekstrem I arah Y	641,40	608,26	883,951	16,999
Layan	46,52	18,22	49,956	0,961

Tabel 6.59 Perhitungan Gaya Lateral Akibat Kombinasi Beban untuk Tiang Pancang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	Hx (ton)	Hy (ton)	Hresultan (ton)	Hres 1 tiang (ton)
Kuat I	117,73	0,00	117,730	3,924
Kuat III	43,05	56,65	71,152	2,372
Kuat IV	43,05	0,00	43,045	1,435
Kuat V	43,05	22,26	48,462	1,615
Ekstrem I arah X	858,14	182,48	877,322	29,244
Ekstrem I arah Y	641,40	608,26	883,951	29,465
Layan	46,52	18,22	49,956	1,665

➤ **Perhitungan Kontrol Tiang Pancang terhadap Gaya Lateral**

Pondasi tiang pancang perlu dikontrol terhadap gaya horizontal. Momen dan defleksi yang terjadi pada tiang pancang tidak boleh melebihi syarat yang telah ditentukan. Perhitungan kontrol tiang pancang terhadap momen dan defleksi diperhitungkan dengan menggunakan rumusan Thomlinson sebagai berikut :

- Menentukan titik jepit pondasi  
Penentuan jepit pondasi disesuaikan dengan jenis tanah, dipakai  $Z_f = 1,8 T$ .
- Menentukan koefisien modulus variation  $n_h$   
Dimana  $n_h$  untuk soft normally-consolidated clays diambil nilai antara 350 s/d 700  $\text{kN/m}^3$ , dalam perencanaan ini dipakai  $n_h = 450 \text{ kN/m}^3$
- Menentukan Inersia  
Nilai Inersia diperoleh dari perhitungan sesuai dengan diameter tiang.  
I diameter 60 cm =  $5106400 \text{ cm}^4$   
I diameter 80 cm =  $15282622,5 \text{ cm}^4$

- Menentukan modulus elastisitas young tiang

$$E = 4700\sqrt{f'c'}$$

$$f'c' = 52 \text{ MPa}$$

$$E = 4700\sqrt{52} = 33892,182 \text{ Mpa}$$

$$= 338921,82 \text{ kg/cm}^2$$

- Menentukan *stiffness factor* dan Zf

$$\text{Stiffness factor } T = \sqrt[5]{\frac{EI}{n_h}}$$

Perhitungan untuk diameter 60 cm:

$$T = \sqrt[5]{\frac{338921,82 \times 5106400}{0,045}} = 328,82 \text{ cm}$$

$$\text{Sehingga } Z_f = 1,8 \times 328,82 = 591,933 \text{ cm} = 5,91 \text{ m}$$

Perhitungan untuk diameter 80 cm:

$$T = \sqrt[5]{\frac{338921,82 \times 1920922}{0,045}} = 428,627 \text{ cm}$$

$$\text{Sehingga } Z_f = 1,8 \times 428,627 = 771,528 \text{ cm} = 7,71 \text{ m}$$

- Perhitungan defleksi tiang  
Defleksi tiang yang terjadi akibat beban maksimum yang bekerja dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$\delta = \frac{H(e + Z_f)}{12 EI}$$

Perhitungan diameter 60 cm:

- Hmax = 16,999 ton  
= 16999,052 kg
- E = 338921,812 kg/cm<sup>2</sup>
- Zf = 591,933 cm
- I = 510640 cm<sup>4</sup>

$$- \delta = \frac{H(e+Zf)}{12 EI} = 1,697 \text{ cm} < 2,5 \text{ cm OK!!}$$

Perhitungan diameter 80 cm:

$$\begin{aligned} - H_{\max} &= 29,465 \text{ ton} \\ &= 29465,024 \text{ kg} \\ - E &= 338921,812 \text{ kg/cm}^2 \\ - Zf &= 737,037 \text{ cm} \\ - I &= 1920921,763 \text{ cm}^4 \\ - \delta &= \frac{H(e+Zf)}{12 EI} = 1,898 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm OK!!} \end{aligned}$$

- Perhitungan *Hultimate* tiang  
*Hultimate* tiang dihitung dari momen ultimate tiang dengan rumusan sebagai berikut:

$$H_u = \frac{2M_u}{(e + Zf)}$$

Perhitungan diameter 60 cm:

$$\begin{aligned} - M_u &= 58 \text{ tonm} \\ &= 5800000 \text{ kgcm} \\ - e &= 0 \\ - Zf &= 591,933 \text{ cm} \\ - H_u &= \frac{2M_u}{(e+Zf)} = 19,597 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan diameter 80 cm:

$$\begin{aligned} - M_u &= 130 \text{ tonm} \\ &= 13000000 \text{ kgcm} \\ - e &= 0 \\ - Zf &= 737,037 \text{ cm} \\ - H_u &= \frac{2M_u}{(e+Zf)} = 35,276 \text{ ton} \end{aligned}$$

Diperoleh Hijin terhadap masing-masing tiang seperti yang terdapat pada Tabel 6.60 dan Tabel 6.61.



Tabel 6.60 Hijin Tiang Diameter 60 cm

Kombinasi No.	Persen Hijin	Hres 1 tiang(ton)	Hijin (ton)	Keterangan
Kuat I	100%	2,264	19,597	AMAN
Kuat III	100%	1,368	19,597	AMAN
Kuat IV	100%	0,828	19,597	AMAN
Kuat V	100%	0,932	19,597	AMAN
Ekstrem I arah X	100%	16,825	19,597	AMAN
Ekstrem I arah Y	100%	17,302	19,597	AMAN
Layan	100%	0,961	19,597	AMAN

Tabel 6.61 Hijin Tiang Diameter 80 cm

Kombinasi No.	Persen Hijin	Hres 1 tiang(ton)	Hijin (ton)	Keterangan
Kuat I	100%	3,924	35,276	AMAN
Kuat III	100%	2,372	35,276	AMAN
Kuat IV	100%	1,435	35,276	AMAN
Kuat V	100%	1,615	35,276	AMAN
Ekstrem I arah X	100%	29,164	35,276	AMAN
Ekstrem I arah Y	100%	29,990	35,276	AMAN
Layan	100%	1,665	35,276	AMAN

### 6.5.7 Tiang Pancang yang Digunakan

Perencanaan pondasi tiang pancang untuk abutmen dengan perkuatan *geotextile wall* direncanakan dengan menggunakan diameter 0,6 m dan 0,8 m. Dari perhitungan sebelumnya, didapatkan kebutuhan tiang pancang untuk masing-masing

diameter. Kebutuhan tiang pancang tersebut menentukan jumlah biaya yang dibutuhkan. Hasil perhitungan biaya tiang pancang dapat dilihat pada Tabel 6.62.

Tabel 6.62 Biaya Tiang Pancang Abutmen dengan Perkuatan

Diameter Tiang	n	Panjang (m)	Total (m)	Harga per meter	Harga total
600	52	40	2080	Rp 592.310	Rp 1.232.004.800
800	30	45	1350	Rp 863.110	Rp 1.165.198.500

Dari perhitungan biaya tersebut, maka digunakan tiang pancang diameter 80 cm. Sedangkan untuk pemilihan dengan atau tanpa perkuatan dapat ditinjau dari biaya material yang terdapat pada Tabel 6.63.

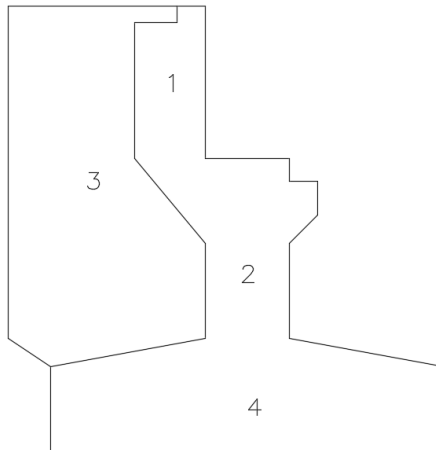
Tabel 6.63 Perbandingan Biaya Tiang Pancang Abutmen dengan Perkuatan dan Tanpa Perkuatan

Keterangan	Biaya Material	
<b>Tanpa Perkuatan</b>		
Tiang Pancang 600 mm	Rp1.872.884.200	
Total Biaya Tanpa Perkuatan		Rp1.872.884.220
<b>Dengan Perkuatan</b>		
Tiang Pancang 800 mm	Rp1.165.198.500	
Geotextile Wall	Rp19.838.700	
Total Biaya Dengan Perkuatan		Rp1.185.037.200
Selisih		Rp687.847.020

Dari perhitungan perbandingan biaya tersebut, maka digunakan abutmen dengan perkuatan *geotextile wall* dan tiang pancang berdiameter 800mm

### 6.6 Penulangan Abutmen

Penulangan abutmen dihitung untuk masing-masing bagian abutmen sesuai dengan beban yang bekerja. Pembagian perencanaan penulangan abutmen dapat dilihat pada Gambar 6.24.



Gambar 6. 24 Bagian-bagian penulangan pada abutmen

Dari Gambar 6.24 pembagian penulangan abutmen adalah sebagai berikut:

- Bagian 1 = penulangan *backwall*
- Bagian 2 = penulangan *breastwall*
- Bagian 3 = penulangan *wingwall*
- Bagian 4 = penulangan *pilecap*

### 6.6.1 Perhitungan Tulangan *Back-wall*

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Tinggi timbunan pada back-wall ( $H_t$ ) = 2,7 m
- Lebar melintang back-wall ( $B_a$ ) = 28,2 m
- Berat jenis tanah = 1,85 ton/m<sup>3</sup>

#### 1. Berat sendiri *Back-wall*

Perhitungan berat sendiri *back-wall* dapat dilihat pada Tabel 6.64.

Tabel 6.64 Beban Sediri *Back-wall*

	Berat (ton)
A1	12,34
A2	212,38
Total	224,72

#### 2. Beban gempa

Koefisien beban gempa arah memanjang x-x, diperoleh dari  $\frac{C_{sm}}{R} = \frac{0,442}{1,5} = 0,29$ , maka  $T_{eq} = \frac{C_{sm}}{R} \times W$ . Perhitungan beban gempa arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 6.65.

Tabel 6.65 Beban Gempa *Backwall* Memanjang

	Berat	T <sub>eq</sub>	Lengan	Momen
	(ton)	(ton)	(m)	(tm)
A1	12,338	3,636	4,085	14,853
A2	212,381	62,591	2,705	169,308
Total	224,719	66,227		184,161

Koefisien beban gempa arah melintang y-y, diperoleh dari

$\frac{C_{sm}}{R} = \frac{0,343}{1,5} = 0,23$ , maka  $T_{eq} = \frac{C_{sm}}{R} \times W$ . Perhitungan beban gempa arah melintang dapat dilihat pada Tabel 6.66.

Tabel 6.66 Beban Gempa *Backwall* Melintang

	Berat	Teq	Lengan	Momen
	(ton)	(ton)	(m)	(tm)
A1	12,3375	2,821699438	4,085	11,5266422
A2	212,38125	48,57354032	2,705	131,3914266
Total	224,71875	51,39523976		142,9180688

### 3. Tekanan tanah dinamis

Beban dari tekanan tanah dinamis akibat gempa diperhitungkan dengan data perencanaan sebagai berikut:

$$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$H_t = 2,7 \text{ m}$$

$$B_a = 28,2 \text{ m}$$

$$A_s = 0,34$$

$$K_h = 0,17$$

$$K_v = 0$$

$$\Phi = 30^\circ$$

$$\theta = 0,168^\circ$$

$$\delta, I, \beta = 0^\circ$$

Sehingga didapatkan  $K_{AE} = 0,3762$ , maka  $E_{AE} = 25,373 \text{ kN/m}$

Gaya tekanan tanah dinamis,  $Teq = E_{AE} \times B_a = 71,552 \text{ ton}$

Lengan terhadap titik pusat pondasi,  $Yeq = 2/3 H_t = 1,8 \text{ m}$

Momen yang terjadi,  $Meq = 128,794 \text{ tm}$

Dari perhitungan beban-beban tersebut direkap dalam Tabel 6.67.

Tabel 6.67 Rekap Beban pada *Back-wall*

No	Beban	V (ton)	Hx (ton)	Hy (ton)	Mx (tonm)	My (tonm)
1	Berat sendiri	224,719				
2	Gempa		66,227	51,395	184,161	142,918
3	Tekanan Tanah Dinamis		71,552		128,794	
Total Beban		224,719	137,779	51,395	312,955	142,918

- **Perhitungan tulangan utama**

Perencanaan penulangan longitudinal (utama) dilakukan dengan menggunakan *SPcolumn* dengan dimensi backwall 1,25 x 28,2 m dengan beban sebagai berikut:

$$P_u = 2247,2 \text{ kN}$$

$$M_x = 3129,6 \text{ kN}$$

$$M_y = 1429,2 \text{ kN}$$

$$\text{Clear cover} = 100 \text{ mm}$$

$$f_c' = 50 \text{ MPa}$$

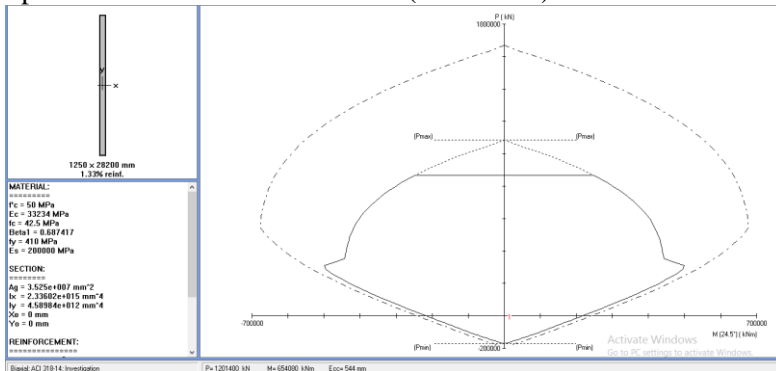
$$f_y = 410 \text{ MPa}$$

Dari hasil analisa *SPcolumn* yang dapat dilihat pada Gambar 6.25 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\text{Rasio} = 1,33\% \text{ (memenuhi)}$$

$$\text{Diameter tulangan} = 29 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi} = 80 \text{ mm (memenuhi)}$$



Gambar 6.25 Hasil perencanaan tulangan *back-wall* dengan *SPcolumn*

- **Perhitungan tulangan geser**

$$V_u = 1377,79 \text{ kN}$$

$$\lambda = 1,0 \text{ (beton ringan)}$$

$$A_g = 35250000 \text{ mm}^2$$

$$b_w = 1250 \text{ mm}$$

$$d = 1250 - 100 - 29 - 0,5 \times 22$$

$$= 1110 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{Nu}{14 \times Ag} \right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 42353194,88 \text{ N} = 42353,195 \text{ kN}$$

$$V_c > V_u$$

Kuat geser akibat beton sudah mencukupi, namun tetap harus direncanakan tulangan geser yang akan dipasang. Dipakai tulangan D19-250

$$A_v = \frac{\pi}{4} D^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$S = 250 \text{ mm}$$

$$d = 1250 - 100 - 29 - 0,5 \times 19$$

$$= 1111,5 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} = 516,833 \text{ kN}$$

$$V_n = \phi (V_s + V_c)$$

$$= 0,75(516,833 + 42353,195)$$

$$= 32155,57 \text{ kN}$$

$V_n > V_u$ , sehingga memenuhi

### 6.6.2 Perhitungan Tulangan *Breast-wall*

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Tinggi timbunan pada *breast-wall* (Ht) = 5,91 m
- Lebar melintang *breast-wall* (Ba) = 28,2 m

Perhitungan beban untuk tulangan *breast-wall* adalah sebagai berikut:

1. Berat sendiri *Breast-wall*

Perhitungan berat sendiri *breast-wall* dapat dilihat pada Tabel 6.68.

Tabel 6.68 Beban Sediri *Breast-wall*

	Berat (ton)
A1	12,34
A2	212,38
A3	66,09
A4	21,15
A5	8,81
A6	339,46
Total	660,23

## 2. Beban gempa

Koefisien beban gempa arah memanjang x-x, diperoleh dari  $\frac{C_{sm}}{R} = \frac{0,435}{1,5} = 0,29$ , maka  $Teq = \frac{C_{sm}}{R} \times W$ . Perhitungan beban gempa arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 6.69.

Tabel 6.69 Beban Gempa *Breast-wall*

	Berat (ton)	Teq (ton)	Lengan (m)	Momen (tm)
A1	12,338	3,636	6,285	22,852
A2	212,381	62,591	4,905	307,008
A3	66,094	19,478	3,20	62,331
A4	21,150	6,233	3,00	18,699
A5	8,813	2,597	2,533	6,579
A6	339,458	100,042	1,850	185,077
Total	660,233	194,577		602,547



Koefisien beban gempa arah melintang y-y, diperoleh dari  $\frac{C_{sm}}{R} = \frac{0,343}{1,5} = 0,23$ , maka  $T_{eq} = \frac{C_{sm}}{R} \times W$ . Perhitungan beban gempa arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 6.70.

Tabel 6. 70 Beban Gempa *Breast-wall*

	Berat	Teq	Lengan	Momen
	(ton)	(ton)	(m)	(tm)
A1	12,3375	2,821699438	6,285	17,73438097
A2	212,38125	48,57354032	4,905	238,2532153
A3	66,09375	15,11624699	3,2	48,37199036
A4	21,15	4,837199036	3	14,51159711
A5	8,8125	2,015499598	2,533333333	5,105932316
A6	339,4575	77,63704453	1,85	143,6285324
Total	660,2325	151,0012299		467,6056484

### 3. Tekanan tanah dinamis

Beban dari tekanan tanah dinamis akibat gempa diperhtungkan dengan data perencanaan sebagai berikut:

$$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$H_t = 5,91 \text{ m}$$

$$B_a = 28,2 \text{ m}$$

$$A_s = 0,34$$

$$K_h = 0,17$$

$$K_v = 0$$

$$\Phi = 30^\circ$$

$$\theta = 0,168^\circ$$

$$\delta, I, \beta = 0^\circ$$

Sehingga didapatkan  $K_{AE} = 0,3762$ , maka  $E_{AE} = 121,157 \text{ kN/m}$

Gaya tekanan tanah dinamis,  $T_{eq} = E_{AE} \times B_a = 342,822 \text{ ton}$

Lengan terhadap titik pusat pondasi,  $Y_{eq} = 2/3 H_t = 3,94 \text{ m}$

Momen yang terjadi,  $M_{eq} = 1350,722 \text{ tm}$

4. Beban yang bekerja pada *Breast-wall*

Kombinasi beban yang bekerja pada breast-wall dan rekap beban dapat dilihat pada Tabel 6.71.

Tabel 6.71 Kombinasi Beban yang Bekerja pada *Breast-wall*

Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
	P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (tonm)	Transversal (tonm)
Kuat I	3151,31	116,893		727,302	
Kuat III	1850,83	43,05	56,65	151,48	292,33
Kuat IV	1893,82	42,21		148,79	
Kuat V	1893,82	43,05	22,26	151,48	130,38
Ekstrem I arah X	2121,37	596,17	45,30	2248,57	140,28
Ekstrem I arah Y	2121,37	459,96	151,00	180,76	467,61
Layan	1875,74	45,68	46,54	333,34	255,67

- **Perhitungan tulangan utama**

Perencanaan penulangan longitudinal (utama) dilakukan dengan menggunakan *SPcolumn* dengan dimensi *breast-wall* 1,5 x 28,2 m dengan beban sebagai berikut:

$$P_u = 31513,1 \text{ kN}$$

$$M_x = 22485,7 \text{ kN}$$

$$M_y = 4676,1 \text{ kN}$$

$$\text{Clear cover} = 100 \text{ mm}$$

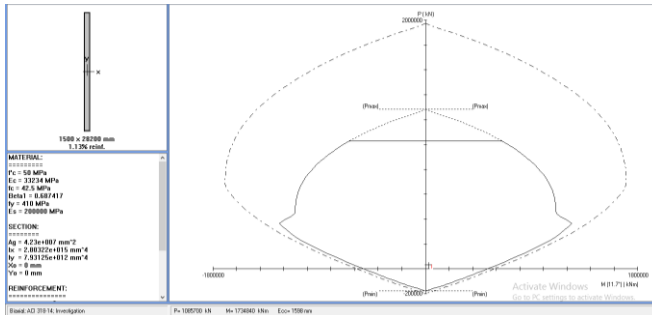
$$f_c' = 50 \text{ MPa}$$

$$f_y = 410 \text{ Mpa}$$

Dari hasil analisa *SPcolumn* yang dapat dilihat pada Gambar 6.26 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\text{Rasio} = 1,13\% \text{ (memenuhi)}$$

Diameter tulangan = 32 mm  
 Spasi = 100 mm (memenuhi)



Gambar 6.26 Hasil perencanaan tulangan *breast-wall* dengan *SP column*

- **Perhitungan tulangan geser**

$$V_u = 22485,73 \text{ kN}$$

$$\lambda = 1,0 \text{ (beton ringan)}$$

$$A_g = 42300000 \text{ mm}^2$$

$$b_w = 1500 \text{ mm}$$

$$d = 1250 - 100 - 32 - 0,5 \times 19$$

$$= 1108,5 \text{ mm}$$

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{N_u}{14 \times A_g}\right) \times \lambda \times \sqrt{f'c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 53282292,96 = 53282,293 \text{ kN}$$

$$V_c > V_u$$

Kuat geser akibat beton sudah mencukupi, namun tetap harus direncanakan tulangan geser yang akan dipasang. Dipakai tulangan D19-250

$$A_v = 2 \times \frac{\pi}{4} \times D^2 = 283,53 \text{ mm}^2$$

$$S = 250 \text{ mm}$$

$$d = 1250 - 100 - 32 - 0,5 \times 19$$

$$= 1107 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} = 514,74 \text{ kN}$$

$$V_n = \phi (V_s + V_c)$$

$$= 0,75(514,74 + 53282,293)$$

$$= 40347,78 \text{ kN}$$

$$V_n > V_u, \text{ sehingga memenuhi}$$

### 6.6.3 Perhitungan Tulangan *Wing-wall*

Diketahui data-data sebagai berikut:

- Tinggi timbunan pada *wing-wall* (Ht) = 6,41 m
- Lebar melintang *wing-wall* (Ba) = 0,75 m
- Berat jenis tanah = 1,85 ton/m<sup>3</sup>

Perhitungan beban untuk tulangan *wing-wall* adalah sebagai berikut: Perhitungan beban untuk tulangan *breast-wall* adalah sebagai berikut:

#### 1. Berat sendiri *wing-wall*

Perhitungan berat sendiri *breast-wall* dapat dilihat pada Tabel 6.72.

Tabel 6.72 Beban Sediri *wing-wall*

Beban	Berat
	(ton)
W1	0,49
W2	30,47
W3	1,76
W4	4,01
W5	0,35
W6	1,29
Total	38,37

## 2. Beban gempa

Koefisien beban gempa arah memanjang x-x, diperoleh dari

$$\frac{C_{sm}}{R} = \frac{0,442}{1,5} = 0,29, \text{ maka } Teq = \frac{C_{sm}}{R} \times W. \text{ Perhitungan beban}$$

gempa arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 6.73.

Tabel 6.73 Beban Gempa *Wing-wall*

	Berat	Teq	Lengan	Momen
	(ton)	(ton)	(m)	(tm)
W1	0,492	0,145	6,26	0,907
W2	30,473	8,981	3,81	34,212
W3	1,758	0,518	2,70	1,399
W4	4,008	1,181	1,35	1,595
W5	0,352	0,104	0,27	0,028
W6	1,289	0,380	0,08	0,032
Total	38,372	11,309		38,172

Koefisien beban gempa arah melintang y-y, diperoleh dari

$$\frac{C_{sm}}{R} = \frac{0,343}{1,5} = 0,23, \text{ maka } Teq = \frac{C_{sm}}{R} \times W. \text{ Perhitungan beban}$$

gempa arah melintang dapat dilihat pada Tabel 6.74.

Tabel 6.74 Beban Gempa *Wing-wall*

	Berat	Teq	Lengan	Momen
	(ton)	(ton)	(m)	(tm)
W1	0,49	0,112	6,26	0,704
W2	30,47	6,969	3,81	26,551
W3	1,76	0,402	2,70	1,085
W4	4,01	0,916	1,35	1,237
W5	0,35	0,080	0,27	0,021
W6	1,29	0,294	0,08	0,025
Total	38,371	8,775		29,624

## 3. Tekanan tanah dinamis

Beban dari tekanan tanah dinamis akibat gempa diperhitungkan dengan data perencanaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\gamma &= 18,5 \text{ kN/m}^3 \\ H_t &= 6,41 \text{ m} \\ B_a &= 28,2 \text{ m} \\ A_s &= 0,34 \\ K_h &= 0,17 \\ K_v &= 0 \\ \Phi &= 30^\circ \\ \theta &= 0,168^\circ \\ \delta, I, \beta &= 0^\circ\end{aligned}$$

Sehingga didapatkan  $K_{AE} = 0,3762$ , maka  $E_{AE} = 1423 \text{ kN/m}$

Gaya tekanan tanah dinamis,  $T_{eq} = E_{AE} \times B_a = 50,053 \text{ ton}$

Lengan terhadap titik pusat pondasi,  $Y_{eq} = 2/3 H_t = 4,273 \text{ m}$

Momen yang terjadi,  $M_{eq} = 213,893 \text{ tm}$

Rekap beban yang bekerja pada *wing wall* dapat dilihat pada Tabel 6.75.

Tabel 6.75 Beban yang Bekerja pada *Wing-wall*

Beban	V (ton)	Hx (ton)	Hy (ton)	Mx (tm)	My (tm)
Berat Sendiri	38,37			0,00	
Beban Gempa		11,309	8,776	38,172	29,624
Tekanan Tanah Dinamis		50,053		213,893	
Total	38,37	61,36	8,78	252,07	29,62

- **Perhitungan tulangan utama**

Perencanaan penulangan longitudinal (utama) dilakukan dengan menggunakan *SPcolumn* dengan dimensi *wing-wall* 0,75 x 3,5 m dengan beban sebagai berikut:

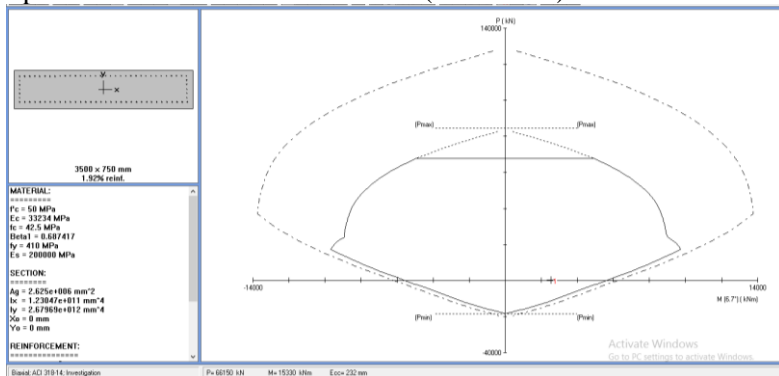
$$P_u = 383,7 \text{ kN}$$

$$M_x = 2520,7 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_y &= 296,2 \text{ kN} \\ \text{Clear cover} &= 100 \text{ mm} \\ f_c' &= 50 \text{ MPa} \\ f_y &= 410 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa SPcolumn yang dapat dilihat pada Gambar 6.27 didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rasio} &= 1,92\% \text{ (memenuhi)} \\ \text{Diameter tulangan} &= 19 \text{ mm} \\ \text{Spasi} &= 100 \text{ mm (memenuhi)} \end{aligned}$$



Gambar 6.27 Hasil perencanaan tulangan *wing-wall* dengan *SP column*

- **Perhitungan tulangan geser**

$$\begin{aligned} V_u &= 613,6 \text{ kN} \\ \lambda &= 1,0 \text{ (beton ringan)} \\ A_g &= 2625000 \text{ mm}^2 \\ b_w &= 3500 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= 750 - 100 - 29 - 0,5 \times 19 \\ &= 611,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{N_u}{14 \times A_g} \right) \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d$$

$$V_c = 557060,9926 \text{ N} = 557,061 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c = 208,898 \text{ kN}$$

$$0,5\phi V_c < V_u$$

Harus direncanakan tulangan geser dinding yang akan dipasang.

Dipakai tulangan D19-250

$$A_v = \frac{\pi}{4} D^2 = 283,529 \text{ mm}^2$$

$$S = 250 \text{ mm}$$

$$d = 750 - 100 - 29 - 0,5 \times 19 \\ = 611,5 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_v f_y d}{S} = 710,849 \text{ kN}$$

$$V_n = \phi (V_s + V_c)$$

$$= 0,75(710,849 + 557,061)$$

$$= 950,932 \text{ kN}$$

$V_n > V_u$ , sehingga memenuhi

#### 6.6.4 Perhitungan Tulangan *Pilecap*

Pada sub-bab sebelumnya, telah dihitung beban-beban yang bekerja dan dikombinasikan sehingga diperoleh rekap beban yang bekerja sesuai dengan kombinasi yang terdapat pada Tabel 6.76.

Tabel 6.76 Kombinasi Pembebanan Abutmen

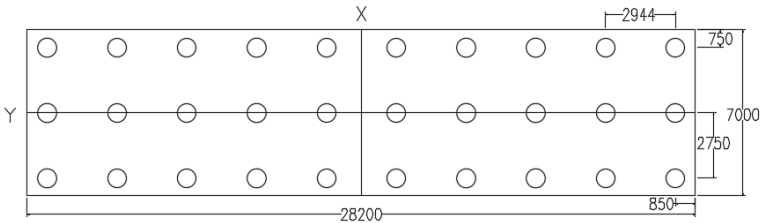
Beban	Vertikal	Horizontal		Momen	
	P (ton)	Longitudinal (ton)	Transversal (ton)	Longitudinal (tonm)	Transversal (tonm)
Kuat I	4479,483311	117,730	0	-1815,244	0
Kuat III	3660,329186	43,045	56,654	-2503,091	377,315
Kuat IV	3660,329186	43,045	0,000	-2503,091	0
Kuat V	3660,329186	43,045	22,264	-2503,091	163,776
Ekstrem I arah X	3887,871999	858,136	182,477	1754,868	784,172
Ekstrem I arah Y	3887,872	641,400	608,256	681,447	2613,905
Layan	3234,587	46,516	18,217	-1685,845	136,825



Selanjutnya dihitung kemampuan gaya aksial yang bekerja pada setiap tiang dengan persamaan sebagai berikut

$$P = \frac{V}{n} \pm \frac{MyXi}{\sum_{i=1}^n (X_i^2)} \pm \frac{MxYi}{\sum_{i=1}^n (Y_i^2)} ;$$

dengan konfigurasi tiang yang terdapat pada Gambar 6.28.



Gambar 6.28 Konfigurasi tiang pada *pilecap*

Perhitungan gaya aksial yang diperoleh untuk masing-masing tiang dapat dilihat pada Tabel 6.77 dan diperoleh rekap total gaya aksial seperti pada Tabel 6.78. Dari masing-masing gaya aksial tiang pada Tabel 6.78, dihitung momen yang terjadi seperti yang terdapat pada Tabel 6.79.

Perencanaan penulangan *pilecap* adalah sebagai berikut:

Mutu slab beton	= 50 MPa
Mutu tulangan	= 410 MPa
Momen, Mu	= 183650,2863 kNm
Tebal <i>pile cap</i>	= 1250 mm
Jarak tulangan terhadap sisi luar beton, d'	= 50 mm
Modulus elastis baja	= 200000
Faktor bentuk distribusi tegangan beton, $\beta_1$	= 0,85
$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$	= 0,0523
$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left( 1 - \frac{\frac{1}{2} \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f_c'} \right)$	= 13,05

Faktor reduksi kekuatan lentur,  $\phi$  = 0,80  
 Faktor reduksi kekuatan geser,  $\phi$  = 0,75  
 Tebal efektif pile cap,  $d = h - d'$  = 1200 mm  
 Lebar pile cap yang ditinjau,  $b$  = 28200 mm  
 Momen nominal rencana,  $M_n = M_u / \phi$  = 207917,61 kNm  
 Faktor tahanan momen,  $R_n = M_n \times 10^{-6} / (b \times d^2) = 5,12$   
 $R_n < R_{max}$  (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan:

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_n}{0,85 f_c}} \right) = 0,0133$$

Rasio tulangan minimum,  $\rho_{min} = 0,5 / f_y = 0,00122$

Rasio tulangan yang digunakan,  $\rho = 0,0133$

Luas tulangan yang diperlukan,  $A_s = \rho b d = 451676,43 \text{ mm}^2$

Diameter tulangan yang digunakan = 39 mm

Jarak tulangan yang diperlukan:

$$s = \frac{\pi}{4} x D^2 x b / A_s = 74,583 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D 39-70 mm

$$A_s = \frac{\pi}{4} x D^2 x b / s = 481249,36 \text{ mm}^2$$

Untuk tulangan bagi diambil 50% tulangan pokok

$$A_s' = 50\% \times A_s = 225838,22 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan = 22 mm

Jarak tulangan yang diperlukan:

$$s = \frac{\pi}{4} x D^2 x b / A_s = 47,47 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D22-45 mm

$$A_s = \frac{\pi}{4} x D^2 x b / s = 238216,5 \text{ mm}^2$$

Gaya geser ultimate,  $V_u = 18222236,06 \text{ N}$

$$V_c = \frac{1}{6} x \sqrt{f_c'} x b x d = 84004285,6 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 63003214,2 \text{ N}$$

$$V_s = V_u / 2 = 9111118,031 \text{ N}$$

Diameter tulangan yang digunakan,  $D = 13$

Jarak arah Y = 500

$$\text{Luas tulangan geser, } Av = \frac{\pi}{4} x D^2 x b / S_y = 7486,101 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan geser yang diperlukan (arah X)

$$S_x = Av \times f_y \times d / V_s = 404,25 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan D13

$$\text{Jarak arah X} = 400 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak arah Y} = 500 \text{ mm}$$

### 6.7 Rekap Hasil Perhitungan Abutmen

Berdasarkan perencanaan abutmen yang telah dilakukan diperoleh hasil perencanaan sebagai berikut:

- Bentuk dan dimensi tiang yang terdapat pada Lampiran Gambar.
- Dibutuhkan tiang pancang WIKA Beton dengan diameter 800 mm class C berjumlah 30 buah dengan denah konfigurasi tiang yang ada pada Lampiran Gambar.
- Berdasarkan perhitungan penulangan abutmen diperoleh hasil seperti yang terdapat pada Tabel 6.80.

Tabel 6.77 Gaya aksial Per-tiang untuk Masing-Masing Kombinasi

No. Tiang	x (m)	y (m)	x <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	y <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	P						
					Kuat I	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I arah X	Ekstrem I arah Y	Layan
1	-2,75	-13,25	7,56	175,56	286,32	173,72	310,92	251,37	-288,00	-872,35	185,30
2	0,00	13,25	0,00	175,56	12,32	-66,90	-66,90	-66,90	262,04	181,03	-19,41
3	2,75	-13,25	7,56	175,56	286,32	448,13	310,92	370,48	282,31	1028,68	284,81
4	-2,75	-10,31	7,56	106,20	325,46	227,69	364,90	305,34	-325,84	-887,04	221,65
5	0,00	10,31	0,00	106,20	-26,83	-120,88	-120,88	-120,88	299,88	195,72	-55,77
6	2,75	-10,31	7,56	106,20	325,46	502,10	364,90	424,45	244,47	1013,98	321,16
7	-2,75	-7,36	7,56	54,19	395,92	324,85	462,05	402,50	-393,95	-913,49	287,09
8	0,00	7,36	0,00	54,19	-97,28	-218,03	-218,03	-218,03	367,99	222,17	-121,20
9	2,75	-7,36	7,56	54,19	395,92	599,26	462,05	521,61	176,35	987,53	386,59
10	-2,75	-4,42	7,56	19,51	560,31	551,54	688,75	629,19	-552,89	-975,21	439,77
11	0,00	4,42	0,00	19,51	-261,68	-444,73	-444,73	-444,73	526,92	283,89	-273,88
12	2,75	-4,42	7,56	19,51	560,31	825,95	688,75	748,30	17,42	925,82	539,27

Tabel 6.77 Gaya aksial Per-tiang untuk Masing-Masing Kombinasi (Lanjutan)

No. Tiang	x (m)	y (m)	x2 (m2)	y2 (m2)	P						
					Kuat I	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I arah X	Ekstrem I arah Y	Layan
13	-2,75	-1,47	7,56	2,17	1382,31	1685,02	1822,22	1762,67	-1347,54	-1283,79	1203,17
14	0,00	1,47	0,00	2,17	-1083,68	-1578,20	-1578,20	-1578,20	1321,58	592,47	-1037,28
15	2,75	-1,47	7,56	2,17	1382,31	1822,22	1822,22	1822,22	-1062,39	-333,27	1252,92
16	-2,75	1,47	7,56	2,17	-1083,68	-1578,20	-1578,20	-1578,20	1321,58	592,47	-1037,28
17	0,00	1,47	0,00	2,17	-1083,68	-1578,20	-1578,20	-1578,20	1321,58	592,47	-1037,28
18	2,75	1,47	7,56	2,17	-1083,68	-1578,20	-1578,20	-1578,20	1321,58	592,47	-1037,28
19	-2,75	4,42	7,56	19,51	-261,68	-444,73	-444,73	-444,73	526,92	283,89	-273,88
20	0,00	4,42	0,00	19,51	-261,68	-444,73	-444,73	-444,73	526,92	283,89	-273,88
21	2,75	4,42	7,56	19,51	-261,68	-444,73	-444,73	-444,73	526,92	283,89	-273,88
22	-2,75	7,36	7,56	54,19	-97,28	-218,03	-218,03	-218,03	367,99	222,17	-121,20
23	0,00	7,36	0,00	54,19	-97,28	-218,03	-218,03	-218,03	367,99	222,17	-121,20

Tabel 6.77 Gaya aksial Per-tiang untuk Masing-Masing Kombinasi (Lanjutan)

No. Tiang	x (m)	y (m)	x <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	y <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	P						
					Kuat I	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I arah X	Ekstrem I arah Y	Layan
24	2,75	7,36	7,56	54,19	-97,28	-218,03	-218,03	-218,03	367,99	222,17	-121,20
25	-2,75	10,31	7,56	106,20	-26,83	-120,88	-120,88	-120,88	299,88	195,72	-55,77
26	0,00	10,31	0,00	106,20	-26,83	-120,88	-120,88	-120,88	299,88	195,72	-55,77
27	2,75	10,31	7,56	106,20	-26,83	-120,88	-120,88	-120,88	299,88	195,72	-55,77
28	-2,75	13,25	7,56	175,56	12,32	-66,90	-66,90	-66,90	262,04	181,03	-19,41
29	0,00	13,25	0,00	175,56	12,32	-66,90	-66,90	-66,90	262,04	181,03	-19,41
30	2,75	13,25	7,56	175,56	12,32	70,30	-66,90	-7,35	547,19	1131,54	30,34

Tabel 6.78 Rekap Total Gaya Aksial Tiang

	Kuat I	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I arah X	Ekstrem I arah Y	Layan
sigma P baris 1	1493,161104	534,083332	1220,109729	922,3358732	-129,80913	-3456,5975	829,4236
sigma P baris 2	-2914,30930	-4857,47574	-4857,47574	-4857,47574	5556,83261	2950,533458	-3015,0910

Tabel 6.78 Rekap Total Gaya Aksial Tiang (Lanjutan)

	Kuat I	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I arah X	Ekstrem I arah Y	Layan
sigma P baris 3	1493,161104	1906,136125	1220,109729	1517,883584	2721,723801	6048,512227	1326,967569

Tabel 6.79 Rekap Total Momen untuk Tiang Pancang

	Jarak	Kuat I	Kuat III	Kuat IV	Kuat V	Ekstrem I arah X	Ekstrem I arah Y	Layan
sigma P baris 1	2,75	4106,193035	1468,729163	3355,301754	2536,423651	-356,9751221	-9505,643293	2280,914979
sigma P baris 2	0	0	0	0	0	0	0	0
sigma P baris 3	2,75	4106,193035	5241,874345	3355,301754	4174,179857	7484,740453	16633,40862	3649,160815

Tabel 6.80 Rekap Penulangan Abutmen

Penulangan	Jumlah-D-Jarak	
	Tul. Utama	Tul. geser
<i>Back-wall</i>	D29-80	D19-250
<i>Breast-wall</i>	D32-100	D19-250
<i>Wing-wall</i>	D29-100	D19-100
<i>Pilecap</i>	D39-70 Tul.bagi D22-45	D13-400/500



## **BAB VII**

### **KESIMPULAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Dalam perencanaan Tugas Akhir ini didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil borelog data tanah oprit dan taper, rata-rata kedalam tanah lunak ( $NSPT < 10$ ) sampai dengan 10 meter dimana harga NSPT untuk tiap-tiap kedalaman antar titik relatif sama. Konsistensi tanah pada kedalaman 2-6 meter adalah sangat lunak dengan  $NSPT = 1$ . Namun, pada kedalaman 0-2 m memiliki  $NSPT > 10$  karena tanah merupakan tanah timbunan pasir.
2. Besar pemampatan total yang terjadi pada *Tapper* akibat beban timbunan, beban perkerasan dan beban *traffic* adalah sebesar 0,057 meter dan dengan besar pemampatan tersebut elevasi *tapper* sama dengan elevasi jalan eksisting.
3. Tidak diperlukan perbaikan tanah dasar pada *tapper*, karena besar laju pemampatan pada taper adalah 0,73 cm/tahun kurang dari laju pemampatan ijin (2,5 cm/tahun). Sedangkan *geotextile* tetap dipasang untuk memisahkan tanah dasar dan tanah timbunan.
4. Pemampatan tanpa perbaikan tanah dasar pada oprit membutuhkan waktu selama lebih dari 60 tahun. Sehingga dibutuhkan perbaikan tanah dengan PVD untuk mempercepat waktu pemampatannya. Pola pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) menggunakan pola pemasangan segitiga dengan jarak 1 meter dengan alasan pola pemasangan segitiga lebih efektif dibanding pola segiempat, serta dapat mencapai derajat konsolidasi lebih dari 90% dalam waktu 24 minggu. Pemasangan PVD dan PHD dilakukan mulai STA 0+125 sampai dengan STA 0+225, karena pada STA 0+000-STA0+100 tidak diperlukan perbaikan (kurang dari laju pemampatan ijin)

5. Kebutuhan perkuatan geotextile yang diperoleh dari perhitungan adalah sebagai berikut:
  - a. Kebutuhan perkuatan *geotextile wall* untuk oprit arah memanjang sebanyak 12 lapis dengan total 2834,1 m<sup>2</sup>.
  - b. Kebutuhan alternatif perkuatan oprit arah melintang dengan *geotextile* untuk setiap STA dapat dilihat pada Tabel 5.58, sehingga total geotextile yang dibutuhkan adalah 7666 m<sup>2</sup>.  
Namun untuk beberapa STA masih membutuhkan tambahan *micropile* agar perkuatan aman. Kebutuhan jumlah dan kedalaman *micropile* untuk setiap STA dapat dilihat pada Tabel 5.60.
6. Kebutuhan alternatif perkuatan oprit arah melintang dengan *freyssisol* untuk setiap STA dapat dilihat pada Tabel 5.59 dengan total panjang sabuk perkuatan yang dibutuhkan 3381 m. Namun untuk beberapa ketinggian membutuhkan tambahan *micropile* agar perkuatan aman. Kebutuhan jumlah dan kedalaman *micropile* untuk setiap STA dapat dilihat pada Tabel 5.61.
7. Alternatif yang lebih ekonomis dipilih berdasarkan biaya material adalah alternatif dengan menggunakan *geotextile* dan *micropile* dengan total biaya material sebesar Rp 2.587.928.150,-
8. Dimensi abutmen yang digunakan dapat dilihat pada lampiran Gambar dan dimensi tulangan adalah sebagai berikut:
  - Penulangan *Backwall*
    - Tulangan utama = D29-80
    - Tulangan geser = D19-250
  - Penulangan *Breastwall*
    - Tulangan utama = D32-100
    - Tulangan geser = D19-250
  - Penulangan *Wingwall*
    - Tulangan utama = D29-100
    - Tulangan geser = D19-100
  - Penulangan *Pile Cap*
    - Tulangan utama = D39-70
    - Tulangan bagi = D22-45

- Tulangan geser = D13-500/400
9. Pondasi dalam yang digunakan adalah tiang pancang dari WIKA Beton dengan diameter 800 mm berjumlah 30 buah tiang pancang.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- Adisasmita, Rahardjo. 2008. **Pengembangan Wilayah Konsep dan Teori**. Jakarta: Penerbit Graha Ilmu.
- NAVFAC DM-7. 1971. **Design Manual, Soil Mechanics, Foundation and Earth Structure**. Virginia USA: Dept. of Navy Naval Facilities Engineering Command.
- Das, Braja M. 1995. **Mekanika Tanah (Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknis)**, Terjemahan oleh Noor Endah & Indra Surya Mochtar. Jilid I, Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 2002. **Principles of Geotechnical Engineering**. Fifth Edit. USA: Cengage Learning.
- Das, Braja M. 2015. **Principles of Geotechnical Engineering**. Seventh Edit. California State University, Sacramento: Bill Stenquist.
- Mochtar, N. E. 2013. **Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lystiono, Prathisto Panuntun Unggul. 2017. **Perencanaan Pondasi Jembatan dan Perbaikan Tanah untuk Oprit Jembatan Overpass Mungkung di Jalan Tol Solo-Ngawi-Kertosono STA 150+331**. Jurnal Teknik ITS, Vol. 6 No.1.
- Barimbing, Fanny Ruminta Br dan Rudi Iskandar. 2017. **Analisis Penurunan dan Waktu Konsolidasi Tanah Lunak Menggunakan Metode Preloading dan Pre-Fabricated Vertikal Drain (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Bebas Hambatan Medan-Kualanamu STA 35+950**. Universitas Sumatera Utara.

Wahyudi, Herman. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dangkal**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Setiyarto, Y Djoko. 2017. **Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725 2016**. Universitas Komputer Indonesia.

SNI T-02-2005. **Standart Pembebanan untuk Jembatan**. Bandung: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 1725:2016. **Pembebanan untuk Jembatan**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

SNI 2833:2016. **Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa**. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.

## **LAMPIRAN**

### **Lampiran 1: Data Tanah**

- Data Tanah
  - BH-30
  - BH-31
  - BH-32
  - BH-33
  - BH-34







DRILLING LOG																		
KLIEN = PT. WIJAYA KARYA (PERSERIKAH), Tbk NAMA PROJEK = PEMBANGUNAN JALAN TITIK BORING = 808.36 MEKA AIR TANAH = -- METER LOKASI PROJEK = PLEDOYER TELUK LAMONGU, BOMBOKALIDARE				TYPE BORING = ROTARY DRILLING NO. BORING = 20 JANUARI 2018 NO. BORING = 20 JANUARI 2018 MASTER BORING = HANNOY				Remarks: TD = Total Depth Sample CV = Core Sample SPT = SPT Test										
Depth in m	Elevation (LVL) in m	Depth in m	Thickness in m	Legend	Type of Soil	Color	Moisture Content (%)	Liquid Limit (%)	Plasticity Index (%)	SPT	Standard Penetration Test							
											Blow	Blow	Blow	Blow	N-Value			
21.00	21.00	21.00			LEMPUNG	COHLAT												
22.00	22.00	22.00									22	7	10	13				
23.00	23.00	23.00									22	8	11	15				
24.00	24.00	24.00									26	8	13	14				
25.00	25.00	25.00									26	7	15	23				
26.00	26.00	26.00									28	7	16	23				
27.00	27.00	27.00									27	8	7	10				
28.00	28.00	28.00									28	7	8	10				
29.00	29.00	29.00									23	7	10	13				
30.00	30.00	30.00									23	7	10	13				
31.00	31.00	31.00			LEMPUNG LEMBU													
32.00	32.00	32.00			LEMPUNG													
33.00	33.00	33.00			LEMPUNG LEMBU													
34.00	34.00	34.00																
35.00	35.00	35.00																
36.00	36.00	36.00																
37.00	37.00	37.00																
38.00	38.00	38.00																
39.00	39.00	39.00																
40.00	40.00	40.00																
41.00	41.00	41.00																
42.00	42.00	42.00																
43.00	43.00	43.00																
44.00	44.00	44.00																
45.00	45.00	45.00																
46.00	46.00	46.00																
47.00	47.00	47.00																
48.00	48.00	48.00																
49.00	49.00	49.00																
50.00	50.00	50.00																
END OF BORING																		



### DRILLING LOG

KLIEN = PT. WIJAYA KARYA (PERSERO), Tbk		TIPS BOR = ROTARY DRILLING		Lokasi										
NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN JALAN		MULAI = 12 JANUARI 2018		D1 = Diameter Bor										
TITIK BOR = 349.01		SEKELAH = 14 JANUARI 2018		D2 = Dia Sample										
MILIK AIR TANAH = METER		MASTER BOR = HANYO		SPT = SPT Test										
LOKASI PROYEK = R. PLOKOR TELUK LAMUNG - BOMBALAYAN														
Date in Month (L/S) in m	Depth in m	Thickness in Legend	Type of Soil	Color	Hardness by Consistency	Ground Water	SPT TEST		Standard Penetration Test					
							Length in m	Sample Code	Length in m	Sample Code	N <sub>60</sub> (blows/30 cm)	Blows per mark 30 cm	N - Value	
									0	10	20	30	40	50
START OF BORING														
0.00	0.00													
1.00	1.00		TIMBUNAN PASIR	COHLAT	MEDIUM	SPT = 15								
1.50	1.50						0.00	SPT 1	18	4	8	11		
2.00	2.00		LEMPUNG		VERY SOFT	SPT = 5	-0.50							
2.50	2.50		LEMPUNG BERPASIR HALUS		VERY SOFT	SPT = 5	-1.00	SPT 2	8	0	0	0		
3.00	3.00						-1.50							
3.50	3.50		LEMPUNG	ABU-ABU	VERY SOFT	SPT = 5	-2.00	SPT 3	8	0	0	0		
4.00	4.00						-2.50							
4.50	4.50		LEMPUNG BERPASIR HALUS		VERY SOFT TO STIFF	SPT 5 AND 11	-3.00	SPT 4	8	0	0	0		
5.00	5.00						-3.50							
5.50	5.50		LEMPUNG BERPASIR HALUS	ABU-ABU	STIFF TO VERY STIFF	SPT 11 AND 20	-4.00	SPT 5	11	2	5	8		
6.00	6.00						-4.50							
6.50	6.50		LEMPUNG	COHLAT			-5.00	SPT 6	30	8	8	11		
7.00	7.00						-5.50							
7.50	7.50		LEMPUNG		STIFF TO VERY STIFF	SPT 11 AND 25	-6.00	SPT 7	25	4	8	15		
8.00	8.00						-6.50							
8.50	8.50		LEMPUNG				-7.00	SPT 8	11	3	5	8		
9.00	9.00						-7.50							
9.50	9.50		LEMPUNG	ABU-ABU			-8.00	SPT 9	13	3	5	7		
10.00	10.00						-8.50							
10.50	10.50		LEMPUNG BERKUL PASIR	ABU-ABU	HARD	SPT = 30	-9.00	SPT 10	35	8	11	14		
11.00	11.00						-9.50							
11.50	11.50		LEMPUNG BERKUL PASIR	ABU-ABU	HARD	SPT = 30	-10.00	SPT 11	30	8	14	16		
12.00	12.00						-10.50							
12.50	12.50		LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF	SPT 15 AND 18	-11.00	SPT 12	15	3	7	8		
13.00	13.00						-11.50							
13.50	13.50		LEMPUNG	ABU-ABU	STIFF	SPT 15 AND 18	-12.00	SPT 13	15	3	5	8		
14.00	14.00						-12.50							
14.50	14.50		LEMPUNG BERKUL PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 27	-13.00	SPT 14	15	4	8	7		
15.00	15.00						-13.50							
15.50	15.50		LEMPUNG BERKUL PASIR	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT = 27	-14.00	SPT 15	27	11	13	14		
16.00	16.00						-14.50							



LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS  
 Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya  
 Telp. 031 846321 - 32 Ponsel. 1445  
 Telp/Fax: 031 8628000 e-mail: tanah\_batu@its.ac.id

**DRILLING LOG**

KLIEN = PT. WIJAYA KARYA GEMERONG, Tbk		TIPS BOR = ROTARY DRILLING		Nama =													
NAMA PROJEK = PEMBANGUNAN JALAN		MULAI = 12 JANUARI 2018		D1 = 100mm Single													
TIPE BOR = SHL		SELESAI = 14 JANUARI 2018		D2 = 150mm Single													
MERSA AIR TANAH = - METES		MASTER BOR = HARDO		DPT = SPT Test													
LOKASI PROJEK = PLYOVER TELES LAMONG, BONGKALREKA																	
Tinggi Bor (m)	S (m)	Tinggi Bor (m)	Tinggi Bor (m)	Tinggi Bor (m)	Tinggi Bor (m)	SPT TEST		Standard Penetration Test									
						Depth (m)	Sample C-60	Depth (m)	Sample C-60	Blows per reach (20 cm)		N Value					
31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00												
32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	LEMPUNG BERBATU KARANG PASIR	ABU-ABU HARDO	SPT = 90									
33.00	33.00	33.00	33.00	33.00	33.00												
34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	LEMPUNG	COGLAT	VERY STIFF	SPT 24 MAY 26								
35.00	35.00	35.00	35.00	35.00	35.00												
36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	LEMPUNG BERLANSUN	ABU-ABU KECOKLATAN	VERY STIFF	SPT = 27								
37.00	37.00	37.00	37.00	37.00	37.00												
38.00	38.00	38.00	38.00	38.00	38.00												
39.00	39.00	39.00	39.00	39.00	39.00												
40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00												
41.00	41.00	41.00	41.00	41.00	41.00	LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF	SPT 28 MAY 28								
42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	42.00												
43.00	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00												
44.00	44.00	44.00	44.00	44.00	44.00												
45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	45.00	LEMPUNG BERBATU PASIR	ABU-ABU	HARDO	SPT = 90								
46.00	46.00	46.00	46.00	46.00	46.00	BATU KERKIL LEMPUNG	COGLAT	VERY DENSE	SPT = 90								
47.00	47.00	47.00	47.00	47.00	47.00												
48.00	48.00	48.00	48.00	48.00	48.00												
49.00	49.00	49.00	49.00	49.00	49.00												
50.00	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00												
51.00	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00												
52.00	52.00	52.00	52.00	52.00	52.00												
53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	53.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	VERY STIFF TO HARDO	SPT 35 MAY 31								
54.00	54.00	54.00	54.00	54.00	54.00												
55.00	55.00	55.00	55.00	55.00	55.00												
56.00	56.00	56.00	56.00	56.00	56.00												
57.00	57.00	57.00	57.00	57.00	57.00												
58.00	58.00	58.00	58.00	58.00	58.00												
59.00	59.00	59.00	59.00	59.00	59.00												
60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00												
END OF BORING																	




**LABORATORIUM MEKANIKA TANAH & BATUAN**
**JURUSAN TEKNIK SIPIL**
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN - ITS**

Kampus ITS, Sepuluh Nopember Surabaya

Telp. (031) 8464251 - 50 Pasa. 1140

Telp/Fax: (031) 8463663, e-mail: tsipil@its.ac.id

**DRILLING LOG**

KELAS		= PT. WIJAYA KARYA (PERSHOD), TM		Tipe Bor		= ROTARY DRILLING		Kondisi						
NAMA PROYEK		= PEMBANGUNAN JALAN		MULAI		= 17 JANUARI 2018		= Undurah Sample						
TITIK BOR		= B042		SELESAI		= 21 JANUARI 2018		= Core Sample						
MUKA AIR TANAH		= - METER		MASTER BOR		= HAKNO		= SPT Two						
LOKASI PROYEK		= JL. VIKTOR YELIN LAMPUNG - ROMOKALIZUMI												
Tinggi (m)	Depth (m)	Tinggi (m)	Depth (m)	Type of Soil	Color	Relative Density or Consistency	Ground Water	SPT TEST		Standard Penetration Test				
								Blow No.	Blow No.	Blow per foot (30 cm)		N - Value		
								1st 30 cm	2nd 30 cm	3rd 30 cm	4th 30 cm			
31.00	31.00	31.00	31.00	LEMPUNG	ABU-ABU	STIF	SPT = 10	31.00	31.00	18	3	4	8	
32.00	32.00	32.00	32.00					32.00	32.00	18	3	4	8	
33.00	33.00	33.00	33.00	LEMPUNG MENDRY LAMAU BERKORSIK	ABU-ABU KORONG-LATA N	HARD	SPT = 37	33.00	33.00	27	5	17	20	
34.00	34.00	34.00	34.00					34.00	34.00	27	5	17	20	
35.00	35.00	35.00	35.00	LEMPUNG	ABU-ABU	HARD	SPT = 34	35.00	35.00	34	5	18	18	
36.00	36.00	36.00	36.00					36.00	36.00	34	5	18	18	
37.00	37.00	37.00	37.00					37.00	37.00	34	5	18	18	
38.00	38.00	38.00	38.00					38.00	38.00	34	5	18	18	
39.00	39.00	39.00	39.00	LEMPUNG	ABU-ABU	HARD	SPT = 32	39.00	39.00	22	3	15	13	
40.00	40.00	40.00	40.00					40.00	40.00	22	3	15	13	
41.00	41.00	41.00	41.00	LEMPUNG	ABU-ABU	VERY STIF	SPT 22 AND 28	41.00	41.00	24	3	11	13	
42.00	42.00	42.00	42.00					42.00	42.00	24	3	11	13	
43.00	43.00	43.00	43.00	LEMPUNG MENDRY PASIR BERKORSIK	ABU-ABU	VERY STIF	SPT 28 AND 27	43.00	43.00	23	3	12	13	
44.00	44.00	44.00	44.00					44.00	44.00	23	3	12	13	
45.00	45.00	45.00	45.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	VERY STIF	SPT 28 AND 27	45.00	45.00	24	3	12	14	
46.00	46.00	46.00	46.00					46.00	46.00	24	3	12	14	
47.00	47.00	47.00	47.00					47.00	47.00	24	3	12	14	
48.00	48.00	48.00	48.00					48.00	48.00	24	3	12	14	
49.00	49.00	49.00	49.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT 30 AND 34	49.00	49.00	28	3	12	17	
50.00	50.00	50.00	50.00					50.00	50.00	28	3	12	17	
51.00	51.00	51.00	51.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT 30 AND 34	51.00	51.00	28	3	12	17	
52.00	52.00	52.00	52.00					52.00	52.00	28	3	12	17	
53.00	53.00	53.00	53.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT 30 AND 34	53.00	53.00	28	3	12	17	
54.00	54.00	54.00	54.00					54.00	54.00	28	3	12	17	
55.00	55.00	55.00	55.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT 30 AND 34	55.00	55.00	28	3	12	17	
56.00	56.00	56.00	56.00					56.00	56.00	28	3	12	17	
57.00	57.00	57.00	57.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT 30 AND 34	57.00	57.00	28	3	12	17	
58.00	58.00	58.00	58.00					58.00	58.00	28	3	12	17	
59.00	59.00	59.00	59.00	LEMPUNG	ABU-ABU TERANG	HARD	SPT 30 AND 34	59.00	59.00	28	3	12	17	
60.00	60.00	60.00	60.00					60.00	60.00	28	3	12	17	

END OF BORING





DRILLING LOG																	
SITEN =		PT. WIJAYA KARYA (PERSERO), TM				Tipe BOR =		ROTARY DRILLING		Remarks							
NAMA PROJEK =		PEMBANGUNAN JALAN				MULAI =		21 JANUARI 2018		01 = Undrath Sample							
TITIK BOR =		SRL3				SELESAI =		23 JANUARI 2018		02 = Core Sample							
MUKA AIR TANAH =		- METER				MASTER BOR =		HARNO		03 = SPT Test							
LOKAS PROJEK =		FLYOVER TELUK LAMONG, KOMODALISASI															
Depth in m	Depth in ft	Depth in m	Depth in ft	Type of Soil	Color	Moisture Content or Consistency	General Remarks	SPT		Number of Penetration Test							
								Blow	Blow	Blow	Blow	Blow	Blow	Blow	N-Value		
0.00	0.00	0.00	0.00														
0.00	0.00	0.00	0.00	LIMPUNG	ABU-ABU	VERY STIFF TO HARD	SPT 20-40/30	0.00	0.00	1	7	12	13				
0.30	0.30	0.30	0.30		1			7	11	16							
0.60	0.60	0.60	0.60		1			7	8	11							
0.90	0.90	0.90	0.90		1			8	12	10							
1.20	1.20	1.20	1.20		1			8	11	10							
1.50	1.50	1.50	1.50		1			8	12	12							
1.80	1.80	1.80	1.80		1			8	11	13							
2.10	2.10	2.10	2.10		1			8	12	16							
2.40	2.40	2.40	2.40		1			7	11	10							
2.70	2.70	2.70	2.70		1			7	11	10							
3.00	3.00	3.00	3.00		1			12	12	18							
3.30	3.30	3.30	3.30		1			12	12	18							
END OF BORING																	







DRILLING LOG														
KLIEN = PT. WIJAYA KARYA (PERSIDING), Tbk NAMA PROYEK = PEMBANGUNAN JALAN TITIK BOR = BSH4 NICKEL AIR TANAH = - METER LOKASI PROYEK = PLUVISIVERTIKAL LAMONG - BOMBOKALZARI						TIPE BOR = ROTARY DRILLING MULA = 25 JANUARI 2008 SELESAI = 28 JANUARI 2008 MASTER BOR = HANNO						Skala: 1:1 0' - 10' - 20' - 30' - 40' - 50'		
Tinggi di Atas Tanah (m)	Tinggi di Bawah Tanah (m)	Tinggi dari Permukaan (m)	Tipe Tanah	Kondisi	Kandungan Air (%)	Kandungan Lemak (%)	SPT (blow)	Standard Penetration Test				R - Value		
								Depth (m)	Sample No.	Depth (m)	Sample No.		Blow per inch (10 cm)	Blow per inch (30 cm)
0.00	0.00	0.00	START OF BORING											
0.00	-1.00	-1.00	PEMBUNGAN BERTU	COCLAT	STIFF	SPT=3								
0.00	-2.00	-2.00	LEMPUNG PASIR BERKULIT KERANG	ABU-ABU	VERY SOFT	SPT = 1	-0.50	LE 01	-0.50	SPT 1	18	3	4	8
0.00	-3.00	-3.00	LEMPUNG PASIR HALUS	ABU-ABU			-4.00		-4.00	SPT 2	1	0	0	1
0.00	-5.00	-5.00	LEMPUNG BERANAU PASIR HALUS	ABU-ABU	VERY STIFF		-6.00		-6.00	SPT 3	1	0	0	1
0.00	-7.00	-7.00	PASIR LAMAU KERAS	ABU-ABU KECOKLATA N	MEDIUM		-8.00		-8.00	SPT 4	18	3	8	10
0.00	-9.00	-9.00	PASIR LAMAU BERKULIT	COCLAT KERAS-ABUAN		SPT 17 AND 20	-12.00	LE 02	-12.00	SPT 5	28	4	8	12
0.00	-11.00	-11.00	LEMPUNG LAMAU BERKULIT	COCLAT KERAS-ABUAN	VERY STIFF		-13.00		-13.00	SPT 6	17	4	7	10
0.00	-13.00	-13.00	LEMPUNG BERKOT KERAS	COCLAT KERAS-ABUAN			-14.00		-14.00	SPT 7	18	0	8	11
0.00	-15.00	-15.00	LEMPUNG LAMAU	COCLAT KERAS-ABUAN			-16.00	LE 03	-16.00	SPT 8	12	3	5	7
0.00	-17.00	-17.00					-18.00		-18.00	SPT 9	18	3	4	8
0.00	-19.00	-19.00	LEMPUNG	ABU-ABU GELAP	STIFF	SPT 10 AND 15	-20.00		-20.00	SPT 10	12	4	5	7
0.00	-21.00	-21.00					-22.00		-22.00	SPT 11	18	4	7	8
0.00	-23.00	-23.00					-24.00		-24.00	SPT 12	28	12	13	14
0.00	-25.00	-25.00	LEMPUNG LAMAU KERAS	ABU-ABU TERANG	VERY STIFF	SPT = 26	-26.00		-26.00	SPT 13	14	10	10	10
0.00	-27.00	-27.00					-28.00		-28.00	SPT 14	28	7	13	14
0.00	-29.00	-29.00	LEMPUNG BERKOT LAMAU	COCLAT	VERY STIFF TO HARD	SPT 28 AND 30	-30.00		-30.00	SPT 15	28	8	13	17

*"Halaman ini sengaja dikosongkan"*

## Lampiran 2: Brosur Material yang Digunakan

- Spesifikasi PVD PT. Tekindo Geosistem Unggul

# CeTeau-Drain CT-D812

### Drain Body

Extrusion profile of 100% polypropylene with the following important properties:

- environmental safe
- large water flow capacity
- flexible
- high tensile strength and toughness
- inert to natural occurring acids alkalis and salt
- workable and easy to handle at low temperatures
- no wet shrinkage or growth

### Filter Jacket

Nonwoven fabric of 100% polyester without any binders, with the following important properties:

- balanced strength in both directions
- high tensile strength and toughness
- no wet shrinkage or growth
- good resistance to rot, moisture and insects
- high water permeability
- inert to natural occurring acids, alkalis and salt
- excellent filtration characteristics
- tear, burst and puncture resistant
- environmental safe

Physical properties		Unit	CT-D812
Drain Body	Configuration	-	3
	Material	-	PP
Filter Jacket	Colour	-	white
	Material	-	PET
Assembled Drain	Colour	-	grey
	Weight	g/m	70
	Width	mm	100
	Thickness	mm	3

Mechanical properties		Symbol	Test	Unit	CT-D812
<b>Filter Jacket</b>					
Grab Tensile Strength	$F$	ASTM D4632	N	480	
Elongation	$\varepsilon$	ASTM D4632	%	32	
Tear Strength		ASTM D4533	N	120	
Pore Size	$O_w$	ASTM D4751	$\mu\text{m}$	< 75	
Permeability	$k$	ASTM D4491	$\text{m}^2/\text{s}$	$> 1.0 \times 10^{-4}$	
<b>Assembled Drain</b>					
Tensile Strength	$F$	ASTM D4595	kN	2.50	
Elongation at break	$\varepsilon$	ASTM D4595	%	40	
Strength at 10% elongation	$F$	ASTM D4595	kN	2.1	
Elongation at 1 kN tensile strength	$\varepsilon$	ASTM D4595	%	1.0	
Discharge capacity at 100 kPa	$q_w$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$92 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 150 kPa	$q_w$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$89 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 200 kPa	$q_w$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$87 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 250 kPa	$q_w$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$86 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 300 kPa	$q_w$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$85 \times 10^{-6}$	
Discharge capacity at 350 kPa	$q_w$	ASTM D4716	$\text{m}^3/\text{s}$	$84 \times 10^{-6}$	

Transport details		Unit	CT-D812
Roll length		m	300
Outside diameter roll		m	1.10
Inside diameter roll		m	0.15
Weight roll		kg	20
40ft container		m	135,000

All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice. All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for.

Agent & Distributor in Indonesia Area :

**PT. TEKINDO GEOSISTEM UNGGUL**

Wisma SIER Building, 1<sup>st</sup> Floor  
 Jl. Rungkut Industri Raya No.10 Surabaya 60293  
 Tel. 62-31-8475062 Fax. 62-31-8475063  
 Email - info@geosistem.co.id Website - www.geosistem.co.id



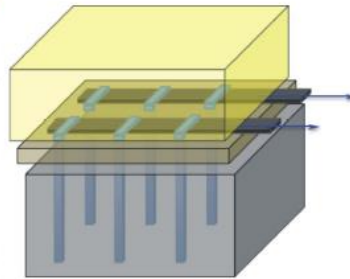
- Spesifikasi PHD PT. Tekindo Geosistem Unggul

## CeTeau Horizontal Strip Drain

Installation method for CeTeau Horizontal Strip Drain applied as a conduit for Water discharged from Prefabricated Vertical Drains during ground improvement.



The horizontal drains shall be placed on the ground in their proper location with respect to the vertical drains, as indicated on the plans. The horizontal drains shall be secured in this location by suitable means (staked, nailed, or held by mounded earth). The wick drain extensions shall be routed to the horizontal drains as indicated on the plans. The wick drains shall be securely attached to the horizontal drains (staked, nailed or held by mounded earth). Splices or connections in the drainage material shall be done in a workmanlike manner so as to insure continuity of the drain.



Schematic Representation

Properties	Test Method	Unit	CT-SD100-20	CT-SD100-30
<b>Composite Drain</b>				
Width	Nominal	mm	100	100
Thickness	ASTM D 5199	mm	20	30
Horizontal Permeability	ASTM D 4491	m/s	0.15	0.15
Discharge Capacity @1%	ASTM D 4716	m <sup>3</sup> /s	2.4*10 <sup>-4</sup>	3.6*10 <sup>-4</sup>
Compressive Strength	ASTM D 1621	kN/m <sup>2</sup>	600	600
<b>Core</b>				
Profile	-	-	Cuspated	Cuspated
Color	-	-	Black	Black
Material	-	-	HDPE	HDPE
<b>Filter</b>				
Material	-	-	PET	PET
UV Stabilized	-	-	yes	yes
Grab Strength	ASTM D 4632	N	>450	>450
Permeability	ASTM D 4491	m/s	1.5 *10 <sup>-4</sup>	1.5 *10 <sup>-4</sup>
Mass per Unit Area	ASTM D 4595	g/m <sup>2</sup>	180	180

All mechanical properties are average values. Standard variations in mechanical strength of 10% and in hydraulic flow and pore size of 20% have to be allowed for. All information, illustrations and specifications are based on the latest product information available at the time of printing. The right is reserved to make changes at any time without notice.

- Spesifikasi *Geotextile Woven* PT. Geoforce Indonesia

geosynthetic engineering

## GlobalTEX - Woven

**TECHNICAL DATA SHEET**

PROPERTIES	TEST METHOD	GTW 150	GTW 200	GTW 250	UNIT
Mass	ASTM D 3770	150	200	250	gr/m <sup>2</sup>
Thickness	ASTM D 1777	0.48	0.96	1.06	mm
Color		Black	Black	Black	
Wide Width Tensile Strength - Machine Direction (Warp) - Cross Machine Direction (Weft)	ISO 10319	30 22	42 32	53 50	kN/m
Wide Width Tensile Elongation - Machine Direction (Warp) - Cross Machine Direction (Weft)	ISO 10319	19 15	23 18	27 20	%
Grab Breaking Load - Machine Direction (Warp) - Cross Machine Direction (Weft)	ASTM D 4632	1190 715	1180 1785	1788 2406	N
Grab Breaking Elongation - Machine Direction (Warp) - Cross Machine Direction (Weft)	ASTM D 4632	9 11	20 17	26 15	%
Trapezoid Tearing Strength - Machine Direction (Warp) - Cross Machine Direction (Weft)	ASTM D 4533	508 320	395 509	611 775	N
CBR Puncture Resistance	EN ISO 122236	2385	4620	5975	N
Pore Size O <sub>95</sub>	ASTM D 4751	0.295	0.235	0.200	mm
Permeability	ISO 11058	0.150	0.112	0.082	cm / sec
Permittivity	Calculated	3.10	1.08	0.85	sec <sup>-1</sup>
Flow Rate	ISO 11058	15.5	54.3	42.5	l / m <sup>2</sup> / sec
Effect of UV light		OK	OK	OK	Stabilized



**GEOFORCE INDONESIA**

Phone : +62 (021) 5795 1342 (Hunting) Fax : +62 (021) 573 7534 e-mail : info@geoforce-indonesia.com geosynthetic engineering

GlobalTEX - Woven

- Spesifikasi Panel Dinding *Precast Wallplus*

**WALLPLUS**  
**PRECAST RINGAN**

**SPEKIFIKASI PRODUK**

- 100% Ringan
- 100% Ringkas
- 100% Ringan
- 100% Ringan
- 100% Ringan
- 100% Ringan

■ PANJANG 2440 mm  
 ■ LEBAR 600 mm

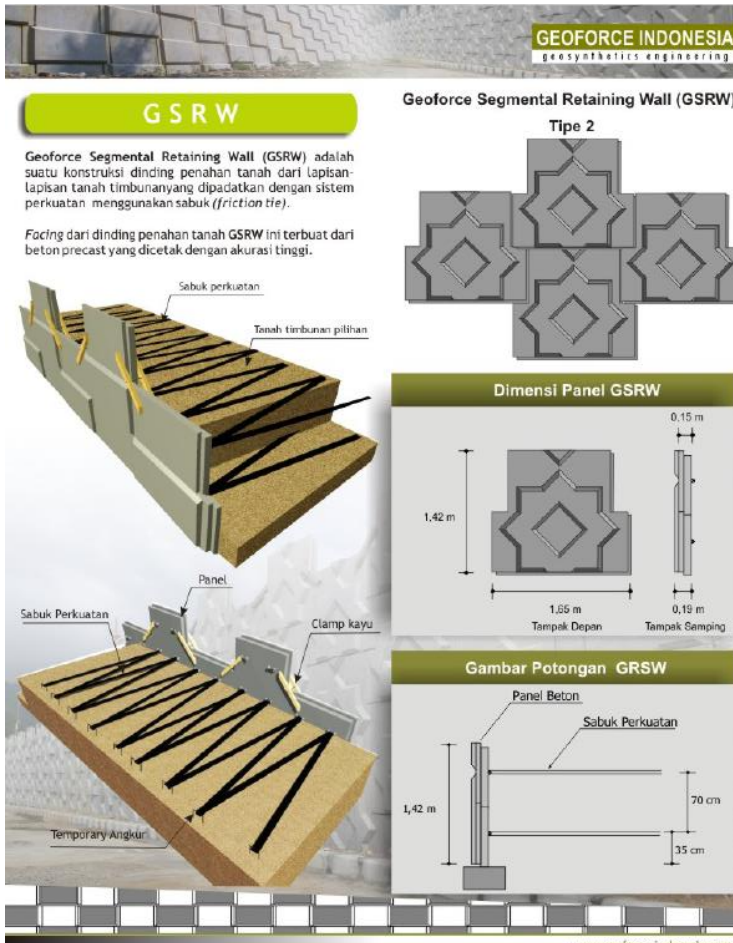
100% Ringan  
 100% Ringkas  
 100% Ringan  
 100% Ringan  
 100% Ringan  
 100% Ringan

3MITRA

TAHAN GEMPA  
 FLEXIBLE  
 RINGAN  
 KOKOH  
 TAHAN AIR  
 TAHAN API  
 TAHAN RAYAP  
 KEDAP SUARA

PEMASANGAN CEPAT  
 TAHAN AIR  
 TAHAN API  
 TAHAN RAYAP  
 KEDAP SUARA

- Spesifikasi *Freyssisol* (GSRW) PT. Geoforce Indonesia



- Spesifikasi Tiang Pancang PT. WIKA Beton

**PILE SHAPE & SPECIFICATION | PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES**

**PRESTRESSED CONCRETE SPUN PILES SPECIFICATION**  
Concrete Compressive Strength  $f'_c = 52 \text{ MPa}$  (Cube 600  $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Size (mm)	Thickness Wall (t)	Cross Section ( $\text{cm}^2$ )	Section Inertia ( $\text{cm}^4$ )	Unit Weight ( $\text{kg}/\text{m}$ )	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile** (m)
						Crack * (tonm)	Ultimate (tonm)			
300	60	452.39	34,607.78	113	A2	2.50	3.75	72.60	23.11	6 - 12
					A3	3.00	4.50	70.75	29.86	6 - 13
					B	3.50	6.30	67.50	41.96	6 - 14
					C	4.00	8.00	65.40	49.66	6 - 15
					A1	3.50	5.25	93.10	30.74	6 - 13
350	65	581.98	62,162.74	145	A3	4.20	6.30	89.50	37.50	6 - 14
					B	5.00	9.00	86.40	49.93	6 - 15
					C	6.00	12.00	85.00	60.87	6 - 16
					A2	5.50	8.25	121.10	38.62	6 - 14
					A3	6.50	9.75	117.60	45.51	6 - 15
400	75	765.76	106,488.95	191	B	7.50	13.50	114.40	70.27	6 - 16
					C	9.00	18.00	111.50	80.94	6 - 17
					A1	7.50	11.25	149.50	39.28	6 - 14
					A2	8.50	12.75	145.80	53.39	6 - 15
					A3	10.00	15.00	143.80	66.57	6 - 16
450	80	929.91	166,570.38	232	B	11.00	19.80	139.10	78.84	6 - 17
					C	12.50	25.00	134.90	100.45	6 - 18
					A1	10.50	15.75	185.30	54.56	6 - 15
					A2	12.50	18.75	181.70	68.49	6 - 16
					A3	14.00	21.00	178.20	88.00	6 - 17
500	90	1,159.25	255,324.30	290	B	15.00	27.00	174.90	94.13	6 - 18
					C	17.00	34.00	169.00	122.04	6 - 19
					A1	17.00	25.50	252.70	70.52	6 - 16
					A2	19.00	28.50	249.00	77.68	6 - 17
					A3	22.00	33.00	243.20	104.94	6 - 18
600	100	1,570.80	510,508.81	393	B	25.00	45.00	238.30	131.10	6 - 19
					C	29.00	58.00	229.50	163.67	6 - 20
					A1	40.00	60.00	415.00	119.34	6 - 20
					A2	46.00	69.00	406.10	151.02	6 - 21
					A3	51.00	76.50	399.17	171.18	6 - 22
800	120	2,563.54	1,527,869.60	641	B	55.00	99.00	388.61	215.80	6 - 23
					C	65.00	130.00	368.17	290.82	6 - 24
					A1	75.00	112.50	613.52	169.81	6 - 22
					A2	82.00	123.00	601.27	215.16	6 - 23
					A3	93.00	139.50	589.66	258.19	6 - 24
1000***	140	3,782.48	3,589,571.20	946	B	105.00	189.00	575.33	311.26	6 - 24
					C	120.00	240.00	555.23	385.70	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24
					A2	130.00	195.00	794.50	252.10	6 - 24
					A3	145.00	217.50	778.60	311.00	6 - 24
1200***	150	4,948.01	6,958,136.85	1,237	B	170.00	306.00	751.90	409.60	6 - 24
					C	200.00	400.00	721.50	522.20	6 - 24
					A1	120.00	180.00	802.80	221.30	6 - 24

Note : \*) Crack Moment Based on JIS A 5335-1987 (Prestressed Spun Concrete Piles)  
 \*\*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position  
 \*\*\*) Type of Shoe for Bottom Pile is Mamira Shoe



- Spesifikasi *Micropile* PT. WIKA Beton

**PRESTRESSED CONCRETE SQUARE PILES SPECIFICATION**
*Concrete Compressive Strength  $f_c' = 42$  MPa (Cube 500 kg/cm<sup>2</sup>)*

Size (mm)	Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Section Inertia (cm <sup>4</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Class	Bending Moment		Allowable Compression (ton)	Decompression Tension (ton)	Length of Pile * (m)
					Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)			
250 x 250	625	32,552	156	A	2.29	3.46	81.40	28.10	6 - 10
				B	2.52	4.33	79.62	34.80	6 - 11
				C	2.78	5.19	77.92	41.30	6 - 11
300 x 300	900	67,500	225	A	3.64	5.19	118.59	35.40	6 - 11
				B	3.98	6.23	116.76	42.20	6 - 11
				C	4.48	7.47	114.66	50.20	6 - 12
				D	4.92	9.34	111.60	61.90	6 - 12
350 x 350	1,225	125,052	306	A	5.33	6.57	163.98	38.60	6 - 11
				B	6.07	8.72	160.68	50.90	6 - 12
				C	6.63	10.90	157.45	63.10	6 - 12
				D	7.30	13.08	154.32	75.00	6 - 13
400 x 400	1,600	213,333	400	A	7.89	9.96	213.96	51.40	6 - 12
				B	8.71	12.45	210.60	63.80	6 - 12
				C	9.51	14.95	207.32	76.00	6 - 13
				D	11.82	22.42	198.01	111.60	6 - 14
450 x 450	2,025	341,719	506	A	11.17	14.01	270.98	64.30	6 - 12
				B	12.10	16.81	267.61	76.80	6 - 13
				C	13.01	19.62	264.30	89.10	6 - 13
				D	14.78	25.22	257.88	113.30	6 - 14
500 x 500	2,500	520,833	625	A	15.16	18.68	335.12	77.30	6 - 13
				B	16.19	21.79	331.72	89.90	6 - 13
				C	17.21	24.91	328.38	102.20	6 - 14
				D	18.22	28.02	325.09	114.50	6 - 14

Note : \*) Length of pile may exceed usual standard whenever lifted in certain position

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

### Lampiran 3: Perhitungan Pemampatan Pada *Tapper*

- Pemampatan Akibat Timbunan pada *Tapper*

Tebal Lapisan (m)	kedalaman (m)	Konsistensi	$\gamma$	e	Wc	LL	IP	Cu	Cc	Cv	Cs
			(t/m <sup>3</sup> )		(%)	(%)	(%)	t/m <sup>2</sup>		cm <sup>2</sup> /s	
1	0,5	Medium	1,85								
1	1,5	Medium	1,85								
1	2,5	Very Soft	1,5	2,38	0,88	100	58	0,833	0,520077	0,0002	0,074297
1	3,5	Very Soft	1,5	2,38	0,88	100	58	0,833	0,520077	0,0002	0,074297
1	4,5	Very Soft	1,5	2,38	0,88	100	58	0,833	0,520077	0,0002	0,074297
1	5,5	Very Soft	1,5	2,38	0,88	100	58	0,833	0,520077	0,0002	0,074297
1	6,5	Medium	1,578	1,95	0,7225	90	48	2,5	0,450052	0,00033	0,064293
1	7,5	Medium	1,578	1,95	0,7225	90	48	2,5	0,450052	0,00033	0,064293
1	8,5	Stiff	1,7	1,42	0,5281	70	36	6,5	0,310028	0,000614	0,04429
1	9,5	Stiff	1,7	1,42	0,5281	70	36	6,5	0,310028	0,000614	0,04429

- Pemampatan Akibat Timbunan pada *Tapper* (Lanjutan)

Tebal Lapisan	kedalaman	$\sigma'o$	$\sigma'c$	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\Delta\sigma$ (t/m2)	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'o$	Sc
(m)	(m)	(t/m2)	(t/m2)						(t/m2)	(m)
1	0,5	0,425	2,425	0,6254	87,1376	1,2949523	5,705882		1,719952	
1	1,5	1,275	3,275	1,8469	81,4692	1,2937368	2,568627		2,568737	
1	2,5	1,95	3,95	2,9848	75,9638	1,2893667	2,025641	OC1	3,239367	0,004845
1	3,5	2,45	4,45	3,9971	70,7100	1,2803553	1,816327	OC1	3,730355	0,004013
1	4,5	2,95	4,95	4,8580	65,7723	1,265937	1,677966	OC1	4,215937	0,003409
1	5,5	3,45	5,45	5,5582	61,1892	1,2460508	1,57971	OC1	4,696051	0,002944
1	6,5	3,989	5,989	6,1018	56,9761	1,2211886	1,501379	OC1	5,210189	0,002528
1	7,5	4,567	6,567	6,5023	53,1301	1,1921874	1,437924	OC1	5,759187	0,002195
1	8,5	5,206	7,206	6,7779	49,6355	1,1600338	1,384172	OC1	6,366034	0,001599
1	9,5	5,906	7,906	6,9489	46,4688	1,1257147	1,338639	OC1	7,031715	0,001387
									<b>Total Sc</b>	<b>0,02292</b>

- Pemampatan Akibat *Pavement*

Kedalaman	$\sigma'_0$	$\sigma'_c$	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	$\Delta\sigma$	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'_0$	Sc
(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )					(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
1,90	0,425	2,425	2,632	$\infty$	0,244	0,976	0,854	5,705882353		1,279	
2,90	1,275	3,275	1,724	$\infty$	0,235	0,94	0,8225	2,568627451		2,0975	
3,90	1,95	3,95	1,282	$\infty$	0,222	0,888	0,777	2,025641026	OC1	2,727	0,003201587
4,90	2,45	4,45	1,020	$\infty$	0,212	0,848	0,742	1,816326531	OC1	3,192	0,00252558
5,90	2,95	4,95	0,847	$\infty$	0,195	0,78	0,6825	1,677966102	OC1	3,6325	0,001986749
6,90	3,45	5,45	0,725	$\infty$	0,184	0,736	0,644	1,579710145	OC1	4,094	0,001633842
7,90	3,989	5,989	0,633	$\infty$	0,165	0,66	0,5775	1,501378792	OC1	4,5665	0,001279749
8,90	4,567	6,567	0,562	$\infty$	0,154	0,616	0,539	1,437924239	OC1	5,106	0,001055929
9,90	5,206	7,206	0,505	$\infty$	0,148	0,592	0,518	1,384172109	OC1	5,724	0,00075394
10,90	5,906	7,906	0,459	$\infty$	0,136	0,544	0,476	1,338638673	OC1	6,382	0,000616091
										<b>Total Sc</b>	<b>0,01305</b>

- Pemampatan Akibat *Traffic*

Kedalaman (m)	$\sigma'_0$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	$\Delta\sigma$	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'_0$	Sc
							(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )	(m)
2,25	0,425	2,425	2,222	$\infty$	0,242	0,968	1,452	5,706		1,877	
3,25	1,275	3,275	1,538	$\infty$	0,232	0,928	1,392	2,569		2,667	
4,25	1,95	3,95	1,176	$\infty$	0,22	0,88	1,32	2,026	OC1	3,27	0,00494
5,25	2,45	4,45	0,952	$\infty$	0,21	0,84	1,26	1,816	OC1	3,71	0,00396
6,25	2,95	4,95	0,800	$\infty$	0,19	0,76	1,14	1,678	OC1	4,09	0,00312
7,25	3,45	5,45	0,690	$\infty$	0,18	0,72	1,08	1,580	OC1	4,53	0,00260
8,25	3,989	5,989	0,606	$\infty$	0,16	0,64	0,96	1,501	OC1	4,949	0,00204
9,25	4,567	6,567	0,541	$\infty$	0,155	0,62	0,93	1,438	OC1	5,497	0,00175
10,25	5,206	7,206	0,488	$\infty$	0,148	0,592	0,888	1,384	OC1	6,094	0,00125
11,25	5,906	7,906	0,444	$\infty$	0,13	0,52	0,78	1,339	OC1	6,686	0,00099
										<b>Total Sc</b>	<b>0,02065</b>

#### Lampiran 4: Perhitungan Pemampatan Dan Tinggi Timbunan Awal (*Hinitial*) Timbunan Oprit

- $q = 2 \text{ t/m}^2$

q	=	2	t/m <sup>2</sup>
γ timbunan	=	1,85	t/m <sup>3</sup>
fluktuasi muka air	=	2	t/m <sup>2</sup>
h timbunan	=	1,081081	m
x	=	14,1	m
y	=	225	m

kedalaman (m)	γ (t/m <sup>3</sup> )	e	Cc	Cs	σ'o (t/m <sup>2</sup> )	σ'c (t/m <sup>2</sup> )	n = x/z	m = y/z	I	Δσ (t/m <sup>2</sup> )	Δσ+σ'o (t/m <sup>2</sup> )	Sc (m)
0,5	1,85				0,425	2,425	28,2	450	0,25	2	2,425	3,50E-06
1,5	1,85				1,275	3,275	9,4	150	0,25	2	3,275	3,50E-06
2,5	1,5	2,38	0,520	0,074	1,95	3,95	5,64	90	0,25	2	3,95	6,74E-03
3,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,45	4,45	4,028571	64,28571	0,248	1,984	4,434	5,66E-03
4,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,95	4,95	3,133333	50	0,246	1,968	4,918	4,88E-03

5,5	1,5	2,38	0,520	0,074	3,45	5,45	2,563636	40,90909	0,244	1,952	5,402	4,28E-03
6,5	1,578	1,95	0,450	0,064	3,989	5,989	2,169231	34,61538	0,242	1,936	5,925	3,74E-03
7,5	1,578	1,95	0,450	0,064	4,567	6,567	1,88	30	0,236	1,888	6,455	3,27E-03
8,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,206	7,206	1,658824	26,47059	0,23	1,84	7,046	2,41E-03
9,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,906	7,906	1,484211	23,68421	0,224	1,792	7,698	2,11E-03
											<b>Total Sc</b>	<b>3,31E-02</b>

- $q = 4 \text{ t/m}^2$

q	=	4	t/m <sup>2</sup>
$\gamma$ timbunan	=	1,85	t/m <sup>3</sup>
fluktuasi muka air	=	2	t/m <sup>2</sup>
h timbunan	=	2,162162	m
x	=	14,1	m
y	=	225	m



kedalaman	$\gamma$	e	Cc	Cs	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	n = x/z	m = y/z	I	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma + \sigma'_o$	Sc
(m)	(t/m <sup>3</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )					(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
0,5	1,85				0,425	2,425	28,2	450	0,25	4	4,425	0
1,5	1,85				1,275	3,275	9,4	150	0,25	4	5,275	0
2,5	1,5	2,38	0,520	0,074	1,95	3,95	5,64	90	0,25	4	5,95	0,034
3,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,45	4,45	4,028571	64,28571	0,248	3,968	6,418	0,030
4,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,95	4,95	3,133333	50	0,246	3,936	6,886	0,027
5,5	1,5	2,38	0,520	0,074	3,45	5,45	2,563636	40,90909	0,244	3,904	7,354	0,024
6,5	1,578	1,95	0,450	0,064	3,989	5,989	2,169231	34,61538	0,242	3,872	7,861	0,022
7,5	1,578	1,95	0,450	0,064	4,567	6,567	1,88	30	0,238	3,808	8,375	0,020
8,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,206	7,206	1,658824	26,47059	0,23	3,68	8,886	0,014
9,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,906	7,906	1,484211	23,68421	0,224	3,584	9,49	0,012
											<b>Total Sc</b>	<b>0,184</b>

- $q = 6 \text{ t/m}^2$

q	=	6	t/m <sup>2</sup>
$\gamma$ timbunan	=	1,85	t/m <sup>3</sup>
fluktuasi muka air	=	2	t/m <sup>2</sup>

h timbunan	=	3,243243	m
x	=	14,1	m
y	=	225	m

kedalaman	$\gamma$	e	Cc	Cs	$\sigma'_{o}$	$\sigma'_{c}$	n = x/z	m = y/z	I	$\Delta\sigma$ (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma + \sigma'_{o}$ (t/m <sup>2</sup> )	Sc (m)
(m)	(t/m <sup>3</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )						
0,5	1,85				0,425	2	28,2	450	0,25	6	6,425	0,000
1,5	1,85				1,275	3,275	9,4	150	0,25	6	7,275	0,000
2,5	1,5	2,38	0,520	0,074	1,95	3,95	5,64	90	0,25	6	7,95	0,053
3,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,45	4,45	4,028571	64,28571	0,248	5,952	8,402	0,048
4,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,95	4,95	3,133333	50	0,246	5,904	8,854	0,044
5,5	1,5	2,38	0,520	0,074	3,45	5,45	2,563636	40,90909	0,244	5,856	9,306	0,040
6,5	1,578	1,95	0,450	0,064	3,989	5,989	2,169231	34,61538	0,242	5,808	9,797	0,036
7,5	1,578	1,95	0,450	0,064	4,567	6,567	1,88	30	0,238	5,712	10,279	0,033
8,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,206	7,206	1,658824	26,47059	0,23	5,52	10,726	0,025
9,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,906	7,906	1,484211	23,68421	0,224	5,376	11,282	0,022
											<b>Total Sc</b>	<b>0,302</b>

- $q = 8 \text{ t/m}^2$

q	=	8	t/m <sup>2</sup>
$\gamma$ timbunan	=	1,85	t/m <sup>3</sup>
fluktuasi muka air	=	2	t/m <sup>2</sup>
h timbunan	=	4,324324	m
x	=	14,1	m
y	=	225	m

kedalaman (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	e	Cc	Cs	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	n = x/z	m = y/z	I	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma + \sigma'_o$	Sc (m)
					(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	
0,5	1,85				0,425	2,425	28,2	450	0,25	8	8,425	0
1,5	1,85				1,275	3,275	9,4	150	0,25	8	9,275	0
2,5	1,5	2,38	0,520	0,074	1,95	3,95	5,64	90	0,25	8	9,95	0,068
3,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,45	4,45	4,028571	64,28571	0,248	7,936	10,386	0,062
4,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,95	4,95	3,133333	50	0,246	7,872	10,822	0,057
5,5	1,5	2,38	0,520	0,074	3,45	5,45	2,563636	40,90909	0,244	7,808	11,258	0,053
6,5	1,578	1,95	0,450	0,064	3,989	5,989	2,169231	34,61538	0,242	7,744	11,733	0,048

7,5	1,578	1,95	0,450	0,064	4,567	6,567	1,88	30	0,238	7,616	12,183	0,044
8,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,206	7,206	1,658824	26,47059	0,23	7,36	12,566	0,034
9,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,906	7,906	1,484211	23,68421	0,224	7,168	13,074	0,030
											<b>Total Sc</b>	<b>0,397</b>

- $q = 10 \text{ t/m}^2$

q	=	10	t/m2
$\gamma$ timbunan	=	1,85	t/m3
fluktuasi muka air	=	2	t/m2
h timbunan	=	5,405405	m
x	=	14,1	m
y	=	225	m

kedalaman (m)	$\gamma$ (t/m3)	e	Cc	Cs	$\sigma'_{o}$ (t/m2)	$\sigma'_{c}$ (t/m2)	n = x/z	m = y/z	I	$\Delta\sigma$ (t/m2)	$\Delta\sigma + \sigma'_{o}$ (t/m2)	Sc (m)
0,5	1,85				0,425	2,425	28,2	450	0,25	10	10,425	0
1,5	1,85				1,275	3,275	9,4	150	0,25	10	11,275	0

2,5	1,5	2,38	0,520	0,074	1,95	3,95	5,64	90	0,25	10	11,95	0,081
3,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,45	4,45	4,028571	64,28571	0,248	9,92	12,37	0,074
4,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,95	4,95	3,133333	50	0,246	9,84	12,79	0,068
5,5	1,5	2,38	0,520	0,074	3,45	5,45	2,563636	40,90909	0,244	9,76	13,21	0,064
6,5	1,578	1,95	0,450	0,064	3,989	5,989	2,169231	34,61538	0,242	9,68	13,669	0,059
7,5	1,578	1,95	0,450	0,064	4,567	6,567	1,88	30	0,238	9,52	14,087	0,054
8,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,206	7,206	1,658824	26,47059	0,23	9,2	14,406	0,041
9,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,906	7,906	1,484211	23,68421	0,224	8,96	14,866	0,037
											<b>Total</b>	<b>0,478</b>
											<b>Sc</b>	

- $q = 12 \text{ t/m}^2$

q	=	12	t/m <sup>2</sup>
$\gamma$ timbunan	=	1,85	t/m <sup>3</sup>
fluktuasi muka air	=	2	t/m <sup>2</sup>
h timbunan	=	6,486486	m
x	=	14,1	m
y	=	225	m

kedalaman	$\gamma$	e	Cc	Cs	$\sigma'o$	$\sigma'c$	n = x/z	m = y/z	I	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma+\sigma'o$	Sc
(m)	(t/m <sup>3</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(m)
0,5	1,85	0	0	0	0,425	2,425	28,2	450	0,25	12	12,425	0
1,5	1,85	0	0	0	1,275	3,275	9,4	150	0,25	12	13,275	0
2,5	1,5	2,38	0,520	0,074	1,95	3,95	5,64	90	0,25	12	13,95	0,091
3,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,45	4,45	4,028571	64,28571	0,248	11,904	14,354	0,084
4,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,95	4,95	3,133333	50	0,246	11,808	14,758	0,078
5,5	1,5	2,38	0,520	0,074	3,45	5,45	2,563636	40,90909	0,244	11,712	15,162	0,073
6,5	1,578	1,95	0,450	0,064	3,989	5,989	2,169231	34,61538	0,242	11,616	15,605	0,067
7,5	1,578	1,95	0,450	0,064	4,567	6,567	1,88	30	0,238	11,424	15,991	0,062
8,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,206	7,206	1,658824	26,47059	0,23	11,04	16,246	0,048
9,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,906	7,906	1,484211	23,68421	0,224	10,752	16,658	0,044
											<b>Total Sc</b>	<b>0,547</b>

- $q = 14 \text{ t/m}^2$

q	=	14	t/m <sup>2</sup>
$\gamma$ timbunan	=	1,85	t/m <sup>3</sup>
fluktuasi muka air	=	2	t/m <sup>2</sup>
h timbunan	=	7,567568	m
x	=	14,1	m
y	=	225	m

kedalaman (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	e	Cc	Cs	$\sigma'_o$	$\sigma'_c$	n = x/z	m = y/z	I	$\Delta\sigma$	$\Delta\sigma + \sigma'_o$	Sc (m)
					(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	
0,5	1,85				0,425	2,425	28,2	450	0,25	14	14,425	0
1,5	1,85				1,275	3,275	9,4	150	0,25	14	15,275	0
2,5	1,5	2,38	0,520	0,074	1,95	3,95	5,64	90	0,25	14	15,95	0,100
3,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,45	4,45	4,028571	64,28571	0,248	13,888	16,338	0,093
4,5	1,5	2,38	0,520	0,074	2,95	4,95	3,133333	50	0,246	13,776	16,726	0,086
5,5	1,5	2,38	0,520	0,074	3,45	5,45	2,563636	40,90909	0,244	13,664	17,114	0,081
6,5	1,578	1,95	0,450	0,064	3,989	5,989	2,169231	34,61538	0,242	13,552	17,541	0,075

7,5	1,578	1,95	0,450	0,064	4,567	6,567	1,88	30	0,238	13,328	17,895	0,070
8,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,206	7,206	1,658824	26,47059	0,23	12,88	18,086	0,054
9,5	1,7	1,42	0,310	0,044	5,906	7,906	1,484211	23,68421	0,224	12,544	18,45	0,049
											<b>Total Sc</b>	<b>0,608</b>



**Lampiran 5: Percepatan Waktu Konsolidasi Dengan PVD  
dan Perhitungan *Rate of Settlement* Potongan**

- Derajat Konsolidasi Pola Segitiga
  - Spasi 60cm

<b>Spasi</b>	<b>60</b>	<b>cm</b>
D	63	cm
n	9,469872592	
F(n)	1,512190067	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

<b>t (minggu)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>	<b>Uh</b>	<b>U</b>
1	604800	0,000269583	1,85%	29,17%	30,49%
2	1209600	0,000539165	2,62%	49,84%	51,15%
3	1814400	0,000808748	3,21%	64,47%	65,61%
4	2419200	0,001078331	3,71%	74,84%	75,77%
5	3024000	0,001347914	4,14%	82,18%	82,92%
6	3628800	0,001617496	4,54%	87,38%	87,95%
7	4233600	0,001887079	4,90%	91,06%	91,50%
8	4838400	0,002156662	5,24%	93,67%	94,00%
9	5443200	0,002426245	5,56%	95,52%	95,77%
10	6048000	0,002695827	5,86%	96,82%	97,01%
11	6652800	0,00296541	6,14%	97,75%	97,89%
12	7257600	0,003234993	6,42%	98,41%	98,51%
13	7862400	0,003504576	6,68%	98,87%	98,95%

14	8467200	0,003774158	6,93%	99,20%	99,26%
15	9072000	0,004043741	7,18%	99,43%	99,47%
16	9676800	0,004313324	7,41%	99,60%	99,63%
17	10281600	0,004582907	7,64%	99,72%	99,74%
18	10886400	0,004852489	7,86%	99,80%	99,81%
19	11491200	0,005122072	8,08%	99,86%	99,87%
20	12096000	0,005391655	8,29%	99,90%	99,91%
21	12700800	0,005661237	8,49%	99,93%	99,93%
22	13305600	0,00593082	8,69%	99,95%	99,95%
23	13910400	0,006200403	8,89%	99,96%	99,97%
24	14515200	0,006469986	9,08%	99,97%	99,98%

- Spasi 70cm

Spasi	70	cm
D	73,5	cm
n	11,04818469	
F(n)	1,663849137	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,00026958	1,85%	20,57%	22,04%
2	1209600	0,00053917	2,62%	36,91%	38,57%
3	1814400	0,00080875	3,21%	49,89%	51,50%
4	2419200	0,00107833	3,71%	60,20%	61,68%
5	3024000	0,00134791	4,14%	68,39%	69,70%
6	3628800	0,0016175	4,54%	74,89%	76,03%

7	4233600	0,00188708	4,90%	80,06%	81,04%
8	4838400	0,00215666	5,24%	84,16%	84,99%
9	5443200	0,00242624	5,56%	87,42%	88,12%
10	6048000	0,00269583	5,86%	90,01%	90,59%
11	6652800	0,00296541	6,14%	92,06%	92,55%
12	7257600	0,00323499	6,42%	93,70%	94,10%
13	7862400	0,00350458	6,68%	94,99%	95,33%
14	8467200	0,00377416	6,93%	96,02%	96,30%
15	9072000	0,00404374	7,18%	96,84%	97,07%
16	9676800	0,00431332	7,41%	97,49%	97,68%
17	10281600	0,00458291	7,64%	98,01%	98,16%
18	10886400	0,00485249	7,86%	98,42%	98,54%
19	11491200	0,00512207	8,08%	98,74%	98,84%
20	12096000	0,00539165	8,29%	99,00%	99,08%
21	12700800	0,00566124	8,49%	99,21%	99,27%
22	13305600	0,00593082	8,69%	99,37%	99,42%
23	13910400	0,0062004	8,89%	99,50%	99,54%
24	14515200	0,00646999	9,08%	99,60%	99,64%

- Spasi 80cm

<b>Spasi</b>	<b>80</b>	<b>cm</b>
D	84	cm
n	12,62649679	
F(n)	1,795491478	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

<b>t (minggu)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>	<b>Uh</b>	<b>U</b>
1	604800	0,000269583	1,85%	15,08%	16,65%
2	1209600	0,000539165	2,62%	27,88%	29,77%
3	1814400	0,000808748	3,21%	38,75%	40,72%
4	2419200	0,001078331	3,71%	47,99%	49,91%
5	3024000	0,001347914	4,14%	55,83%	57,66%
6	3628800	0,001617496	4,54%	62,49%	64,19%
7	4233600	0,001887079	4,90%	68,14%	69,71%
8	4838400	0,002156662	5,24%	72,95%	74,36%
9	5443200	0,002426245	5,56%	77,03%	78,30%
10	6048000	0,002695827	5,86%	80,49%	81,63%
11	6652800	0,00296541	6,14%	83,43%	84,45%
12	7257600	0,003234993	6,42%	85,93%	86,83%
13	7862400	0,003504576	6,68%	88,05%	88,85%
14	8467200	0,003774158	6,93%	89,85%	90,56%
15	9072000	0,004043741	7,18%	91,38%	92,00%
16	9676800	0,004313324	7,41%	92,68%	93,22%
17	10281600	0,004582907	7,64%	93,78%	94,26%
18	10886400	0,004852489	7,86%	94,72%	95,14%
19	11491200	0,005122072	8,08%	95,52%	95,88%
20	12096000	0,005391655	8,29%	96,19%	96,51%
21	12700800	0,005661237	8,49%	96,77%	97,04%
22	13305600	0,00593082	8,69%	97,25%	97,49%
23	13910400	0,006200403	8,89%	97,67%	97,88%
24	14515200	0,006469986	9,08%	98,02%	98,20%

- Spasi 90cm

<b>Spasi</b>	<b>90</b>	<b>cm</b>
D	94,5	cm
n	14,20480889	
F(n)	1,911816484	

Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

<b>t (minggu)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>	<b>Uh</b>	<b>U</b>
1	604800	0,00026958	1,85%	11,42%	13,06%
2	1209600	0,00053917	2,62%	21,54%	23,59%
3	1814400	0,00080875	3,21%	30,50%	32,73%
4	2419200	0,00107833	3,71%	38,43%	40,72%
5	3024000	0,00134791	4,14%	45,47%	47,72%
6	3628800	0,0016175	4,54%	51,69%	53,89%
7	4233600	0,00188708	4,90%	57,21%	59,31%
8	4838400	0,00215666	5,24%	62,10%	64,08%
9	5443200	0,00242624	5,56%	66,43%	68,29%
10	6048000	0,00269583	5,86%	70,26%	72,00%
11	6652800	0,00296541	6,14%	73,66%	75,27%
12	7257600	0,00323499	6,42%	76,66%	78,16%
13	7862400	0,00350458	6,68%	79,33%	80,71%
14	8467200	0,00377416	6,93%	81,69%	82,96%
15	9072000	0,00404374	7,18%	83,78%	84,95%
16	9676800	0,00431332	7,41%	85,63%	86,70%
17	10281600	0,00458291	7,64%	87,27%	88,25%
18	10886400	0,00485249	7,86%	88,73%	89,61%
19	11491200	0,00512207	8,08%	90,01%	90,82%
20	12096000	0,00539165	8,29%	91,16%	91,89%
21	12700800	0,00566124	8,49%	92,17%	92,83%
22	13305600	0,00593082	8,69%	93,06%	93,66%

23	13910400	0,0062004	8,89%	93,85%	94,40%
24	14515200	0,00646999	9,08%	94,55%	95,05%

- Spasi 100cm

Spasi	100	cm
D	105	cm
n	15,78312099	
F(n)	2,016030525	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,000269583	1,85%	8,89%	10,58%
2	1209600	0,000539165	2,62%	17,00%	19,17%
3	1814400	0,000808748	3,21%	24,38%	26,81%
4	2419200	0,001078331	3,71%	31,11%	33,66%
5	3024000	0,001347914	4,14%	37,23%	39,83%
6	3628800	0,001617496	4,54%	42,82%	45,41%
7	4233600	0,001887079	4,90%	47,90%	50,46%
8	4838400	0,002156662	5,24%	52,54%	55,02%
9	5443200	0,002426245	5,56%	56,76%	59,16%
10	6048000	0,002695827	5,86%	60,60%	62,91%
11	6652800	0,00296541	6,14%	64,11%	66,31%
12	7257600	0,003234993	6,42%	67,30%	69,40%
13	7862400	0,003504576	6,68%	70,21%	72,20%
14	8467200	0,003774158	6,93%	72,86%	74,74%
15	9072000	0,004043741	7,18%	75,27%	77,05%

16	9676800	0,004313324	7,41%	77,47%	79,14%
17	10281600	0,004582907	7,64%	79,48%	81,04%
18	10886400	0,004852489	7,86%	81,30%	82,77%
19	11491200	0,005122072	8,08%	82,96%	84,34%
20	12096000	0,005391655	8,29%	84,48%	85,77%
21	12700800	0,005661237	8,49%	85,86%	87,06%
22	13305600	0,00593082	8,69%	87,12%	88,24%
23	13910400	0,006200403	8,89%	88,26%	89,31%
24	14515200	0,006469986	9,08%	89,31%	90,28%

- Spasi 120cm

Spasi	120	cm
D	126	cm
n	18,93974518	
F(n)	2,196689491	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,000269583	1,85%	5,76%	7,51%
2	1209600	0,000539165	2,62%	11,20%	13,52%
3	1814400	0,000808748	3,21%	16,31%	19,00%
4	2419200	0,001078331	3,71%	21,14%	24,06%
5	3024000	0,001347914	4,14%	25,68%	28,76%
6	3628800	0,001617496	4,54%	29,97%	33,14%
7	4233600	0,001887079	4,90%	34,00%	37,24%

8	4838400	0,002156662	5,24%	37,81%	41,07%
9	5443200	0,002426245	5,56%	41,39%	44,65%
10	6048000	0,002695827	5,86%	44,77%	48,01%
11	6652800	0,00296541	6,14%	47,95%	51,15%
12	7257600	0,003234993	6,42%	50,95%	54,10%
13	7862400	0,003504576	6,68%	53,78%	56,87%
14	8467200	0,003774158	6,93%	56,44%	59,46%
15	9072000	0,004043741	7,18%	58,96%	61,90%
16	9676800	0,004313324	7,41%	61,32%	64,19%
17	10281600	0,004582907	7,64%	63,55%	66,33%
18	10886400	0,004852489	7,86%	65,65%	68,35%
19	11491200	0,005122072	8,08%	67,63%	70,25%
20	12096000	0,005391655	8,29%	69,50%	72,02%
21	12700800	0,005661237	8,49%	71,25%	73,70%
22	13305600	0,00593082	8,69%	72,91%	75,27%
23	13910400	0,006200403	8,89%	74,47%	76,74%
24	14515200	0,006469986	9,08%	75,94%	78,13%

- Spasi 150cm

<b>Spasi</b>	<b>150</b>	<b>cm</b>
D	157,5	cm
n	23,67468148	
F(n)	2,418274716	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4		
Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter



<b>t (minggu)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>	<b>Uh</b>	<b>U</b>
1	604800	0,000269583	1,85%	3,39%	5,18%
2	1209600	0,000539165	2,62%	6,67%	9,12%
3	1814400	0,000808748	3,21%	9,84%	12,73%
4	2419200	0,001078331	3,71%	12,89%	16,12%
5	3024000	0,001347914	4,14%	15,85%	19,34%
6	3628800	0,001617496	4,54%	18,70%	22,39%
7	4233600	0,001887079	4,90%	21,46%	25,31%
8	4838400	0,002156662	5,24%	24,13%	28,10%
9	5443200	0,002426245	5,56%	26,70%	30,77%
10	6048000	0,002695827	5,86%	29,19%	33,34%
11	6652800	0,00296541	6,14%	31,59%	35,79%
12	7257600	0,003234993	6,42%	33,91%	38,15%
13	7862400	0,003504576	6,68%	36,15%	40,42%
14	8467200	0,003774158	6,93%	38,32%	42,59%
15	9072000	0,004043741	7,18%	40,41%	44,69%
16	9676800	0,004313324	7,41%	42,43%	46,70%
17	10281600	0,004582907	7,64%	44,39%	48,63%
18	10886400	0,004852489	7,86%	46,27%	50,50%
19	11491200	0,005122072	8,08%	48,09%	52,29%
20	12096000	0,005391655	8,29%	49,86%	54,01%
21	12700800	0,005661237	8,49%	51,56%	55,67%
22	13305600	0,00593082	8,69%	53,20%	57,27%
23	13910400	0,006200403	8,89%	54,79%	58,81%
24	14515200	0,006469986	9,08%	56,32%	60,29%

- Spasi 175cm

Spasi	175	cm
D	183,75	cm
n	27,62046	
F(n)	2,5716	
Cv gabungan	0,000285	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000856	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,00027	1,85%	2,36%	4,17%
2	1209600	0,000539	2,62%	4,66%	7,16%
3	1814400	0,000809	3,21%	6,90%	9,89%
4	2419200	0,001078	3,71%	9,10%	12,47%
5	3024000	0,001348	4,14%	11,24%	14,92%
6	3628800	0,001617	4,54%	13,33%	17,26%
7	4233600	0,001887	4,90%	15,37%	19,52%
8	4838400	0,002157	5,24%	17,37%	21,70%
9	5443200	0,002426	5,56%	19,31%	23,80%
10	6048000	0,002696	5,86%	21,22%	25,83%
11	6652800	0,002965	6,14%	23,07%	27,80%
12	7257600	0,003235	6,42%	24,88%	29,70%
13	7862400	0,003505	6,68%	26,65%	31,55%
14	8467200	0,003774	6,93%	28,38%	33,35%
15	9072000	0,004044	7,18%	30,07%	35,09%
16	9676800	0,004313	7,41%	31,72%	36,78%
17	10281600	0,004583	7,64%	33,33%	38,42%

18	10886400	0,004852	7,86%	34,90%	40,01%
19	11491200	0,005122	8,08%	36,43%	41,57%
20	12096000	0,005392	8,29%	37,93%	43,07%
21	12700800	0,005661	8,49%	39,39%	44,54%
22	13305600	0,005931	8,69%	40,82%	45,96%
23	13910400	0,0062	8,89%	42,21%	47,35%
24	14515200	0,00647	9,08%	43,58%	48,70%

- Spasi 200cm

Spasi	200	cm
D	210	cm
n	31,56624	
F(n)	2,704552	
Cv gabungan Ch=2 sd 4	0,000285	cm <sup>2</sup> /dt
Cv	0,000856	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,00027	1,85%	1,72%	3,54%
2	1209600	0,000539	2,62%	3,41%	5,94%
3	1814400	0,000809	3,21%	5,07%	8,12%
4	2419200	0,001078	3,71%	6,71%	10,16%
5	3024000	0,001348	4,14%	8,31%	12,11%
6	3628800	0,001617	4,54%	9,89%	13,98%
7	4233600	0,001887	4,90%	11,44%	15,78%
8	4838400	0,002157	5,24%	12,97%	17,53%
9	5443200	0,002426	5,56%	14,46%	19,22%

10	6048000	0,002696	5,86%	15,94%	20,86%
11	6652800	0,002965	6,14%	17,38%	22,46%
12	7257600	0,003235	6,42%	18,80%	24,02%
13	7862400	0,003505	6,68%	20,20%	25,53%
14	8467200	0,003774	6,93%	21,57%	27,01%
15	9072000	0,004044	7,18%	22,92%	28,45%
16	9676800	0,004313	7,41%	24,25%	29,86%
17	10281600	0,004583	7,64%	25,55%	31,24%
18	10886400	0,004852	7,86%	26,84%	32,59%
19	11491200	0,005122	8,08%	28,09%	33,90%
20	12096000	0,005392	8,29%	29,33%	35,19%
21	12700800	0,005661	8,49%	30,55%	36,44%
22	13305600	0,005931	8,69%	31,74%	37,67%
23	13910400	0,0062	8,89%	32,92%	38,88%
24	14515200	0,00647	9,08%	34,07%	40,06%

- **Derajat Konsolidasi Pola Segiempat**

- Spasi 60cm

Spasi	60	cm
D	67,8	cm
n	10,19138669	
F(n)	1,584390354	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

<b>t (minggu)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>	<b>Uh</b>	<b>U</b>
1	604800	0,000269583	1,85%	24,74%	26,14%
2	1209600	0,000539165	2,62%	43,36%	44,85%
3	1814400	0,000808748	3,21%	57,38%	58,75%
4	2419200	0,001078331	3,71%	67,92%	69,11%
5	3024000	0,001347914	4,14%	75,86%	76,86%
6	3628800	0,001617496	4,54%	81,83%	82,66%
7	4233600	0,001887079	4,90%	86,33%	87,00%
8	4838400	0,002156662	5,24%	89,71%	90,25%
9	5443200	0,002426245	5,56%	92,26%	92,69%
10	6048000	0,002695827	5,86%	94,17%	94,51%
11	6652800	0,00296541	6,14%	95,61%	95,88%
12	7257600	0,003234993	6,42%	96,70%	96,91%
13	7862400	0,003504576	6,68%	97,52%	97,68%
14	8467200	0,003774158	6,93%	98,13%	98,26%
15	9072000	0,004043741	7,18%	98,59%	98,69%
16	9676800	0,004313324	7,41%	98,94%	99,02%
17	10281600	0,004582907	7,64%	99,20%	99,26%
18	10886400	0,004852489	7,86%	99,40%	99,45%
19	11491200	0,005122072	8,08%	99,55%	99,59%
20	12096000	0,005391655	8,29%	99,66%	99,69%
21	12700800	0,005661237	8,49%	99,74%	99,77%
22	13305600	0,00593082	8,69%	99,81%	99,82%
23	13910400	0,006200403	8,89%	99,86%	99,87%
24	14515200	0,006469986	9,08%	99,89%	99,90%

- Spasi 70cm

Spasi	70	cm
D	79,1	cm
n	11,88995114	
F(n)	1,736206416	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,00026958	1,85%	17,35%	18,88%
2	1209600	0,00053917	2,62%	31,69%	33,48%
3	1814400	0,00080875	3,21%	43,55%	45,36%
4	2419200	0,00107833	3,71%	53,34%	55,07%
5	3024000	0,00134791	4,14%	61,44%	63,04%
6	3628800	0,0016175	4,54%	68,13%	69,58%
7	4233600	0,00188708	4,90%	73,66%	74,95%
8	4838400	0,00215666	5,24%	78,23%	79,37%
9	5443200	0,00242624	5,56%	82,01%	83,01%
10	6048000	0,00269583	5,86%	85,13%	86,00%
11	6652800	0,00296541	6,14%	87,71%	88,47%
12	7257600	0,00323499	6,42%	89,84%	90,50%
13	7862400	0,00350458	6,68%	91,61%	92,17%
14	8467200	0,00377416	6,93%	93,06%	93,54%
15	9072000	0,00404374	7,18%	94,27%	94,68%
16	9676800	0,00431332	7,41%	95,26%	95,61%
17	10281600	0,00458291	7,64%	96,08%	96,38%

18	10886400	0,00485249	7,86%	96,76%	97,02%
19	11491200	0,00512207	8,08%	97,32%	97,54%
20	12096000	0,00539165	8,29%	97,79%	97,97%
21	12700800	0,00566124	8,49%	98,17%	98,33%
22	13305600	0,00593082	8,69%	98,49%	98,62%
23	13910400	0,0062004	8,89%	98,75%	98,86%
24	14515200	0,00646999	9,08%	98,97%	99,06%

- Spasi 80cm

Spasi	80	cm
D	90,4	cm
n	13,58851559	
F(n)	1,867987557	
Cv gabungan Ch=2 sd 4	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,000269583	1,85%	12,68%	14,30%
2	1209600	0,000539165	2,62%	23,76%	25,76%
3	1814400	0,000808748	3,21%	33,43%	35,56%
4	2419200	0,001078331	3,71%	41,87%	44,02%
5	3024000	0,001347914	4,14%	49,24%	51,35%
6	3628800	0,001617496	4,54%	55,68%	57,69%
7	4233600	0,001887079	4,90%	61,30%	63,20%
8	4838400	0,002156662	5,24%	66,21%	67,98%

9	5443200	0,002426245	5,56%	70,50%	72,14%
10	6048000	0,002695827	5,86%	74,24%	75,75%
11	6652800	0,00296541	6,14%	77,51%	78,89%
12	7257600	0,003234993	6,42%	80,36%	81,62%
13	7862400	0,003504576	6,68%	82,85%	84,00%
14	8467200	0,003774158	6,93%	85,02%	86,06%
15	9072000	0,004043741	7,18%	86,92%	87,86%
16	9676800	0,004313324	7,41%	88,58%	89,43%
17	10281600	0,004582907	7,64%	90,03%	90,79%
18	10886400	0,004852489	7,86%	91,29%	91,98%
19	11491200	0,005122072	8,08%	92,40%	93,01%
20	12096000	0,005391655	8,29%	93,36%	93,91%
21	12700800	0,005661237	8,49%	94,20%	94,70%
22	13305600	0,00593082	8,69%	94,94%	95,38%
23	13910400	0,006200403	8,89%	95,58%	95,97%
24	14515200	0,006469986	9,08%	96,14%	96,49%

- Spasi 90cm

Spasi	90	cm
D	101,7	cm
n	15,28708004	
F(n)	1,984429803	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4		
Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter



<b>t (minggu)</b>	<b>t (detik)</b>	<b>Tv</b>	<b>Uv</b>	<b>Uh</b>	<b>U</b>
1	604800	0,00026958	1,85%	9,60%	11,27%
2	1209600	0,00053917	2,62%	18,27%	20,41%
3	1814400	0,00080875	3,21%	26,11%	28,48%
4	2419200	0,00107833	3,71%	33,20%	35,68%
5	3024000	0,00134791	4,14%	39,61%	42,11%
6	3628800	0,0016175	4,54%	45,41%	47,88%
7	4233600	0,00188708	4,90%	50,64%	53,06%
8	4838400	0,00215666	5,24%	55,38%	57,72%
9	5443200	0,00242624	5,56%	59,66%	61,90%
10	6048000	0,00269583	5,86%	63,53%	65,67%
11	6652800	0,00296541	6,14%	67,03%	69,06%
12	7257600	0,00323499	6,42%	70,19%	72,11%
13	7862400	0,00350458	6,68%	73,05%	74,85%
14	8467200	0,00377416	6,93%	75,64%	77,33%
15	9072000	0,00404374	7,18%	77,98%	79,56%
16	9676800	0,00431332	7,41%	80,09%	81,57%
17	10281600	0,00458291	7,64%	82,00%	83,38%
18	10886400	0,00485249	7,86%	83,73%	85,01%
19	11491200	0,00512207	8,08%	85,29%	86,48%
20	12096000	0,00539165	8,29%	86,70%	87,80%
21	12700800	0,00566124	8,49%	87,98%	89,00%
22	13305600	0,00593082	8,69%	89,13%	90,08%
23	13910400	0,0062004	8,89%	90,17%	91,05%
24	14515200	0,00646999	9,08%	91,12%	91,92%

- Spasi 100cm

Spasi	100	cm
D	113	cm
n	16,98564449	
F(n)	2,088741733	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,000269583	1,85%	7,47%	9,18%
2	1209600	0,000539165	2,62%	14,38%	16,62%
3	1814400	0,000808748	3,21%	20,78%	23,32%
4	2419200	0,001078331	3,71%	26,69%	29,41%
5	3024000	0,001347914	4,14%	32,17%	34,98%
6	3628800	0,001617496	4,54%	37,23%	40,08%
7	4233600	0,001887079	4,90%	41,92%	44,77%
8	4838400	0,002156662	5,24%	46,26%	49,08%
9	5443200	0,002426245	5,56%	50,27%	53,04%
10	6048000	0,002695827	5,86%	53,99%	56,68%
11	6652800	0,00296541	6,14%	57,42%	60,04%
12	7257600	0,003234993	6,42%	60,60%	63,13%
13	7862400	0,003504576	6,68%	63,55%	65,98%
14	8467200	0,003774158	6,93%	66,27%	68,61%
15	9072000	0,004043741	7,18%	68,79%	71,03%
16	9676800	0,004313324	7,41%	71,12%	73,26%
17	10281600	0,004582907	7,64%	73,28%	75,32%

18	10886400	0,004852489	7,86%	75,27%	77,22%
19	11491200	0,005122072	8,08%	77,12%	78,97%
20	12096000	0,005391655	8,29%	78,83%	80,58%
21	12700800	0,005661237	8,49%	80,41%	82,07%
22	13305600	0,00593082	8,69%	81,87%	83,45%
23	13910400	0,006200403	8,89%	83,23%	84,72%
24	14515200	0,006469986	9,08%	84,48%	85,89%

- Spasi 120cm

Spasi	120	cm
D	135,6	cm
n	20,38277339	
F(n)	2,269551132	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4		
Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,000269583	1,85%	4,84%	6,60%
2	1209600	0,000539165	2,62%	9,45%	11,82%
3	1814400	0,000808748	3,21%	13,83%	16,59%
4	2419200	0,001078331	3,71%	18,00%	21,04%
5	3024000	0,001347914	4,14%	21,97%	25,20%
6	3628800	0,001617496	4,54%	25,75%	29,12%
7	4233600	0,001887079	4,90%	29,34%	32,80%
8	4838400	0,002156662	5,24%	32,76%	36,28%
9	5443200	0,002426245	5,56%	36,01%	39,57%

10	6048000	0,002695827	5,86%	39,11%	42,68%
11	6652800	0,00296541	6,14%	42,06%	45,62%
12	7257600	0,003234993	6,42%	44,86%	48,40%
13	7862400	0,003504576	6,68%	47,53%	51,04%
14	8467200	0,003774158	6,93%	50,07%	53,53%
15	9072000	0,004043741	7,18%	52,49%	55,90%
16	9676800	0,004313324	7,41%	54,79%	58,14%
17	10281600	0,004582907	7,64%	56,98%	60,26%
18	10886400	0,004852489	7,86%	59,06%	62,28%
19	11491200	0,005122072	8,08%	61,04%	64,19%
20	12096000	0,005391655	8,29%	62,93%	66,00%
21	12700800	0,005661237	8,49%	64,72%	67,72%
22	13305600	0,00593082	8,69%	66,43%	69,35%
23	13910400	0,006200403	8,89%	68,05%	70,89%
24	14515200	0,006469986	9,08%	69,60%	72,36%

- Spasi 150cm

Spasi	150	cm
D	169,5	cm
n	25,47846674	
F(n)	2,491286289	
Cv gabungan	0,000285273	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000855818	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,000269583	1,85%	2,85%	4,65%
2	1209600	0,000539165	2,62%	5,62%	8,09%

3	1814400	0,000808748	3,21%	8,31%	11,25%
4	2419200	0,001078331	3,71%	10,93%	14,23%
5	3024000	0,001347914	4,14%	13,47%	17,05%
6	3628800	0,001617496	4,54%	15,93%	19,75%
7	4233600	0,001887079	4,90%	18,33%	22,33%
8	4838400	0,002156662	5,24%	20,66%	24,82%
9	5443200	0,002426245	5,56%	22,92%	27,20%
10	6048000	0,002695827	5,86%	25,12%	29,51%
11	6652800	0,00296541	6,14%	27,25%	31,72%
12	7257600	0,003234993	6,42%	29,33%	33,86%
13	7862400	0,003504576	6,68%	31,34%	35,93%
14	8467200	0,003774158	6,93%	33,30%	37,92%
15	9072000	0,004043741	7,18%	35,20%	39,85%
16	9676800	0,004313324	7,41%	37,05%	41,71%
17	10281600	0,004582907	7,64%	38,84%	43,52%
18	10886400	0,004852489	7,86%	40,59%	45,26%
19	11491200	0,005122072	8,08%	42,28%	46,94%
20	12096000	0,005391655	8,29%	43,93%	48,57%
21	12700800	0,005661237	8,49%	45,53%	50,15%
22	13305600	0,00593082	8,69%	47,08%	51,68%
23	13910400	0,006200403	8,89%	48,59%	53,16%
24	14515200	0,006469986	9,08%	50,05%	54,59%

- Spasi 175cm

<b>Spasi</b>	<b>175</b>	<b>cm</b>
D	197,75	cm
n	29,72488	
F(n)	2,644695	

Cv gabungan	0,000285	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000856	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,00027	1,85%	1,98%	3,80%
2	1209600	0,000539	2,62%	3,92%	6,44%
3	1814400	0,000809	3,21%	5,83%	8,85%
4	2419200	0,001078	3,71%	7,70%	11,12%
5	3024000	0,001348	4,14%	9,52%	13,27%
6	3628800	0,001617	4,54%	11,32%	15,34%
7	4233600	0,001887	4,90%	13,08%	17,34%
8	4838400	0,002157	5,24%	14,80%	19,26%
9	5443200	0,002426	5,56%	16,49%	21,13%
10	6048000	0,002696	5,86%	18,14%	22,94%
11	6652800	0,002965	6,14%	19,76%	24,70%
12	7257600	0,003235	6,42%	21,36%	26,40%
13	7862400	0,003505	6,68%	22,91%	28,06%
14	8467200	0,003774	6,93%	24,44%	29,68%
15	9072000	0,004044	7,18%	25,94%	31,25%
16	9676800	0,004313	7,41%	27,41%	32,79%
17	10281600	0,004583	7,64%	28,85%	34,28%
18	10886400	0,004852	7,86%	30,26%	35,74%
19	11491200	0,005122	8,08%	31,64%	37,16%
20	12096000	0,005392	8,29%	32,99%	38,55%
21	12700800	0,005661	8,49%	34,32%	39,90%
22	13305600	0,005931	8,69%	35,62%	41,22%

23	13910400	0,0062	8,89%	36,90%	42,51%
24	14515200	0,00647	9,08%	38,15%	43,76%

- Spasi 200cm

Spasi	200	cm
D	226	cm
n	33,97129	
F(n)	2,777706	
Cv gabungan	0,000285	cm <sup>2</sup> /dt
Ch=2 sd 4 Cv	0,000856	cm <sup>2</sup> /dt
Hdr	8	meter

t (minggu)	t (detik)	Tv	Uv	Uh	U
1	604800	0,00027	1,85%	1,45%	3,27%
2	1209600	0,000539	2,62%	2,88%	5,42%
3	1814400	0,000809	3,21%	4,28%	7,35%
4	2419200	0,001078	3,71%	5,67%	9,17%
5	3024000	0,001348	4,14%	7,04%	10,89%
6	3628800	0,001617	4,54%	8,38%	12,54%
7	4233600	0,001887	4,90%	9,71%	14,14%
8	4838400	0,002157	5,24%	11,02%	15,68%
9	5443200	0,002426	5,56%	12,31%	17,18%
10	6048000	0,002696	5,86%	13,58%	18,64%
11	6652800	0,002965	6,14%	14,83%	20,06%
12	7257600	0,003235	6,42%	16,06%	21,45%
13	7862400	0,003505	6,68%	17,28%	22,81%
14	8467200	0,003774	6,93%	18,48%	24,13%
15	9072000	0,004044	7,18%	19,66%	25,42%

16	9676800	0,004313	7,41%	20,82%	26,69%
17	10281600	0,004583	7,64%	21,97%	27,93%
18	10886400	0,004852	7,86%	23,10%	29,15%
19	11491200	0,005122	8,08%	24,22%	30,34%
20	12096000	0,005392	8,29%	25,31%	31,50%
21	12700800	0,005661	8,49%	26,39%	32,64%
22	13305600	0,005931	8,69%	27,46%	33,76%
23	13910400	0,0062	8,89%	28,51%	34,86%
24	14515200	0,00647	9,08%	29,55%	35,94%

### *Rate of Settlement*

- Potongan B

Total Settlement	0,19	m
t <sub>90</sub>	60,32661403	tahun
Umur rencana	20	tahun
Cv rata-rata	2,85273E-08	m <sup>2</sup> /s
	0,000285273	
Hdr	8	m

t (tahun)	t (detik)	T <sub>v</sub>	U <sub>v</sub>	Sc (m)
0	0	0	0	0
1	29030400	0,012939971	0,128357638	0,024284722
2	58060800	0,025879943	0,181525113	0,034343783
3	87091200	0,038819914	0,222321951	0,042062372



4	116121600	0,051759885	0,256715276	0,048569444
5	145152000	0,064699857	0,287016404	0,054302289
6	174182400	0,077639828	0,314410718	0,059485177
7	203212800	0,090579799	0,339602389	0,064251334
8	232243200	0,103519771	0,363050225	0,068687566
9	261273600	0,116459742	0,385072914	0,072854165
10	290304000	0,129399714	0,405902491	0,076795033
11	319334400	0,142339685	0,425714124	0,08054331
12	348364800	0,155279656	0,444643901	0,084124744
13	377395200	0,168219628	0,462800045	0,08755981
14	406425600	0,181159599	0,480270304	0,090865109
15	435456000	0,19409957	0,497126994	0,094054323
16	464486400	0,207039542	0,513430552	0,097138887
17	493516800	0,219979513	0,529232099	0,100128473
18	522547200	0,232919484	0,544575338	0,103031349
19	551577600	0,245859456	0,559497973	0,105854648
20	580608000	0,258799427	0,574032808	0,108604577

- Potongan C

Total Settlement	0,38	m
t90	60,326614	tahun
Umur rencana	20	tahun
Cv rata-rata	2,853E-08	
	0,0002853	
Hdr	8	m

t (tahun)	t (detik)	Tv	Uv	Sc (m)
0	0	0	0	0
1	29030400	0,012939971	0,128358	0,048681
2	58060800	0,025879943	0,181525	0,068846
3	87091200	0,038819914	0,222322	0,084319
4	116121600	0,051759885	0,256715	0,097363
5	145152000	0,064699857	0,287016	0,108855
6	174182400	0,077639828	0,314411	0,119245
7	203212800	0,090579799	0,339602	0,128799
8	232243200	0,103519771	0,36305	0,137692
9	261273600	0,116459742	0,385073	0,146044
10	290304000	0,129399714	0,405902	0,153944
11	319334400	0,142339685	0,425714	0,161458
12	348364800	0,155279656	0,444644	0,168637
13	377395200	0,168219628	0,4628	0,175523
14	406425600	0,181159599	0,48027	0,182149
15	435456000	0,19409957	0,497127	0,188542
16	464486400	0,207039542	0,513431	0,194726
17	493516800	0,219979513	0,529232	0,200718
18	522547200	0,232919484	0,544575	0,206538
19	551577600	0,245859456	0,559498	0,212197
20	580608000	0,258799427	0,574033	0,21771

## - Potongan D

Total Settlement	0,51	m
t90	60,326614	tahun
Umur rencana	20	tahun
Cv rata-rata	2,8527E-08	
	0,00028527	
Hdr	8	m

t (tahun)	t (detik)	Tv	Uv	Sc (m)
0	0	0	0	0
1	29030400	0,01294	0,128358	0,064926
2	58060800	0,02588	0,181525	0,091819
3	87091200	0,03882	0,222322	0,112455
4	116121600	0,05176	0,256715	0,129852
5	145152000	0,0647	0,287016	0,145179
6	174182400	0,07764	0,314411	0,159035
7	203212800	0,09058	0,339602	0,171778
8	232243200	0,10352	0,36305	0,183638
9	261273600	0,11646	0,385073	0,194778
10	290304000	0,1294	0,405902	0,205314
11	319334400	0,14234	0,425714	0,215335
12	348364800	0,15528	0,444644	0,22491
13	377395200	0,16822	0,4628	0,234094
14	406425600	0,18116	0,48027	0,24293
15	435456000	0,1941	0,497127	0,251457
16	464486400	0,20704	0,513431	0,259703
17	493516800	0,21998	0,529232	0,267696

18	522547200	0,232919	0,544575	0,275457
19	551577600	0,245859	0,559498	0,283005
20	580608000	0,258799	0,574033	0,290357

## Lampiran 6 : Pemampatan Konsolidasi Dan Peningkatan Daya Dukung Tanah Akibat Timbunan Bertahap Pada Oprit

- Potongan B

### Tahapan Penimbunan Tahap 1

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 1													
						KN/m <sup>2</sup>	I	I <sub>pakai</sub>	I γ H	Cc	Cs	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>1</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	jenis	Sc	
Depth (m)	z	x	y	n=x/z	m=y/z	Δσ'			(t/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
(m)	(m)	(m)	(m)			(KN/m <sup>2</sup> )														
0	-	1	0,5	14,1	225	28,20	450	0,25	1	6,475				0,425	0,648	1,073			Si	0
1	-	2	1,5	14,1	225	9,40	150	0,25	1	6,475				1,275	0,648	1,923			Si	0
2	-	3	2,5	14,1	225	5,64	90	0,25	1	6,475	0,52	0,07	2,38	1,95	0,648	2,598	3,95	2,026	OC	0,0027
3	-	4	3,5	14,1	225	4,03	64,29	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	2,45	0,642	3,092	4,45	1,816	OC	0,0022
4	-	5	4,5	14,1	225	3,13	50	0,245	0,98	6,346	0,52	0,07	2,38	2,95	0,635	3,585	4,95	1,678	OC	0,0019
5	-	6	5,5	14,1	225	2,56	40,91	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,627	4,077	5,45	1,580	OC	0,0016
6	-	7	6,5	14,1	225	2,17	34,62	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,622	4,611	5,989	1,501	OC	0,0014
7	-	8	7,5	14,1	225	1,88	30	0,236	0,944	6,112	0,45	0,06	1,95	4,567	0,611	5,178	6,567	1,438	OC	0,0012
8	-	9	8,5	14,1	225	1,66	26,47	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,601	5,807	7,206	1,384	OC	0,0009

9	-	10	9,5	14,1	225	1,48	23,68	0,228	0,912	5,905	0,31	0,04	1,42	5,906	0,591	6,497	7,906	1,339	OC	0,0008
<b>Total Sc</b>																				0,0126

### Tahap 2

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 2													
							Depth (m)	z (m)	X (m)	Y (m)	n=x/z	m=y/z	I	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Δσ' <sup>2</sup> (t/m <sup>2</sup> )	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ' (t/m <sup>2</sup> )
Δσ'	m																			
0	-	1	0,85	14,1	225	16,59	264,71	0,25	6,475				0,425	0,648	1,72				Si	0
1	-	2	1,85	14,1	225	7,62	121,62	0,25	6,475				1,275	0,648	2,57				Si	0
2	-	3	2,85	14,1	225	4,95	78,95	0,248	6,423	0,5201	0,074	2,38	1,95	0,642	3,24	3,95	2,026	OC	0,00211	
3	-	4	3,85	14,1	225	3,66	58,44	0,246	6,371	0,5201	0,074	2,38	2,45	0,637	3,729	4,45	1,816	OC	0,00179	
4	-	5	4,85	14,1	225	2,91	46,39	0,244	6,320	0,5201	0,074	2,38	2,95	0,632	4,217	4,95	1,678	OC	0,00155	
5	-	6	5,85	14,1	225	2,41	38,46	0,242	6,268	0,5201	0,074	2,38	3,45	0,627	4,704	5,45	1,58	OC	0,00137	
6	-	7	6,85	14,1	225	2,06	32,85	0,24	6,216	0,4501	0,064	1,95	3,989	0,622	5,232	5,989	1,501	OC	0,0012	
7	-	8	7,85	14,1	225	1,80	28,66	0,234	6,061	0,4501	0,064	1,95	4,567	0,606	5,784	6,567	1,438	OC	0,00105	
8	-	9	8,85	14,1	225	1,59	25,42	0,232	6,009	0,31	0,044	1,42	5,206	0,601	6,408	7,206	1,384	OC	0,0008	

9	-	10	9,85	14,1	225	1,43	22,84	0,230	5,957	0,31	0,044	1,42	5,906	0,596	7,092	7,906	1,339	OC	0,0007
<b>Total Sc</b>																			0,0105

### Tahap 3

H timbunan =				0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 3												
								KN/m <sup>2</sup>	I	I <sub>pakai</sub>	I <sub>γ</sub> H	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>3</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	jenis
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	Δσ'	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )									
0	-	1	1,2	14,1	225	11,75	187,50	0,25	1	6,475				0,425	0,6475	2,3675			Si	0
1	-	2	2,2	14,1	225	6,41	102,27	0,25	1	6,475				1,275	0,6475	3,2175			Si	0
2	-	3	3,2	14,1	225	4,41	70,31	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	3,88214	3,95	2,026	OC	0,0017
3	-	4	4,2	14,1	225	3,36	53,57	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	4,3666	4,45	1,816	OC	0,0015
4	-	5	5,2	14,1	225	2,71	43,27	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	4,84847	4,95	1,678	OC	0,0013
5	-	6	6,2	14,1	225	2,27	36,29	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	5,33034	5,45	1,580	OC	0,0012
6	-	7	7,2	14,1	225	1,96	31,25	0,238	0,952	6,164	0,45	0,06	1,95	3,989	0,61642	5,84862	5,989	1,501	OC	0,0011
7	-	8	8,2	14,1	225	1,72	27,44	0,232	0,928	6,009	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60088	6,38518	6,567	1,438	OC	0,0009
8	-	9	9,2	14,1	225	1,53	24,46	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,206	0,5957	7,00346	7,206	1,384	OC	0,0007

9	-	10	10,2	14,1	225	1,38	22,06	0,226	0,904	5,853	0,31	0,04	1,42	5,906	0,58534	7,67756	7,906	1,339	OC	0,0006
Total Sc																				0,0105

### Tahap 4

H timbunan =				0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 4													
							KN/m <sup>2</sup>	I	I <sub>pakai</sub>	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>4</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	jenis	Sc	
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	Δσ'	(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )											(t/m <sup>2</sup> )
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )											
0	-	1	1,55	14,1	225	9,10	145,16	0,25	1	6,475				0,425	0,6475	3,015				Si	0
1	-	2	2,55	14,1	225	5,53	88,24	0,25	1	6,475				1,275	0,6475	3,865				Si	0
2	-	3	3,55	14,1	225	3,97	63,38	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	4,52446	3,95	2,026		OC pig	0,0092
3	-	4	4,55	14,1	225	3,10	49,45	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	5,00374	4,45	1,816		OC pig	0,0080
4	-	5	5,55	14,1	225	2,54	40,54	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	5,48043	4,95	1,678		OC pig	0,0070
5	-	6	6,55	14,1	225	2,15	34,35	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	5,95712	5,45	1,580		OC pig	0,0062
6	-	7	7,55	14,1	225	1,87	29,80	0,238	0,952	6,164	0,45	0,06	1,95	3,989	0,61642	6,46504	5,989	1,501		OC pig	0,0053
7	-	8	8,55	14,1	225	1,65	26,32	0,232	0,928	6,009	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60088	6,98606	6,567	1,438		OC pig	0,0044
8	-	9	9,55	14,1	225	1,48	23,56	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,206	0,5957	7,59916	7,206	1,384		OC pig	0,0032



9	-	10	10,55	14,1	225	1,34	21,33	0,226	0,904	5,853	0,31	0,04	1,42	5,906	0,58534	8,2629	7,906	1,339	OC pig	0,0027
Total Sc																				0,0459

## Tahap 5

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5 KN/m <sup>2</sup>	TAHAP 5													
							Depth (m)	z (m)	X (m)	Y (m)	n=x/z	m=y/z	I	I <sub>pakai</sub>	I γ H	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Δσ' <sub>5</sub> (t/m <sup>2</sup> )
Δσ'	(KN/m <sup>2</sup> )																			
0	-	1	1,9	14,1	225	7,42	118,42	0,25	1	6,475				0,425	0,6475	3,6625			Si	0
1	-	2	2,9	14,1	225	4,86	77,59	0,248	0,992	6,423				1,275	0,64232	4,50732			Si	0
2	-	3	3,9	14,1	225	3,62	57,69	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	1,95	0,63714	5,1616	3,95	2,026	NC	0,0088
3	-	4	4,9	14,1	225	2,88	45,92	0,245	0,98	6,346	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63455	5,63829	4,45	1,816	NC	0,0080
4	-	5	5,9	14,1	225	2,39	38,14	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	2,95	0,62678	6,10721	4,95	1,678	NC	0,0072
5	-	6	6,9	14,1	225	2,04	32,61	0,24	0,96	6,216	0,52	0,07	2,38	3,45	0,6216	6,57872	5,45	1,580	NC	0,0066
6	-	7	7,9	14,1	225	1,78	28,48	0,236	0,944	6,112	0,45	0,06	1,95	3,989	0,61124	7,07628	5,989	1,501	NC	0,0060
7	-	8	8,9	14,1	225	1,58	25,28	0,232	0,928	6,009	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60088	7,58694	6,567	1,438	NC	0,0055
8	-	9	9,9	14,1	225	1,42	22,73	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,206	0,5957	8,19486	7,206	1,384	NC	0,0042

9	-	10	10,9	14,1	225	1,29	20,64	0,220	0,88	5,698	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5698	8,8327	7,906	1,339	NC	0,0037
Total Sc																				0,0500

### Tahap 6

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 6													
						KN/m <sup>2</sup>	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ'o	Δσ'6	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ'c	OCR	jenis	Sc	
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	Δσ'			(t/m <sup>2</sup> )											(t/m <sup>2</sup> )
			(m)	(m)	(m)				(KN/m <sup>2</sup> )											
0	-	1	2,25	14,1	225	6,27	100,00	0,25	1	6,475				0,425	0,6475	4,31			Si	0
1	-	2	3,25	14,1	225	4,34	69,23	0,248	0,992	6,423				1,275	0,64232	5,14964			Si	0
2	-	3	4,25	14,1	225	3,32	52,94	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	1,95	0,63714	5,79874	3,95	2,026	NC	0,0078
3	-	4	5,25	14,1	225	2,69	42,86	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63196	6,27025	4,45	1,816	NC	0,0071
4	-	5	6,25	14,1	225	2,26	36,00	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	2,95	0,62678	6,73399	4,95	1,678	NC	0,0065
5	-	6	7,25	14,1	225	1,94	31,03	0,238	0,952	6,164	0,52	0,07	2,38	3,45	0,61642	7,19514	5,45	1,580	NC	0,0060
6	-	7	8,25	14,1	225	1,71	27,27	0,232	0,928	6,009	0,45	0,06	1,95	3,989	0,60088	7,67716	5,989	1,501	NC	0,0054
7	-	8	9,25	14,1	225	1,52	24,32	0,230	0,92	5,957	0,45	0,06	1,95	4,567	0,5957	8,18264	6,567	1,438	NC	0,0050
8	-	9	10,25	14,1	225	1,38	21,95	0,224	0,896	5,802	0,31	0,04	1,42	5,206	0,58016	8,77502	7,206	1,384	NC	0,0038

9	-	10	11,25	14,1	225	1,25	20,00	0,220	0,88	5,698	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5698	9,4025	7,906	1,339	NC	0,0035
Total Sc																				0,0451

## Tahap 7

H timbunan =				0,2	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 7												
							KN/m <sup>2</sup>	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>7</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	jenis	Sc
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	(KN/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )										
0	-	1	2,45	14,1	225	5,76	91,84	0,25	1	3,700				0,425	0,37	4,68			Si	0
1	-	2	3,45	14,1	225	4,09	65,22	0,248	0,992	3,670				1,275	0,36704	5,51668			Si	0
2	-	3	4,45	14,1	225	3,17	50,56	0,246	0,984	3,641	0,52	0,07	2,38	1,95	0,36408	6,16282	3,95	2,026	NC	0,0041
3	-	4	5,45	14,1	225	2,59	41,28	0,244	0,976	3,611	0,52	0,07	2,38	2,45	0,36112	6,63137	4,45	1,816	NC	0,0037
4	-	5	6,45	14,1	225	2,19	34,88	0,242	0,968	3,582	0,52	0,07	2,38	2,95	0,35816	7,09215	4,95	1,678	NC	0,0035
5	-	6	7,45	14,1	225	1,89	30,20	0,238	0,952	3,522	0,52	0,07	2,38	3,45	0,35224	7,54738	5,45	1,580	NC	0,0032
6	-	7	8,45	14,1	225	1,67	26,63	0,232	0,928	3,434	0,45	0,06	1,95	3,989	0,34336	8,02052	5,989	1,501	NC	0,0029
7	-	8	9,45	14,1	225	1,49	23,81	0,230	0,92	3,404	0,45	0,06	1,95	4,567	0,3404	8,52304	6,567	1,438	NC	0,0027
8	-	9	10,45	14,1	225	1,35	21,53	0,224	0,896	3,315	0,31	0,04	1,42	5,206	0,33152	9,10654	7,206	1,384	NC	0,0021

9	-	10	11,45	14,1	225	1,23	19,65	0,220	0,88	3,256	0,31	0,04	1,42	5,906	0,3256	9,7281	7,906	1,339	NC	0,0019
Total Sc																				0,0240

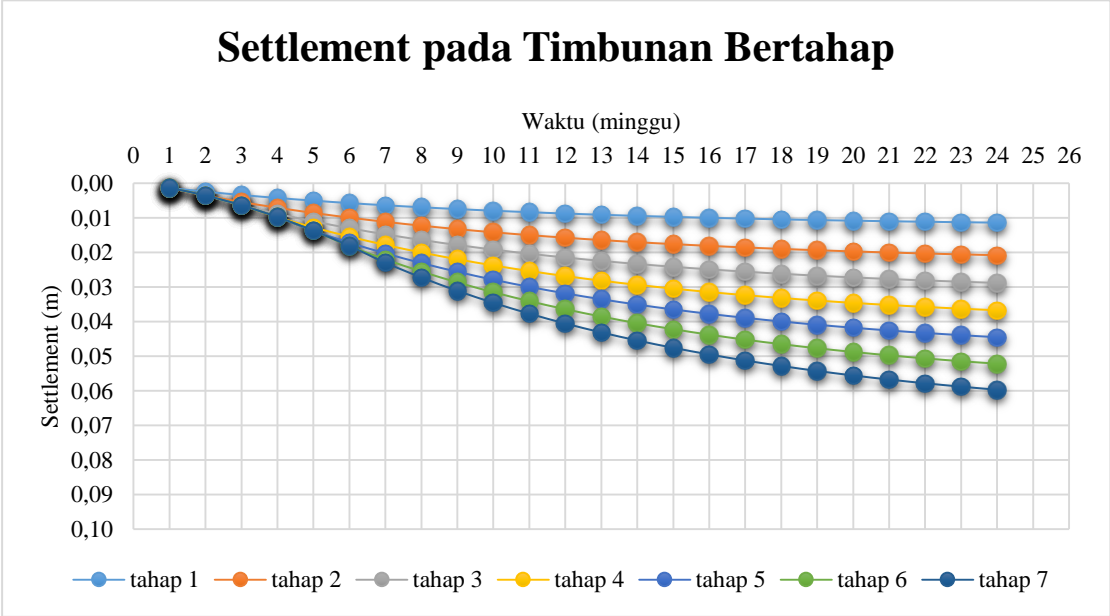
### Peningkatan daya dukung Potongan B

Tegangan efektif												
Depth (m)	z	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$	$\sigma_7'$			
		t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m3	t/m4	t/m5	t/m6			
		(m)	0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,3		
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,5	0,425	1,073	1,720	2,368	5,383	9,045	9,693	14,373	
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,5	1,275	1,923	2,570	3,218	7,083	11,590	12,232	17,749	
<b>2</b>	-	<b>3</b>	2,5	1,95	2,598	3,240	3,882	8,407	13,568	14,205	20,368	
<b>3</b>	-	<b>4</b>	3,5	2,45	3,092	3,729	4,367	9,370	15,009	15,641	22,272	
<b>4</b>	-	<b>5</b>	4,5	2,95	3,585	4,217	4,848	10,329	16,436	17,063	24,155	
<b>5</b>	-	<b>6</b>	5,5	3,45	4,077	4,704	5,330	11,287	17,866	18,483	26,030	
<b>6</b>	-	<b>7</b>	6,5	3,989	4,611	5,232	5,849	12,314	19,390	19,991	28,011	
<b>7</b>	-	<b>8</b>	7,5	4,567	5,178	5,784	6,385	13,371	20,958	21,554	30,077	
<b>8</b>	-	<b>9</b>	8,5	5,206	5,807	6,408	7,003	14,603	22,797	23,378	32,484	
<b>9</b>	-	<b>10</b>	9,5	5,906	6,497	7,092	7,678	15,940	24,773	25,343	35,071	

Derajat Konsolidasi U = 100%												
Perubahan Tegangan			Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Sigma\sigma'$	$\Sigma\sigma'$
			t/m2	t/m2	t/m2	t/m2					t/m2	kg/cm <sup>2</sup>
Tinggi Timbunan			0	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,2		
Umur Timbunan (minggu)			-	7	6	5	4	3	2	1		
Kedalaman/ U(%)			100%	4,90%	4,54%	4,14%	3,71%	3,21%	2,62%	1,85%		
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,425	0,020	0,023	0,023	0,073	0,090	0,016	0,071	0,317	0,032
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,275	0,026	0,025	0,024	0,095	0,113	0,016	0,085	0,385	0,038
<b>2</b>	-	<b>3</b>	1,95	0,028	0,026	0,024	0,113	0,130	0,016	0,095	0,433	0,043
<b>3</b>	-	<b>4</b>	2,45	0,028	0,026	0,024	0,125	0,143	0,016	0,103	0,466	0,047
<b>4</b>	-	<b>5</b>	2,95	0,028	0,027	0,024	0,138	0,155	0,016	0,110	0,499	0,050
<b>5</b>	-	<b>6</b>	3,45	0,028	0,027	0,024	0,150	0,168	0,016	0,118	0,531	0,053
<b>6</b>	-	<b>7</b>	3,989	0,028	0,027	0,024	0,164	0,181	0,016	0,125	0,564	0,056
<b>7</b>	-	<b>8</b>	4,567	0,028	0,026	0,024	0,177	0,194	0,015	0,133	0,598	0,060
<b>8</b>	-	<b>9</b>	5,206	0,028	0,026	0,024	0,193	0,210	0,015	0,143	0,639	0,064
<b>9</b>	-	<b>10</b>	5,906	0,028	0,026	0,023	0,211	0,227	0,015	0,153	0,682	0,068

kedalaman			PI	Cu Lama	Cu baru	Cu pakai	Cu pakai
				kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kPa
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0	0	<b>0,0797</b>	0	0
<b>1</b>	-	<b>2</b>	0	0	<b>0,081</b>	0	0
<b>2</b>	-	<b>3</b>	58	0,0833	<b>0,0779</b>	0,0833	8,33
<b>3</b>	-	<b>4</b>	58	0,0833	<b>0,0782</b>	0,0833	8,33
<b>4</b>	-	<b>5</b>	58	0,0833	<b>0,0785</b>	0,0833	8,33
<b>5</b>	-	<b>6</b>	58	0,0833	<b>0,0789</b>	0,0833	8,33
<b>6</b>	-	<b>7</b>	51	0,25	<b>0,0798</b>	0,25	25
<b>7</b>	-	<b>8</b>	51	0,25	<b>0,0802</b>	0,25	25
<b>8</b>	-	<b>9</b>	37	0,65	<b>0,0821</b>	0,65	65
<b>9</b>	-	<b>10</b>	37	0,65	<b>0,0826</b>	0,65	65

**Grafik Settlement vs Waktu Potongan B**



**- Potongan C**  
**Tahapan Penimbunan**  
**Tahap 1**

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 1													
						KN/m <sup>2</sup>	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sup>1</sup>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ' <sup>i</sup>	σ' <sub>c</sub>	OCR	jenis	Sc	
Depth (m)	z	x	y	n=x/z	m=y/z	Δσ'			(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0,5	14,1	225	28,20	450	0,25	1	6,475				0,425	0,648	1,073			Si	0
1	-	2	1,5	14,1	225	9,40	150	0,25	1	6,475				1,275	0,648	1,923			Si	0
2	-	3	2,5	14,1	225	5,64	90	0,25	1	6,475	0,52	0,07	2,38	1,95	0,648	2,598	3,95	2,026	OC	0,0027
3	-	4	3,5	14,1	225	4,03	64,29	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	2,45	0,642	3,092	4,45	1,816	OC	0,0022
4	-	5	4,5	14,1	225	3,13	50	0,245	0,98	6,346	0,52	0,07	2,38	2,95	0,635	3,585	4,95	1,678	OC	0,0019
5	-	6	5,5	14,1	225	2,56	40,91	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,627	4,077	5,45	1,580	OC	0,0016
6	-	7	6,5	14,1	225	2,17	34,62	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,622	4,611	5,989	1,501	OC	0,0014
7	-	8	7,5	14,1	225	1,88	30	0,236	0,944	6,112	0,45	0,06	1,95	4,567	0,611	5,178	6,567	1,438	OC	0,0012
8	-	9	8,5	14,1	225	1,66	26,47	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,601	5,807	7,206	1,384	OC	0,0009
9	-	10	9,5	14,1	225	1,48	23,68	0,228	0,912	5,905	0,31	0,04	1,42	5,906	0,591	6,497	7,906	1,339	OC	0,0008
<b>Total Sc</b>																			0,0126	



## Tahap 2

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 2												
							Depth (m)	z (m)	X (m)	Y (m)	n=x/z	m=y/z	I	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sup>2</sup>
(KN/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	m															
0	-	1	0,85	14,1	225	16,59	264,71	0,25	6,475				0,425	0,648	1,72			Si	0
1	-	2	1,85	14,1	225	7,62	121,62	0,25	6,475				1,275	0,648	2,57			Si	0
2	-	3	2,85	14,1	225	4,95	78,95	0,248	6,423	0,520	0,074	2,38	1,95	0,642	3,24	3,95	2,026	OC	0,00211
3	-	4	3,85	14,1	225	3,66	58,44	0,246	6,371	0,520	0,074	2,38	2,45	0,637	3,729	4,45	1,816	OC	0,00179
4	-	5	4,85	14,1	225	2,91	46,39	0,244	6,320	0,520	0,074	2,38	2,95	0,632	4,217	4,95	1,678	OC	0,00155
5	-	6	5,85	14,1	225	2,41	38,46	0,242	6,268	0,520	0,074	2,38	3,45	0,627	4,704	5,45	1,58	OC	0,00137
6	-	7	6,85	14,1	225	2,06	32,85	0,24	6,216	0,450	0,064	1,95	3,989	0,622	5,232	5,989	1,501	OC	0,0012
7	-	8	7,85	14,1	225	1,80	28,66	0,234	6,061	0,450	0,064	1,95	4,567	0,606	5,784	6,567	1,438	OC	0,00105
8	-	9	8,85	14,1	225	1,59	25,42	0,232	6,009	0,31	0,044	1,42	5,206	0,601	6,408	7,206	1,384	OC	0,0008
9	-	10	9,85	14,1	225	1,43	22,84	0,230	5,957	0,31	0,044	1,42	5,906	0,596	7,092	7,906	1,339	OC	0,0007
<b>Total Sc</b>																			0,0105

## Tahap 3

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 3													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>3</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	Jenis	Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	1,2	14,1	225,0	11,75	187,50	0,25	1	6,475				0,425	0,65	2,37	2,425		Si	0
1	-	2	2,2	14,1	225,0	6,41	102,27	0,25	1	6,475				1,275	0,65	3,22	3,275		Si	0
2	-	3	3,2	14,1	225,0	4,41	70,31	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	3,88	3,95	2,03	OC	0,0017
3	-	4	4,2	14,1	225,0	3,36	53,57	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	4,37	4,45	1,82	OC	0,0015
4	-	5	5,2	14,1	225,0	2,71	43,27	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	4,85	4,95	1,68	OC	0,0013
5	-	6	6,2	14,1	225,0	2,27	36,29	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	5,33	5,45	1,58	OC	0,0012
6	-	7	7,2	14,1	225,0	1,96	31,25	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	5,85	5,989	1,5	OC	0,0011
7	-	8	8,2	14,1	225,0	1,72	27,44	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	6,4	6,567	1,44	OC	0,0009
8	-	9	9,2	14,1	225,0	1,53	24,46	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	7,01	7,206	1,38	OC	0,0007
9	-	10	10	14,1	225,0	1,38	22,06	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	7,69	7,906	1,34	OC	0,0006
<b>Total Sc</b>																			0,0091	

## Tahap 4

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 4													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sup>4</sup>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	Jenis	Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	1,6	14,1	225,0	9,10	145,16	0,25	1	6,475				0,425	0,65	3,02	2,425		Si	0
1	-	2	2,6	14,1	225,0	5,53	88,24	0,25	1	6,475				1,275	0,65	3,87	3,275		Si	0
2	-	3	3,6	14,1	225,0	3,97	63,38	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	4,52	3,95	2,03	OC p <sub>lg</sub>	0,0092
3	-	4	4,6	14,1	225,0	3,10	49,45	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	5	4,45	1,82	OC p <sub>lg</sub>	0,008
4	-	5	5,6	14,1	225,0	2,54	40,54	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	5,48	4,95	1,68	OC p <sub>lg</sub>	0,007
5	-	6	6,6	14,1	225,0	2,15	34,35	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	5,96	5,45	1,58	OC p <sub>lg</sub>	0,0062
6	-	7	7,6	14,1	225,0	1,87	29,80	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	6,48	5,989	1,5	OC p <sub>lg</sub>	0,0054
7	-	8	8,6	14,1	225,0	1,65	26,32	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	7	6,567	1,44	OC p <sub>lg</sub>	0,0045
8	-	9	9,6	14,1	225,0	1,48	23,56	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	7,61	7,206	1,38	OC p <sub>lg</sub>	0,0033

9	-	10	11	14,1	225,0	1,34	21,33	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	8,29	7,906	1,34	OC p <sub>lg</sub>	0,0028
<b>Total Sc</b>																				0,0464

### Tahap 5

H timbunan =			0,35	m	γ <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 5													
							I	Ipakai	I γ H Δσ' (KN/m <sup>2</sup> )	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Δσ' <sub>5</sub> (t/m <sup>2</sup> )	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ (t/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>c</sub> (t/m <sup>2</sup> )	OCR	Jenis	Sc m	
Depth (m)	z (m)	X (m)	Y (m)	n=x/z	m=y/z															
0	-	1	1,9	14,1	225,0	7,42	118,42	0,25	1	6,475				0,425	0,65	3,66	2,425		Si	0
1	-	2	2,9	14,1	225,0	4,86	77,59	0,25	1	6,475				1,275	0,65	4,51	3,275		Si	0
2	-	3	3,9	14,1	225,0	3,62	57,69	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	5,17	3,95	2,03	NC	0,0089
3	-	4	4,9	14,1	225,0	2,88	45,92	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	5,64	4,45	1,82	NC	0,008
4	-	5	5,9	14,1	225,0	2,39	38,14	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	6,11	4,95	1,68	NC	0,0073
5	-	6	6,9	14,1	225,0	2,04	32,61	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	6,58	5,45	1,58	NC	0,0067
6	-	7	7,9	14,1	225,0	1,78	28,48	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	7,1	5,989	1,5	NC	0,0061
7	-	8	8,9	14,1	225,0	1,58	25,28	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	7,61	6,567	1,44	NC	0,0055
8	-	9	9,9	14,1	225,0	1,42	22,73	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	8,21	7,206	1,38	NC	0,0042

9	-	10	11	14,1	225,0	1,29	20,64	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	8,88	7,906	1,34	NC	0,0039
<b>Total Sc</b>																				0,0505

## Tahap 6

H timbunan =			0,35	m		y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 6												
								I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>6</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	Jenis	Sc
Δσ'	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	m															
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z															
	(m)	(m)	(m)																	
0	-	1	2,3	14,1	225,0	6,27	100,00	0,25	1	6,475				0,425	0,65	4,31	2,425		Si	0
1	-	2	3,3	14,1	225,0	4,34	69,23	0,25	1	6,475				1,275	0,65	5,16	3,275		Si	0
2	-	3	4,3	14,1	225,0	3,32	52,94	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	5,81	3,95	2,03	NC	0,0078
3	-	4	5,3	14,1	225,0	2,69	42,86	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	6,28	4,45	1,82	NC	0,0072
4	-	5	6,3	14,1	225,0	2,26	36,00	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	6,74	4,95	1,68	NC	0,0066
5	-	6	7,3	14,1	225,0	1,94	31,03	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	7,21	5,45	1,58	NC	0,0061
6	-	7	8,3	14,1	225,0	1,71	27,27	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	7,72	5,989	1,5	NC	0,0056
7	-	8	9,3	14,1	225,0	1,52	24,32	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	8,21	6,567	1,44	NC	0,0051
8	-	9	10	14,1	225,0	1,38	21,95	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	8,81	7,206	1,38	NC	0,0039

9	-	10	11	14,1	225,0	1,25	20,00	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	9,48	7,906	1,34	NC	0,0036
<b>Total Sc</b>																				0,0458

### Tahap 7

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 7													
							Depth (m)	z (m)	X (m)	Y (m)	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Δσ' <sup>7</sup> (t/m <sup>2</sup> )
(KN/m <sup>2</sup> )	m																			
0	-	1	2,6	14,1	225,0	5,42	86,54	0,25	1	6,475				0,425	0,65	4,96	2,425		Si	0
1	-	2	3,6	14,1	225,0	3,92	62,50	0,25	1	6,475				1,275	0,65	5,81	3,275		Si	0
2	-	3	4,6	14,1	225,0	3,07	48,91	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	6,45	3,95	2,03	NC	0,007
3	-	4	5,6	14,1	225,0	2,52	40,18	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	6,92	4,45	1,82	NC	0,0065
4	-	5	6,6	14,1	225,0	2,14	34,09	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	7,38	4,95	1,68	NC	0,006
5	-	6	7,6	14,1	225,0	1,86	29,61	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	7,84	5,45	1,58	NC	0,0056
6	-	7	8,6	14,1	225,0	1,64	26,16	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	8,34	5,989	1,5	NC	0,0051
7	-	8	9,6	14,1	225,0	1,47	23,44	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	8,82	6,567	1,44	NC	0,0047
8	-	9	11	14,1	225,0	1,33	21,23	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	9,41	7,206	1,38	NC	0,0037

9	-	10	12	14,1	225,0	1,22	19,40	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	10,1	7,906	1,34	NC	0,0034
<b>Total Sc</b>																				0,0419

## Tahap 8

H timbunan =			0,35	m	$\gamma_{tim} = 18,5$ KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 8													
							I	Ipakai	$I \gamma H$ $\Delta\sigma'$ (KN/m <sup>2</sup> )	Cc	Cs	eo	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma'_8$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sum_n^i \Delta\sigma'$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	Jenis	Sc m	
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z															
			(m)	(m)	(m)															
0	-	1	3	14,1	225,0	4,78	76,27	0,25	1	6,475				0,425	0,65	5,61	2,425		Si	0
1	-	2	4	14,1	225,0	3,57	56,96	0,25	1	6,475				1,275	0,65	6,46	3,275		Si	0
2	-	3	5	14,1	225,0	2,85	45,45	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	7,09	3,95	2,03	NC	0,0063
3	-	4	6	14,1	225,0	2,37	37,82	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	7,55	4,45	1,82	NC	0,0059
4	-	5	7	14,1	225,0	2,03	32,37	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	8,01	4,95	1,68	NC	0,0055
5	-	6	8	14,1	225,0	1,77	28,30	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	8,46	5,45	1,58	NC	0,0051
6	-	7	9	14,1	225,0	1,58	25,14	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	8,96	5,989	1,5	NC	0,0048
7	-	8	10	14,1	225,0	1,42	22,61	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	9,43	6,567	1,44	NC	0,0044
8	-	9	11	14,1	225,0	1,29	20,55	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	10	7,206	1,38	NC	0,0034

9	-	10	12	14,1	225,0	1,18	18,83	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	10,7	7,906	1,34	NC	0,0032
<b>Total Sc</b>																				0,0387

### Tahap 9

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 9													
							Depth (m)	z (m)	X (m)	Y (m)	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I <sub>γ</sub> H Δσ' (KN/m <sup>2</sup> )	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Δσ' <sup>9</sup> (t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	3,3	14,1	225,0	4,27														
1	-	2	4,3	14,1	225,0	3,28	52,33	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	7,10	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	5,3	14,1	225,0	2,66	42,45	0,248	0,992	6,423	0,520	0,074	2,38	1,95	0,64232	7,74	3,95	2,03	NC	0,0058
3	-	4	6,3	14,1	225,0	2,24	35,71	0,246	0,984	6,371	0,520	0,074	2,38	2,45	0,63714	8,19	4,45	1,82	NC	0,0054
4	-	5	7,3	14,1	225,0	1,93	30,82	0,244	0,976	6,320	0,520	0,074	2,38	2,95	0,63196	8,64	4,95	1,68	NC	0,0051
5	-	6	8,3	14,1	225,0	1,70	27,11	0,242	0,968	6,268	0,520	0,074	2,38	3,45	0,62678	9,09	5,45	1,58	NC	0,0048
6	-	7	9,3	14,1	225,0	1,52	24,19	0,24	0,96	6,216	0,450	0,064	1,95	3,989	0,6216	9,58	5,989	1,50	NC	0,0044
7	-	8	10,3	14,1	225,0	1,37	21,84	0,234	0,936	6,061	0,450	0,064	1,95	4,567	0,60606	10,03	6,567	1,44	NC	0,0041
8	-	9	11,3	14,1	225,0	1,25	19,91	0,232	0,928	6,009	0,310	0,044	1,42	5,206	0,60088	10,61	7,206	1,38	NC	0,0032
9	-	10	12,3	14,1	225,0	1,15	18,29	0,230	0,92	5,957	0,310	0,044	1,42	5,906	0,5957	11,27	7,906	1,34	NC	0,0030
<b>Total Sc</b>																				0,0359



## Tahap 10

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 10													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	I <sub>pakai</sub>	I y H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>10</sub>	∑ <sup>i</sup> Δσ' <sub>o</sub>	σ' <sub>c</sub>	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	3,65	14,1	225,0	3,86	61,64	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	6,9	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	4,65	14,1	225,0	3,03	48,39	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	7,75	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	5,65	14,1	225,0	2,50	39,82	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	8,378	3,95	2,03	NC	0,0053
3	-	4	6,65	14,1	225,0	2,12	33,83	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	8,827	4,45	1,82	NC	0,005
4	-	5	7,65	14,1	225,0	1,84	29,41	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	9,272	4,95	1,68	NC	0,0047
5	-	6	8,65	14,1	225,0	1,63	26,01	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	9,718	5,45	1,58	NC	0,0045
6	-	7	9,65	14,1	225,0	1,46	23,32	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	10,21	5,989	1,5	NC	0,0042
7	-	8	10,7	14,1	225,0	1,32	21,13	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	10,64	6,567	1,44	NC	0,0039
8	-	9	11,7	14,1	225,0	1,21	19,31	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	11,21	7,206	1,38	NC	0,0031
9	-	10	12,7	14,1	225,0	1,11	17,79	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	11,86	7,906	1,34	NC	0,0029
<b>Total Sc</b>																				0,0335

## Tahap 11

H timbunan =				0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 11													
Depth (m)				z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	I <sub>pakai</sub>	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>11</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ' <sub>i</sub>	σ' <sub>c</sub>	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)	(KN/m <sup>2</sup> )					(t/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	4	14,1	225,0	3,53	56,25	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	7,5475	2,425	5,7059	NC	0	
1	-	2	5	14,1	225,0	2,82	45,00	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	8,3975	3,275	2,5686	NC	0	
2	-	3	6	14,1	225,0	2,35	37,50	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	9,0207	3,95	2,0256	NC	0,00493	
3	-	4	7	14,1	225,0	2,01	32,14	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	9,4637	4,45	1,8163	NC	0,00465	
4	-	5	8	14,1	225,0	1,76	28,13	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	9,9041	4,95	1,6779	NC	0,00440	
5	-	6	9	14,1	225,0	1,57	25,00	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	10,3445	5,45	1,5797	NC	0,00417	
6	-	7	10	14,1	225,0	1,41	22,50	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	10,826	5,989	1,5013	NC	0,00391	
7	-	8	11	14,1	225,0	1,28	20,45	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	11,244	6,567	1,4379	NC	0,00367	
8	-	9	12	14,1	225,0	1,18	18,75	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	11,815	7,206	1,3841	NC	0,00290	
9	-	10	13	14,1	225,0	1,08	17,31	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	12,458	7,906	1,3386	NC	0,00272	
Total Sc																				0,03135	

## Tahap 12

H timbunan =			0,45	m	$\gamma_{tim} = 18,5$ KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 12													
							I	Ipakai	$I \gamma H$ $\Delta\sigma'$ (KN/m <sup>2</sup> )	Cc	Cs	eo	$\sigma'_o$ (t/m <sup>2</sup> )	$\Delta\sigma'_{12}$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sum_0^i \Delta\sigma'$ (t/m <sup>2</sup> )	$\sigma'_c$ (t/m <sup>2</sup> )	OCR	Sc		
Depth (m)	z (m)	X (m)	Y (m)	n=x/z	m=y/z	m														
0	-	1	4,35	14,1	225,0	3,24	51,72	0,25	1	8,325	0	0	0	0,425	0,8325	8,38	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	5,35	14,1	225,0	2,64	42,06	0,25	1	8,325	0	0	0	1,275	0,8325	9,23	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	6,35	14,1	225,0	2,22	35,43	0,248	0,992	8,258	0,52	0,07	2,38	1,95	0,82584	9,84654	3,95	2,03	NC	0,00585
3	-	4	7,35	14,1	225,0	1,92	30,61	0,246	0,984	8,192	0,52	0,07	2,38	2,45	0,81918	10,2829	4,45	1,82	NC	0,00555
4	-	5	8,35	14,1	225,0	1,69	26,95	0,244	0,976	8,125	0,52	0,07	2,38	2,95	0,81252	10,71667	4,95	1,68	NC	0,00527
5	-	6	9,35	14,1	225,0	1,51	24,06	0,242	0,968	8,059	0,52	0,07	2,38	3,45	0,80586	11,15044	5,45	1,58	NC	0,00501
6	-	7	10,35	14,1	225,0	1,36	21,74	0,24	0,96	7,992	0,45	0,06	1,95	3,989	0,7992	11,6258	5,989	1,50	NC	0,00472
7	-	8	11,35	14,1	225,0	1,24	19,82	0,234	0,936	7,792	0,45	0,06	1,95	4,567	0,77922	12,02324	6,567	1,44	NC	0,00444
8	-	9	12,35	14,1	225,0	1,14	18,22	0,232	0,928	7,726	0,31	0,04	1,42	5,206	0,77256	12,58824	7,206	1,38	NC	0,00352
9	-	10	13,35	14,1	225,0	1,06	16,85	0,230	0,92	7,659	0,31	0,04	1,42	5,906	0,7659	13,2246	7,906	1,34	NC	0,00332
<b>Total Sc</b>																			0,0377	

### Peningkatan daya dukung Potongan B-B

Tegangan efektif																
Depth (m)			z	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$	$\sigma_7'$	$\sigma_8'$	$\sigma_9'$	$\sigma_{10}'$	$\sigma_{11}'$	$\sigma_{12}'$
				t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m3	t/m4
			(m)	0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15	3,5	3,85	4,3
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,5	0,425	1,073	1,720	2,368	3,015	3,663	4,310	4,958	5,605	11,858	18,758	26,305	34,685
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,5	1,275	1,923	2,570	3,218	3,865	4,513	5,160	5,808	6,455	13,558	21,308	29,705	38,935
<b>2</b>	-	<b>3</b>	2,5	1,95	2,598	3,240	3,882	4,524	5,167	5,809	6,451	7,094	14,830	23,208	32,229	42,075
<b>3</b>	-	<b>4</b>	3,5	2,45	3,092	3,729	4,367	5,004	5,641	6,278	6,915	7,552	15,742	24,568	34,032	44,315
<b>4</b>	-	<b>5</b>	4,5	2,95	3,585	4,217	4,848	5,480	6,112	6,744	7,376	8,008	16,649	25,921	35,825	46,542
<b>5</b>	-	<b>6</b>	5,5	3,45	4,077	4,704	5,330	5,957	6,584	7,211	7,837	8,464	17,555	27,273	37,618	48,768
<b>6</b>	-	<b>7</b>	6,5	3,989	4,611	5,232	5,854	6,475	7,097	7,719	8,340	8,962	18,545	28,750	39,577	51,203
<b>7</b>	-	<b>8</b>	7,5	4,567	5,183	5,789	6,396	7,002	7,608	8,214	8,820	9,426	19,458	30,096	41,340	53,363
<b>8</b>	-	<b>9</b>	8,5	5,206	5,807	6,408	7,009	7,610	8,210	8,811	9,412	10,013	20,627	31,842	43,657	56,246
<b>9</b>	-	<b>10</b>	9,5	5,906	6,502	7,097	7,693	8,289	8,885	9,480	10,076	10,672	21,939	33,802	46,261	59,485

Derajat Konsolidasi U<100%										
Perubahan Tegangan			Po'	ΔP1'	ΔP2'	ΔP3'	ΔP4'	ΔP5'	ΔP6'	ΔP7'
			t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan			0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45
Umur Timbunan (minggu)			-	12	11	10	9	8	7	6
Kedalaman/ U(%)			100%	69,40%	66,31%	62,91%	59,16%	55,02%	50,46%	45,41%
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,425	0,383	0,394	0,383	0,364	0,341	0,314	0,283
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,275	0,420	0,408	0,390	0,369	0,344	0,316	0,285
<b>2</b>	-	<b>3</b>	1,95	0,429	0,410	0,390	0,368	0,343	0,315	0,283
<b>3</b>	-	<b>4</b>	2,45	0,430	0,409	0,389	0,366	0,341	0,313	0,282
<b>4</b>	-	<b>5</b>	2,95	0,427	0,408	0,387	0,364	0,339	0,311	0,280
<b>5</b>	-	<b>6</b>	3,45	0,424	0,406	0,385	0,362	0,337	0,309	0,278
<b>6</b>	-	<b>7</b>	3,989	0,422	0,403	0,383	0,360	0,335	0,307	0,276
<b>7</b>	-	<b>8</b>	4,567	0,419	0,394	0,374	0,352	0,327	0,300	0,270
<b>8</b>	-	<b>9</b>	5,206	0,410	0,392	0,372	0,349	0,325	0,298	0,268
<b>9</b>	-	<b>10</b>	5,906	0,407	0,389	0,369	0,347	0,323	0,296	0,266

## Lanjutan

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$									
Perubahan Tegangan			$\Delta P_8'$	$\Delta P_9'$	$\Delta P_{10}'$	$\Delta P_{11}'$	$\Delta P_{12}'$	$\Sigma \sigma'$	$\Sigma \sigma'$
			t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>
Tinggi Timbunan			2,8	3,15	3,5	3,85	4,3		
Umur Timbunan (minggu)			5	4	3	2	1		
Kedalaman/ $U(\%)$			39,83%	33,66%	26,81%	19,17%	10,58%		
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,248	1,608	1,551	1,256	0,781	7,906	0,791
<b>1</b>	-	<b>2</b>	0,250	1,832	1,747	1,401	0,863	8,624	0,862
<b>2</b>	-	<b>3</b>	0,249	1,998	1,892	1,508	0,922	9,108	0,911
<b>3</b>	-	<b>4</b>	0,247	2,118	1,995	1,584	0,964	9,438	0,944
<b>4</b>	-	<b>5</b>	0,246	2,237	2,098	1,659	1,006	9,762	0,976
<b>5</b>	-	<b>6</b>	0,244	2,356	2,201	1,734	1,048	10,083	1,008
<b>6</b>	-	<b>7</b>	0,242	2,485	2,313	1,817	1,093	10,437	1,044
<b>7</b>	-	<b>8</b>	0,237	2,604	2,413	1,889	1,132	10,712	1,071
<b>8</b>	-	<b>9</b>	0,235	2,758	2,546	1,986	1,186	11,125	1,112
<b>9</b>	-	<b>10</b>	0,233	2,930	2,695	2,096	1,247	11,598	1,160

kedalaman (m)			PI	Cu Lama	Cu baru	Cu pakai
				kg/cm2	kg/cm2	kPa
0	-	1	0	0	0,22384	0
1	-	2	0	0	0,23747	0
2	-	3	58	0,083	0,16213	16,213
3	-	4	58	0,083	0,16534	16,534
4	-	5	58	0,083	0,16849	16,849
5	-	6	58	0,083	0,17161	17,161
6	-	7	51	0,25	0,18674	25
7	-	8	51	0,25	0,18971	25
8	-	9	37	0,65	0,2191	65
9	-	10	37	0,65	0,22529	65





**- Potongan D**  
**Tahapan Penimbunan**  
**Tahap 1**

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 1													
							KN/m <sup>2</sup>	I	Ipakai	I γ H		Cc	Cs	eo	σ'o	Δσ'1	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ'c	OCR	jenis
Depth (m)	z	x	y	n=x/z	m=y/z	Δσ'				(KN/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )									
			(m)	(m)	(m)															
0	-	1	0,5	14,1	225	28,20	450	0,25	1	6,475				0,425	0,648	1,073			Si	0
1	-	2	1,5	14,1	225	9,40	150	0,25	1	6,475				1,275	0,648	1,923			Si	0
2	-	3	2,5	14,1	225	5,64	90	0,25	1	6,475	0,52	0,07	2,38	1,95	0,648	2,598	3,95	2,026	OC	0,0027
3	-	4	3,5	14,1	225	4,03	64,29	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	2,45	0,642	3,092	4,45	1,816	OC	0,0022
4	-	5	4,5	14,1	225	3,13	50	0,245	0,98	6,346	0,52	0,07	2,38	2,95	0,635	3,585	4,95	1,678	OC	0,0019
5	-	6	5,5	14,1	225	2,56	40,91	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,627	4,077	5,45	1,580	OC	0,0016
6	-	7	6,5	14,1	225	2,17	34,62	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,622	4,611	5,989	1,501	OC	0,0014
7	-	8	7,5	14,1	225	1,88	30	0,236	0,944	6,112	0,45	0,06	1,95	4,567	0,611	5,178	6,567	1,438	OC	0,0012
8	-	9	8,5	14,1	225	1,66	26,47	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,601	5,807	7,206	1,384	OC	0,0009
9	-	10	9,5	14,1	225	1,48	23,68	0,228	0,912	5,905	0,31	0,04	1,42	5,906	0,591	6,497	7,906	1,339	OC	0,0008
<b>Total Sc</b>																				0,0126

## Tahap 2

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN /m <sup>2</sup>		TAHAP 2												
							I	I γ H	Cc	Cs	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sup>2</sup>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	jenis	Sc	
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	(KN/ m <sup>2</sup> )		(t/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	0,85	14,1	225	16,59	264,71	0,25	6,475				0,425	0,648	1,72			Si	0
1	-	2	1,85	14,1	225	7,62	121,62	0,25	6,475				1,275	0,648	2,57			Si	0
2	-	3	2,85	14,1	225	4,95	78,95	0,248	6,423	0,520	0,074	2,38	1,95	0,642	3,24	3,95	2,026	OC	0,00211
3	-	4	3,85	14,1	225	3,66	58,44	0,246	6,371	0,520	0,074	2,38	2,45	0,637	3,729	4,45	1,816	OC	0,00179
4	-	5	4,85	14,1	225	2,91	46,39	0,244	6,320	0,520	0,074	2,38	2,95	0,632	4,217	4,95	1,678	OC	0,00155
5	-	6	5,85	14,1	225	2,41	38,46	0,242	6,268	0,520	0,074	2,38	3,45	0,627	4,704	5,45	1,58	OC	0,00137
6	-	7	6,85	14,1	225	2,06	32,85	0,24	6,216	0,450	0,064	1,95	3,989	0,622	5,232	5,989	1,501	OC	0,0012
7	-	8	7,85	14,1	225	1,80	28,66	0,234	6,061	0,450	0,064	1,95	4,567	0,606	5,784	6,567	1,438	OC	0,00105
8	-	9	8,85	14,1	225	1,59	25,42	0,232	6,009	0,31	0,044	1,42	5,206	0,601	6,408	7,206	1,384	OC	0,0008
9	-	10	9,85	14,1	225	1,43	22,84	0,230	5,957	0,31	0,044	1,42	5,906	0,596	7,092	7,906	1,339	OC	0,0007
<b>Total Sc</b>																			0,0105

### Tahap 3

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 3													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Δσ' <sub>3</sub> (t/m <sup>2</sup> )	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ' (t/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>c</sub> (t/m <sup>2</sup> )	OCR	Jenis	Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										m
0	-	1	1,2	14,1	225,0	11,75	187,50	0,25	1	6,475				0,425	0,65	2,37	2,425		Si	0
1	-	2	2,2	14,1	225,0	6,41	102,27	0,25	1	6,475				1,275	0,65	3,22	3,275		Si	0
2	-	3	3,2	14,1	225,0	4,41	70,31	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	3,88	3,95	2,03	OC	0,0017
3	-	4	4,2	14,1	225,0	3,36	53,57	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	4,37	4,45	1,82	OC	0,0015
4	-	5	5,2	14,1	225,0	2,71	43,27	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	4,85	4,95	1,68	OC	0,0013
5	-	6	6,2	14,1	225,0	2,27	36,29	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	5,33	5,45	1,58	OC	0,0012
6	-	7	7,2	14,1	225,0	1,96	31,25	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	5,85	5,989	1,5	OC	0,0011
7	-	8	8,2	14,1	225,0	1,72	27,44	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	6,4	6,567	1,44	OC	0,0009
8	-	9	9,2	14,1	225,0	1,53	24,46	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	7,01	7,206	1,38	OC	0,0007
9	-	10	10	14,1	225,0	1,38	22,06	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	7,69	7,906	1,34	OC	0,0006
<b>Total Sc</b>																				0,0091

## Tahap 4

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 4													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	l γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sup>4</sup>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	Jenis	Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										
0	-	1	1,6	14,1	225,0	9,10	145,16	0,25	1	6,475				0,425	0,65	3,02	2,425		Si	0
1	-	2	2,6	14,1	225,0	5,53	88,24	0,25	1	6,475				1,275	0,65	3,87	3,275		Si	0
2	-	3	3,6	14,1	225,0	3,97	63,38	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	4,52	3,95	2,03	OC p/jg	0,0092
3	-	4	4,6	14,1	225,0	3,10	49,45	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	5	4,45	1,82	OC p/jg	0,008
4	-	5	5,6	14,1	225,0	2,54	40,54	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	5,48	4,95	1,68	OC p/jg	0,007
5	-	6	6,6	14,1	225,0	2,15	34,35	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	5,96	5,45	1,58	OC p/jg	0,0062
6	-	7	7,6	14,1	225,0	1,87	29,80	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	6,48	5,989	1,5	OC p/jg	0,0054
7	-	8	8,6	14,1	225,0	1,65	26,32	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	7	6,567	1,44	OC p/jg	0,0045

8	-	9	9,6	14,1	225,0	1,48	23,56	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	7,61	7,206	1,38	OC pjg	0,0033
9	-	10	11	14,1	225,0	1,34	21,33	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	8,29	7,906	1,34	OC pjg	0,0028
<b>Total Sc</b>																				0,0464

## Tahap 5

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 5													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sup>5</sup>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	Jenis	Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	1,9	14,1	225,0	7,42	118,42	0,25	1	6,475				0,425	0,65	3,66	2,425		Si	0
1	-	2	2,9	14,1	225,0	4,86	77,59	0,25	1	6,475				1,275	0,65	4,51	3,275		Si	0
2	-	3	3,9	14,1	225,0	3,62	57,69	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	5,17	3,95	2,03	NC	0,0089
3	-	4	4,9	14,1	225,0	2,88	45,92	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	5,64	4,45	1,82	NC	0,008
4	-	5	5,9	14,1	225,0	2,39	38,14	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	6,11	4,95	1,68	NC	0,0073
5	-	6	6,9	14,1	225,0	2,04	32,61	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	6,58	5,45	1,58	NC	0,0067
6	-	7	7,9	14,1	225,0	1,78	28,48	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	7,1	5,989	1,5	NC	0,0061

7	-	8	8,9	14,1	225,0	1,58	25,28	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	7,61	6,567	1,44	NC	0,0055
8	-	9	9,9	14,1	225,0	1,42	22,73	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	8,21	7,206	1,38	NC	0,0042
9	-	10	11	14,1	225,0	1,29	20,64	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	8,88	7,906	1,34	NC	0,0039
<b>Total Sc</b>																				0,0505

### Tahap 6

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 6													
							I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ'o	Δσ'6	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ	σ'c	OCR	Jenis	Sc	
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	(KN/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )											(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	2,3	14,1	225,0	6,27	100,00	0,25	1	6,475				0,425	0,65	4,31	2,425		Si	0
1	-	2	3,3	14,1	225,0	4,34	69,23	0,25	1	6,475				1,275	0,65	5,16	3,275		Si	0
2	-	3	4,3	14,1	225,0	3,32	52,94	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	5,81	3,95	2,03	NC	0,0078
3	-	4	5,3	14,1	225,0	2,69	42,86	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	6,28	4,45	1,82	NC	0,0072
4	-	5	6,3	14,1	225,0	2,26	36,00	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	6,74	4,95	1,68	NC	0,0066
5	-	6	7,3	14,1	225,0	1,94	31,03	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	7,21	5,45	1,58	NC	0,0061
6	-	7	8,3	14,1	225,0	1,71	27,27	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	7,72	5,989	1,5	NC	0,0056

7	-	8	9,3	14,1	225,0	1,52	24,32	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	8,21	6,567	1,44	NC	0,0051
8	-	9	10	14,1	225,0	1,38	21,95	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	8,81	7,206	1,38	NC	0,0039
9	-	10	11	14,1	225,0	1,25	20,00	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	9,48	7,906	1,34	NC	0,0036
<b>Total Sc</b>																				0,0458

## Tahap 7

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 7													
							I	Ipakai	I γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>7</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	Jenis	Sc	
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	(KN/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )											(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	2,6	14,1	225,0	5,42	86,54	0,25	1	6,475				0,425	0,65	4,96	2,425		Si	0
1	-	2	3,6	14,1	225,0	3,92	62,50	0,25	1	6,475				1,275	0,65	5,81	3,275		Si	0
2	-	3	4,6	14,1	225,0	3,07	48,91	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	6,45	3,95	2,03	NC	0,007
3	-	4	5,6	14,1	225,0	2,52	40,18	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	6,92	4,45	1,82	NC	0,0065
4	-	5	6,6	14,1	225,0	2,14	34,09	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	7,38	4,95	1,68	NC	0,006
5	-	6	7,6	14,1	225,0	1,86	29,61	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	7,84	5,45	1,58	NC	0,0056
6	-	7	8,6	14,1	225,0	1,64	26,16	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	8,34	5,989	1,5	NC	0,0051

7	-	8	9,6	14,1	225,0	1,47	23,44	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	8,82	6,567	1,44	NC	0,0047
8	-	9	11	14,1	225,0	1,33	21,23	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	9,41	7,206	1,38	NC	0,0037
9	-	10	12	14,1	225,0	1,22	19,40	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	10,1	7,906	1,34	NC	0,0034
<b>Total Sc</b>																				0,0419

## Tahap 8

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 8													
Depth (m)		z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	I <sub>pakai</sub>	I <sub>γ</sub> H	Cc	Cs	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>8</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR	Jenis	Sc	
		(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	3	14,1	225,0	4,78	76,27	0,25	1	6,475				0,425	0,65	5,61	2,425		Si	0
1	-	2	4	14,1	225,0	3,57	56,96	0,25	1	6,475				1,275	0,65	6,46	3,275		Si	0
2	-	3	5	14,1	225,0	2,85	45,45	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64	7,09	3,95	2,03	NC	0,0063
3	-	4	6	14,1	225,0	2,37	37,82	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,64	7,55	4,45	1,82	NC	0,0059
4	-	5	7	14,1	225,0	2,03	32,37	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63	8,01	4,95	1,68	NC	0,0055
5	-	6	8	14,1	225,0	1,77	28,30	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,63	8,46	5,45	1,58	NC	0,0051
6	-	7	9	14,1	225,0	1,58	25,14	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,62	8,96	5,989	1,5	NC	0,0048



7	-	8	10	14,1	225,0	1,42	22,61	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,61	9,43	6,567	1,44	NC	0,0044
8	-	9	11	14,1	225,0	1,29	20,55	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,6	10	7,206	1,38	NC	0,0034
9	-	10	12	14,1	225,0	1,18	18,83	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,6	10,7	7,906	1,34	NC	0,0032
<b>Total Sc</b>																				0,0387

### Tahap 9

H timbunan =				0,35	m	$\gamma_{tim} = 18,5$ KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 9												
Depth (m)		z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I y H	Cc	Cs	eo	$\sigma'_o$	$\Delta\sigma^9$	$\sum \Delta\sigma'$	$\sigma'_c$	OCR		Sc	
		(m)	(m)	(m)					$\Delta\sigma'$											(KN/m <sup>2</sup> )
0	-	1	3,3	14,1	225,0	4,27	68,18	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	6,25	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	4,3	14,1	225,0	3,28	52,33	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	7,10	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	5,3	14,1	225,0	2,66	42,45	0,248	0,992	6,423	0,520	0,074	2,38	1,95	0,64232	7,74	3,95	2,03	NC	0,0058
3	-	4	6,3	14,1	225,0	2,24	35,71	0,246	0,984	6,371	0,520	0,074	2,38	2,45	0,63714	8,19	4,45	1,82	NC	0,0054
4	-	5	7,3	14,1	225,0	1,93	30,82	0,244	0,976	6,320	0,520	0,074	2,38	2,95	0,63196	8,64	4,95	1,68	NC	0,0051
5	-	6	8,3	14,1	225,0	1,70	27,11	0,242	0,968	6,268	0,520	0,074	2,38	3,45	0,62678	9,09	5,45	1,58	NC	0,0048
6	-	7	9,3	14,1	225,0	1,52	24,19	0,24	0,96	6,216	0,450	0,064	1,95	3,989	0,6216	9,58	5,989	1,50	NC	0,0044
7	-	8	10,3	14,1	225,0	1,37	21,84	0,234	0,936	6,061	0,450	0,064	1,95	4,567	0,60606	10,03	6,567	1,44	NC	0,0041
8	-	9	11,3	14,1	225,0	1,25	19,91	0,232	0,928	6,009	0,310	0,044	1,42	5,206	0,60088	10,61	7,206	1,38	NC	0,0032
9	-	10	12,3	14,1	225,0	1,15	18,29	0,230	0,92	5,957	0,310	0,044	1,42	5,906	0,5957	11,27	7,906	1,34	NC	0,0030
<b>Total Sc</b>																				0,0359

## Tahap 10

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 10													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	I <sub>pakai</sub>	I γ H	Cc	Cs	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>10</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	3,65	14,1	225,0	3,86	61,64	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	6,9	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	4,65	14,1	225,0	3,03	48,39	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	7,75	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	5,65	14,1	225,0	2,50	39,82	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	8,378	3,95	2,03	NC	0,0053
3	-	4	6,65	14,1	225,0	2,12	33,83	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	8,827	4,45	1,82	NC	0,005
4	-	5	7,65	14,1	225,0	1,84	29,41	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	9,272	4,95	1,68	NC	0,0047
5	-	6	8,65	14,1	225,0	1,63	26,01	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	9,718	5,45	1,58	NC	0,0045
6	-	7	9,65	14,1	225,0	1,46	23,32	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	10,21	5,989	1,5	NC	0,0042
7	-	8	10,7	14,1	225,0	1,32	21,13	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	10,64	6,567	1,44	NC	0,0039
8	-	9	11,7	14,1	225,0	1,21	19,31	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	11,21	7,206	1,38	NC	0,0031
9	-	10	12,7	14,1	225,0	1,11	17,79	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	11,86	7,906	1,34	NC	0,0029
<b>Total Sc</b>																				0,0335

## Tahap 11

H timbunan =			0,35	m	y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 11													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	1 γ H	Cc	Cs	eo	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>11</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	4	14,1	225,0	3,53	56,25	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	7,5475	2,425	5,7059	NC	0
1	-	2	5	14,1	225,0	2,82	45,00	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	8,3975	3,275	2,5686	NC	0
2	-	3	6	14,1	225,0	2,35	37,50	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	9,0207	3,95	2,0256	NC	0,00493
3	-	4	7	14,1	225,0	2,01	32,14	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	9,4637	4,45	1,8163	NC	0,00465
4	-	5	8	14,1	225,0	1,76	28,13	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	9,9041	4,95	1,6779	NC	0,00440
5	-	6	9	14,1	225,0	1,57	25,00	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	10,3445	5,45	1,5797	NC	0,00417
6	-	7	10	14,1	225,0	1,41	22,50	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	10,826	5,989	1,5013	NC	0,00391
7	-	8	11	14,1	225,0	1,28	20,45	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	11,244	6,567	1,4379	NC	0,00367
8	-	9	12	14,1	225,0	1,18	18,75	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	11,815	7,206	1,3841	NC	0,00290
9	-	10	13	14,1	225,0	1,08	17,31	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	12,458	7,906	1,3386	NC	0,00272
Total Sc																				0,03135

## Tahap 12

H timbunan =			0,35	m		y <sub>tim</sub> = 18,5 KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 12												
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	I <sub>pakai</sub>	I <sub>γ</sub> H	C <sub>c</sub>	C <sub>s</sub>	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub>	Δσ' <sub>12</sub>	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ'	σ' <sub>c</sub>	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	4,35	14,1	225,0	3,24	51,72	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	8,195	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	5,35	14,1	225,0	2,64	42,06	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	9,045	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	6,35	14,1	225,0	2,22	35,43	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	9,663	3,95	2,03	NC	0,0046
3	-	4	7,35	14,1	225,0	1,92	30,61	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	10,1	4,45	1,82	NC	0,0044
4	-	5	8,35	14,1	225,0	1,69	26,95	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	10,54	4,95	1,68	NC	0,0041
5	-	6	9,35	14,1	225,0	1,51	24,06	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	10,97	5,45	1,58	NC	0,0039
6	-	7	10,4	14,1	225,0	1,36	21,74	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	11,45	5,989	1,5	NC	0,0037
7	-	8	11,4	14,1	225,0	1,24	19,82	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	11,85	6,567	1,44	NC	0,0035
8	-	9	12,4	14,1	225,0	1,14	18,22	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	12,42	7,206	1,38	NC	0,0028
9	-	10	13,4	14,1	225,0	1,06	16,85	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	13,05	7,906	1,34	NC	0,0026
<b>Total Sc</b>																				0,0296

## Tahap 13

H timbunan =			0,35	m	$\gamma_{tim} = 18,5$ KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 13													
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I $\gamma$ H	Cc	Cs	eo	$\sigma'_o$	$\Delta\sigma'_{13}$	$\sum_n^i \Delta\sigma'$	$\sigma'_c$	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	4,7	14,1	225,0	3,00	47,87	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	8,843	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	5,7	14,1	225,0	2,47	39,47	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	9,693	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	6,7	14,1	225,0	2,10	33,58	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	10,31	3,95	2,03	NC	0,0043
3	-	4	7,7	14,1	225,0	1,83	29,22	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	10,74	4,45	1,82	NC	0,0041
4	-	5	8,7	14,1	225,0	1,62	25,86	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	11,17	4,95	1,68	NC	0,0039
5	-	6	9,7	14,1	225,0	1,45	23,20	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	11,6	5,45	1,58	NC	0,0037
6	-	7	10,7	14,1	225,0	1,32	21,03	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	12,07	5,989	1,5	NC	0,0035
7	-	8	11,7	14,1	225,0	1,21	19,23	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	12,46	6,567	1,44	NC	0,0033
8	-	9	12,7	14,1	225,0	1,11	17,72	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	13,02	7,206	1,38	NC	0,0026
9	-	10	13,7	14,1	225,0	1,03	16,42	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	13,65	7,906	1,34	NC	0,0025
<b>Total Sc</b>																				0,0279

## Tahap 14

H timbunan =				0,35	m	$\gamma_{tim} = 18,5$ KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 14												
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I $\gamma$ H	Cc	Cs	eo	$\sigma'_o$	$\Delta\sigma'_{14}$	$\sum_0^i \Delta\sigma'$	$\sigma'_c$	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	5,05	14,1	225,0	2,79	44,55	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	9,49	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	6,05	14,1	225,0	2,33	37,19	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	10,34	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	7,05	14,1	225,0	2,00	31,91	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	10,95	3,95	2,03	NC	0,004
3	-	4	8,05	14,1	225,0	1,75	27,95	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	11,38	4,45	1,82	NC	0,0039
4	-	5	9,05	14,1	225,0	1,56	24,86	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	11,8	4,95	1,68	NC	0,0037
5	-	6	10,1	14,1	225,0	1,40	22,39	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	12,22	5,45	1,58	NC	0,0035
6	-	7	11,1	14,1	225,0	1,28	20,36	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	12,69	5,989	1,5	NC	0,0033
7	-	8	12,1	14,1	225,0	1,17	18,67	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	13,06	6,567	1,44	NC	0,0031
8	-	9	13,1	14,1	225,0	1,08	17,24	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	13,62	7,206	1,38	NC	0,0025
9	-	10	14,1	14,1	225,0	1,00	16,01	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	14,25	7,906	1,34	NC	0,0024
<b>Total Sc</b>																				0,0264

## Tahap 15

H timbunan =			0,35	m		$\gamma_{tim} = 18,5$ KN/m <sup>2</sup>		TAHAP 15												
Depth (m)			z	X	Y	n=x/z	m=y/z	I	Ipakai	I $\gamma$ H	Cc	Cs	eo	$\sigma'_o$	$\Delta\sigma'_{15}$	$\sum_0^i \Delta\sigma'$	$\sigma'_c$	OCR		Sc
			(m)	(m)	(m)					(KN/m <sup>2</sup> )										(t/m <sup>2</sup> )
0	-	1	5,4	14,1	225,0	2,61	41,67	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	10,14	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	6,4	14,1	225,0	2,20	35,16	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	10,99	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	7,4	14,1	225,0	1,91	30,41	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	11,59	3,95	2,03	NC	0,0038
3	-	4	8,4	14,1	225,0	1,68	26,79	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	12,01	4,45	1,82	NC	0,0036
4	-	5	9,4	14,1	225,0	1,50	23,94	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	12,43	4,95	1,68	NC	0,0035
5	-	6	10,4	14,1	225,0	1,36	21,63	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	12,85	5,45	1,58	NC	0,0033
6	-	7	11,4	14,1	225,0	1,24	19,74	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	13,31	5,989	1,5	NC	0,0032
7	-	8	12,4	14,1	225,0	1,14	18,15	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	13,67	6,567	1,44	NC	0,003
8	-	9	13,4	14,1	225,0	1,05	16,79	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	14,22	7,206	1,38	NC	0,0024
9	-	10	14,4	14,1	225,0	0,98	15,63	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	14,84	7,906	1,34	NC	0,0023
<b>Total Sc</b>																				0,0251

## Tahap 16

H timbunan =				0,35	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 16													
								KN/m <sup>2</sup>		I	I <sub>pakai</sub>	I <sub>γ</sub> H Δσ'	Cc	Cs	e <sub>o</sub>	σ' <sub>o</sub> (t/m <sup>2</sup> )	Δσ' <sub>16</sub> (t/m <sup>2</sup> )	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ' (t/m <sup>2</sup> )	σ' <sub>c</sub> (t/m <sup>2</sup> )	OCR	Sc m
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	m															
			(m)	(m)	(m)																
0	-	1	5,75	14,1	225,0	2,45	39,13	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	10,79	2,425	5,71	NC	0	
1	-	2	6,75	14,1	225,0	2,09	33,33	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	11,64	3,275	2,57	NC	0	
2	-	3	7,75	14,1	225,0	1,82	29,03	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	12,23	3,95	2,03	NC	0,0036	
3	-	4	8,75	14,1	225,0	1,61	25,71	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	12,65	4,45	1,82	NC	0,0035	
4	-	5	9,75	14,1	225,0	1,45	23,08	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	13,06	4,95	1,68	NC	0,0033	
5	-	6	10,8	14,1	225,0	1,31	20,93	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	13,48	5,45	1,58	NC	0,0032	
6	-	7	11,8	14,1	225,0	1,20	19,15	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	13,93	5,989	1,5	NC	0,003	
7	-	8	12,8	14,1	225,0	1,11	17,65	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	14,27	6,567	1,44	NC	0,0029	
8	-	9	13,8	14,1	225,0	1,03	16,36	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	14,82	7,206	1,38	NC	0,0023	
9	-	10	14,8	14,1	225,0	0,96	15,25	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	15,44	7,906	1,34	NC	0,0022	
<b>Total Sc</b>																			0,0239		



## Tahap 17

H timbunan =			0,5	m	y <sub>tim</sub> =	18,5	TAHAP 17													
							KN/m <sup>2</sup>		I	Ipakai	I γ H Δσ'	Cc	Cs	eo	σ'o (t/m2)	Δσ'17 (t/m2)	∑ <sub>0</sub> <sup>i</sup> Δσ' (t/m2)	σ'c (t/m2)	OCR	Sc m
Depth (m)	z	X	Y	n=x/z	m=y/z	(m)	(m)	(m)												
0	-	1	6,1	14,1	225,0	2,31	36,89	0,25	1	6,475	0	0	0	0,425	0,6475	11,43	2,425	5,71	NC	0
1	-	2	7,1	14,1	225,0	1,99	31,69	0,25	1	6,475	0	0	0	1,275	0,6475	12,28	3,275	2,57	NC	0
2	-	3	8,1	14,1	225,0	1,74	27,78	0,248	0,992	6,423	0,52	0,07	2,38	1,95	0,64232	12,87	3,95	2,03	NC	0,0034
3	-	4	9,1	14,1	225,0	1,55	24,73	0,246	0,984	6,371	0,52	0,07	2,38	2,45	0,63714	13,29	4,45	1,82	NC	0,0033
4	-	5	10,1	14,1	225,0	1,40	22,28	0,244	0,976	6,320	0,52	0,07	2,38	2,95	0,63196	13,7	4,95	1,68	NC	0,0032
5	-	6	11,1	14,1	225,0	1,27	20,27	0,242	0,968	6,268	0,52	0,07	2,38	3,45	0,62678	14,11	5,45	1,58	NC	0,003
6	-	7	12,1	14,1	225,0	1,17	18,60	0,24	0,96	6,216	0,45	0,06	1,95	3,989	0,6216	14,56	5,989	1,5	NC	0,0029
7	-	8	13,1	14,1	225,0	1,08	17,18	0,234	0,936	6,061	0,45	0,06	1,95	4,567	0,60606	14,88	6,567	1,44	NC	0,0028
8	-	9	14,1	14,1	225,0	1,00	15,96	0,232	0,928	6,009	0,31	0,04	1,42	5,206	0,60088	15,42	7,206	1,38	NC	0,0022
9	-	10	15,1	14,1	225,0	0,93	14,90	0,230	0,92	5,957	0,31	0,04	1,42	5,906	0,5957	16,03	7,906	1,34	NC	0,0021
<b>Total Sc</b>																			0,0229	

### Peningkatan daya dukung Potongan C-C

Tegangan efektif												
Depth			z	Po'	$\sigma_1'$	$\sigma_2'$	$\sigma_3'$	$\sigma_4'$	$\sigma_5'$	$\sigma_6'$	$\sigma_7'$	$\sigma_8'$
				t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
(m)			(m)	0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,5	0,425	1,073	1,720	2,368	3,015	3,663	4,310	4,958	5,605
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,5	1,275	1,923	2,570	3,218	3,865	4,513	5,160	5,808	6,455
<b>2</b>	-	<b>3</b>	2,5	1,95	2,598	3,240	3,882	4,524	5,167	5,809	6,451	7,094
<b>3</b>	-	<b>4</b>	3,5	2,45	3,092	3,729	4,367	5,004	5,641	6,278	6,915	7,552
<b>4</b>	-	<b>5</b>	4,5	2,95	3,585	4,217	4,848	5,480	6,112	6,744	7,376	8,008
<b>5</b>	-	<b>6</b>	5,5	3,45	4,077	4,704	5,330	5,957	6,584	7,211	7,837	8,464
<b>6</b>	-	<b>7</b>	6,5	3,989	4,611	5,232	5,854	6,475	7,097	7,719	8,340	8,962
<b>7</b>	-	<b>8</b>	7,5	4,567	5,183	5,789	6,396	7,002	7,608	8,214	8,820	9,426
<b>8</b>	-	<b>9</b>	8,5	5,206	5,807	6,408	7,009	7,610	8,210	8,811	9,412	10,013
<b>9</b>	-	<b>10</b>	9,5	5,906	6,502	7,097	7,693	8,289	8,885	9,480	10,076	10,672

## Lanjutan

Tegangan efektif												
Depth			z	$\sigma_9'$	$\sigma_{10}'$	$\sigma_{11}'$	$\sigma_{12}'$	$\sigma_{13}'$	$\sigma_{14}'$	$\sigma_{15}'$	$\sigma_{16}'$	$\sigma_{17}'$
				t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>
(m)			(m)	3,15	3,5	3,85	4,2	4,55	4,9	5,25	5,6	6,1
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,5	6,253	6,900	7,548	8,195	8,843	9,49	10,14	10,79	11,43
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,5	7,103	7,750	8,398	9,045	9,693	10,34	10,99	11,64	12,28
<b>2</b>	-	<b>3</b>	2,5	7,736	8,378	9,021	9,663	10,305	10,95	11,59	12,23	12,87
<b>3</b>	-	<b>4</b>	3,5	8,189	8,827	9,464	10,101	10,738	11,38	12,01	12,65	13,29
<b>4</b>	-	<b>5</b>	4,5	8,640	9,272	9,904	10,536	11,168	11,80	12,43	13,06	13,70
<b>5</b>	-	<b>6</b>	5,5	9,091	9,718	10,345	10,971	11,598	12,22	12,85	13,48	14,11
<b>6</b>	-	<b>7</b>	6,5	9,583	10,205	10,827	11,448	12,070	12,69	13,31	13,93	14,56
<b>7</b>	-	<b>8</b>	7,5	10,032	10,638	11,244	11,850	12,456	13,06	13,67	14,27	14,88
<b>8</b>	-	<b>9</b>	8,5	10,614	11,215	11,816	12,417	13,017	13,62	14,22	14,82	15,42
<b>9</b>	-	<b>10</b>	9,5	11,267	11,863	12,459	13,054	13,650	14,25	14,84	15,44	16,03

**Derajat Konsolidasi  $U < 100\%$** 

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$												
Perubahan Tegangan			Po'	$\Delta P1'$	$\Delta P2'$	$\Delta P3'$	$\Delta P4'$	$\Delta P5'$	$\Delta P6'$	$\Delta P7'$	$\Delta P8'$	$\Delta P9'$
			t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan			0	0,35	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15
Umur Timbunan (minggu)			-	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Kedalaman/ U(%)			100%	81,04%	79,14%	77,05%	74,74%	72,20%	69,40%	66,31%	62,91%	59,16%
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,425	0,475	0,486	0,480	0,469	0,455	0,438	0,419	0,398	0,374
<b>1</b>	-	<b>2</b>	1,275	0,504	0,497	0,486	0,473	0,457	0,440	0,421	0,399	0,376
<b>2</b>	-	<b>3</b>	1,95	0,510	0,496	0,484	0,471	0,455	0,438	0,418	0,397	0,373
<b>3</b>	-	<b>4</b>	2,45	0,509	0,494	0,482	0,468	0,452	0,435	0,416	0,394	0,371
<b>4</b>	-	<b>5</b>	2,95	0,505	0,492	0,479	0,465	0,449	0,432	0,413	0,391	0,368
<b>5</b>	-	<b>6</b>	3,45	0,500	0,489	0,476	0,462	0,446	0,429	0,410	0,389	0,365
<b>6</b>	-	<b>7</b>	3,989	0,497	0,485	0,473	0,459	0,443	0,426	0,407	0,386	0,363
<b>7</b>	-	<b>8</b>	4,567	0,493	0,474	0,462	0,448	0,432	0,416	0,397	0,377	0,354
<b>8</b>	-	<b>9</b>	5,206	0,482	0,471	0,458	0,444	0,429	0,412	0,394	0,374	0,351
<b>9</b>	-	<b>10</b>	5,906	0,478	0,467	0,455	0,441	0,426	0,409	0,391	0,371	0,349

### Derajat Konsolidasi $U < 100\%$ (Lanjutan)

Derajat Konsolidasi $U < 100\%$												
Perubahan Tegangan			$\Delta P10'$	$\Delta P11'$	$\Delta P12'$	$\Delta P13'$	$\Delta P14'$	$\Delta P15'$	$\Delta P16'$	$\Delta P17'$	$\Sigma \sigma'$	$\Sigma \sigma'$
			t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2	t/m2
Tinggi Timbunan			3,5	3,85	4,2	4,55	4,9	5,25	5,6	6,1		
Umur Timbunan (minggu)			8	7	6	5	4	3	2	1		
Kedalaman/ $U(\%)$			55,02%	50,46%	45,41%	39,83%	33,66%	26,81%	19,17%	10,58%		
<b>0</b>	-	<b>1</b>	0,348	0,319	0,287	0,252	0,213	0,169	0,121	0,067	6,197	0,620
<b>1</b>	-	<b>2</b>	0,349	0,320	0,288	0,253	0,213	0,170	0,121	0,067	7,108	0,711
<b>2</b>	-	<b>3</b>	0,347	0,318	0,286	0,251	0,212	0,169	0,120	0,066	7,763	0,776
<b>3</b>	-	<b>4</b>	0,345	0,316	0,284	0,249	0,210	0,167	0,120	0,066	8,228	0,823
<b>4</b>	-	<b>5</b>	0,342	0,314	0,282	0,247	0,209	0,166	0,119	0,065	8,688	0,869
<b>5</b>	-	<b>6</b>	0,340	0,311	0,280	0,246	0,207	0,165	0,118	0,065	9,147	0,915
<b>6</b>	-	<b>7</b>	0,337	0,309	0,278	0,244	0,206	0,164	0,117	0,065	9,645	0,965
<b>7</b>	-	<b>8</b>	0,329	0,302	0,271	0,238	0,201	0,160	0,114	0,063	10,097	1,010
<b>8</b>	-	<b>9</b>	0,327	0,299	0,269	0,236	0,199	0,159	0,113	0,062	10,686	1,069
<b>9</b>	-	<b>10</b>	0,324	0,297	0,267	0,234	0,198	0,157	0,112	0,062	11,344	1,134

kedalaman			PI	Cu Lama	Cu baru	Cu Pakai	Cu Pakai
				kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kPa
0	-	1	0	0		0	0
1	-	2	0	0		0	0
2	-	3	58	0,0833	0,1490761	0,14907606	14,9
3	-	4	58	0,0833	0,1535913	0,15359132	15,4
4	-	5	58	0,0833	0,1580614	0,15806142	15,8
5	-	6	58	0,0833	0,1625141	0,16251408	16,25
6	-	7	48	0,25	0,1827896	0,25	25
7	-	8	48	0,25	0,187897	0,25	25
8	-	9	36	0,65	0,2150769	0,65	65
9	-	10	36	0,65	0,2237804	0,65	65

## Lampiran 7: Perencanaan Parameter Baru

- Potongan B

Tanah	kedalaman			H (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Sc (m)	Wc	Gs	$\Delta H/H$	e	$\Delta e$	ebaru	Wcbaru	$\gamma$ baru
	(m)								(m)					(t/m <sup>3</sup> )
tanah pasir	0	-	2	2	1,85									1,85
tanah 1	2	-	6	4	1,50	0,124	88,00%	2,697	0,031	2,38	0,105	2,275	84,37%	1,52
tanah 2	6	-	8	2	1,58	0,044	72,25%	2,703	0,022	1,95	0,065	1,885	69,76%	1,59
tanah 3	8	-	10	2	1,70	0,029	52,81%	2,692	0,015	1,42	0,036	1,384	51,42%	1,71

- Potongan C

Tanah	kedalaman			H (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Sc	Wc	Gs	$\Delta H/H$	e	$\Delta e$	ebaru	Wcbaru	$\gamma$ baru
	(m)								(m)					(t/m <sup>3</sup> )
tanah pasir	0	-	2	2	1,85									1,85
tanah 1	2	-	6	4	1,50	0,238	88,00%	2,697	0,059	2,38	0,201	2,179	80,79%	1,53
tanah 2	6	-	8	2	1,58	0,091	72,25%	2,703	0,045	1,95	0,135	1,815	67,17%	1,60
tanah 3	8	-	10	2	1,70	0,064	52,81%	2,692	0,032	1,42	0,078	1,342	49,84%	1,72

## - Potongan D

Tanah	kedalaman			H	$\gamma$	Sc	Wc	Gs	$\Delta H/H$	e	$\Delta e$	ebaru	Wcbaru	$\gamma$ baru
	(m)	(m)	(m)	(t/m <sup>3</sup> )	(t/m <sup>3</sup> )									
tanah pasir	0	-	2	2	1,85									1,85
tanah 1	2	-	6	4	1,50	0,305	88,00%	2,697	0,076	2,38	0,258	2,122	78,68%	1,54
tanah 2	6	-	8	2	1,58	0,12	72,25%	2,703	0,06	1,95	0,177	1,773	65,59%	1,61
tanah 3	8	-	10	2	1,70	0,087	52,81%	2,692	0,043	1,42	0,105	1,315	48,85%	1,73



### Lampiran 8: Pemampatan dengan Parameter Tanah Baru

- Potongan B
  - Pemampatan akibat *Pavement*

H <sub>final</sub>	=	2,13	m
q Pavement	=	0,85	t/m <sup>2</sup>
x	=	5,25	
y	=	∞	

Depth	γ <sub>baru</sub>	e <sub>baru</sub>	cc	cs	Z	σ' <sub>0</sub>	σ' <sub>c</sub>	n=x/z	m=y/z	I	Δσ	OCR	JENIS	Δσ+σ' <sub>0</sub>	Sc
(m)	(t/m <sup>3</sup> )				(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )	(m)
0,5	1,85				2,63	0,93	2,93								0,93
1,5	1,85				3,63	2,78	4,78								2,78
2,5	1,51	2,28	0,52	0,07	4,63	4,46	6,46	1,13	∞	0,25	0,98	0,83	1,45	OC1	5,29
3,5	1,51	2,28	0,52	0,07	5,63	5,98	7,98	0,93	∞	0,24	0,97	0,82	1,33	OC1	6,80
4,5	1,51	2,28	0,52	0,07	6,63	7,50	9,50	0,79	∞	0,24	0,95	0,80	1,27	OC1	8,30
5,5	1,51	2,28	0,52	0,07	7,63	9,01	11,01	0,69	∞	0,23	0,94	0,79	1,22	OC1	9,80
6,5	1,58	1,89	0,45	0,06	8,63	10,57	12,57	0,61	∞	0,22	0,90	0,76	1,19	OC1	11,32

7,5	1,58	1,89	0,45	0,06	9,63	12,16	14,16	0,55	$\infty$	0,22	0,88	0,74	1,16	OC1	12,90
8,5	1,70	1,38	0,31	0,04	10,63	13,81	15,81	0,49	$\infty$	0,21	0,86	0,72	1,14	OC1	14,53
9,5	1,70	1,38	0,31	0,04	11,63	15,52	17,52	0,45	$\infty$	0,21	0,82	0,69	1,13	OC1	16,21
														Total Sc	0,00679

- Pemampatan akibat *Traffic*

H <sub>pavement</sub>	=	0,35	
H <sub>final</sub>	=	2,13	m
q traffic	=	1	t/m <sup>2</sup>
x	=	5,25	
y	=	$\infty$	

Depth	$\gamma$ baru	ebaru	cc	cs	Z	$\sigma'_0$	$\sigma'_c$	n=x/z	m=y/z	I	$\Delta\sigma$	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'_0$	Sc
(m)	(t/m <sup>3</sup> )				(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )	(m)
0,5	1,85				2,98	0,93	2,93								0,93
1,5	1,85				3,98	2,78	4,78								2,78
2,5	1,51	2,28	0,52	0,07	4,98	4,46	6,46	1,05	$\infty$	0,24	0,97	0,97	1,45	OC1	5,43

3,5	1,51	2,28	0,52	0,07	5,98	5,98	7,98	0,88	$\infty$	0,24	0,96	0,96	1,33	OC1	6,94
4,5	1,51	2,28	0,52	0,07	6,98	7,50	9,50	0,75	$\infty$	0,23	0,94	0,94	1,27	OC1	8,43
5,5	1,51	2,28	0,52	0,07	7,98	9,01	11,01	0,66	$\infty$	0,23	0,93	0,93	1,22	OC1	9,94
6,5	1,58	1,89	0,45	0,06	8,98	10,57	12,57	0,58	$\infty$	0,23	0,90	0,90	1,19	OC1	11,47
7,5	1,58	1,89	0,45	0,06	9,98	12,16	14,16	0,53	$\infty$	0,22	0,88	0,88	1,16	OC1	13,04
8,5	1,70	1,38	0,31	0,04	10,98	13,81	15,81	0,48	$\infty$	0,21	0,86	0,86	1,14	OC1	14,66
9,5	1,70	1,38	0,31	0,04	11,98	15,52	17,52	0,44	$\infty$	0,18	0,74	0,74	1,13	OC1	16,25
														Total Sc	0,00786

- **Potongan C**
  - **Pemampatan akibat *Pavement***

Hfinal	=	3,9	m
q Pavement	=	0,845	t/m <sup>2</sup>
x	=	5,25	
y	=	$\infty$	

<i>Depth</i>	$\gamma_{baru}$	ebaru	cc	cs	Z	$\sigma'_0$	$\sigma'_c$	n=x/z	m=y/z	I	$\Delta\sigma$	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'_0$	Sc
(m)	(t/m <sup>3</sup> )				(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )
0,5	1,85				4,40	0,93	2,93								0,93
1,5	1,85				5,40	2,78	4,78								2,78
2,5	1,53	2,18	0,52	0,07	6,40	4,47	6,47	0,82	$\infty$	0,25	0,98	0,83	1,45	OC1	5,30
3,5	1,53	2,18	0,52	0,07	7,40	6,00	8,00	0,71	$\infty$	0,24	0,97	0,82	1,33	OC1	6,82
4,5	1,53	2,18	0,52	0,07	8,40	7,53	9,53	0,63	$\infty$	0,24	0,95	0,80	1,27	OC1	8,34
5,5	1,53	2,18	0,52	0,07	9,40	9,07	11,07	0,56	$\infty$	0,23	0,94	0,79	1,22	OC1	9,86
6,5	1,60	1,82	0,45	0,06	10,40	10,64	12,64	0,50	$\infty$	0,22	0,90	0,76	1,19	OC1	11,39
7,5	1,60	1,82	0,45	0,06	11,40	12,24	14,24	0,46	$\infty$	0,22	0,88	0,74	1,16	OC1	12,99
8,5	1,72	1,34	0,31	0,04	12,40	13,91	15,91	0,42	$\infty$	0,21	0,86	0,72	1,14	OC1	14,63
9,5	1,72	1,34	0,31	0,04	13,40	15,63	17,63	0,39	$\infty$	0,21	0,82	0,69	1,13	OC1	16,32
														Total Sc	0,0069

- Pemampatan akibat *Traffic*

H <sub>pavement</sub>	=	0,35	
H <sub>final</sub>	=	3,9	m

q traffic	=	0,6	t/m2
x	=	5,25	
y	=	$\infty$	

<i>Depth</i>	$\gamma_{\text{baru}}$	ebaru	cc	cs	Z	$\sigma'_0$	$\sigma'_c$	n=x/z	m=y/z	I	$\Delta\sigma$	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'_0$	Sc
(m)	(t/m3)				(m)	(t/m2)	(t/m2)				(t/m2)			(t/m2)	
0,5	1,85				4,75	0,93	2,93								0,93
1,5	1,85				5,75	2,78	4,78								2,78
2,5	1,53	2,18	0,52	0,07	6,75	4,47	6,47	0,78	$\infty$	0,24	0,97	0,58	1,45	OC1	5,05
3,5	1,53	2,18	0,52	0,07	7,75	6,00	8,00	0,68	$\infty$	0,24	0,96	0,58	1,33	OC1	6,58
4,5	1,53	2,18	0,52	0,07	8,75	7,53	9,53	0,60	$\infty$	0,23	0,94	0,56	1,27	OC1	8,10
5,5	1,53	2,18	0,52	0,07	9,75	9,07	11,07	0,54	$\infty$	0,23	0,93	0,56	1,22	OC1	9,63
6,5	1,60	1,82	0,45	0,06	10,75	10,64	12,64	0,49	$\infty$	0,23	0,90	0,54	1,19	OC1	11,18
7,5	1,60	1,82	0,45	0,06	11,75	12,24	14,24	0,45	$\infty$	0,22	0,88	0,53	1,16	OC1	12,77
8,5	1,72	1,34	0,31	0,04	12,75	13,91	15,91	0,41	$\infty$	0,21	0,86	0,51	1,14	OC1	14,42
9,5	1,72	1,34	0,31	0,04	13,75	15,63	17,63	0,38	$\infty$	0,21	0,84	0,50	1,13	OC1	16,13
														Total Sc	0,005

- **Potongan D**
  - **Pemampatan akibat *Pavement***

H <sub>final</sub>	=	5,55	m
q Pavement	=	0,85	t/m <sup>2</sup>
x	=	5,25	
y	=	∞	

<i>Depth</i>	$\gamma_{baru}$	ebaru	cc	cs	Z	$\sigma'_0$	$\sigma'_c$	n=x/z	m=y/z	I	$\Delta\sigma$	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'_0$	Sc
(m)	(t/m <sup>3</sup> )				(m)	(t/m <sup>2</sup> )	(t/m <sup>2</sup> )				(t/m <sup>2</sup> )			(t/m <sup>2</sup> )	(m)
0,5	1,85				6,05	0,43	2,425							0,425	0
1,5	1,85				7,05	1,28	3,275							1,275	0
2,5	1,54	2,12	0,52	0,07	8,05	1,97	3,972	0,652	∞	0,246	0,831	2,014	OC1	2,803	0,0036
3,5	1,54	2,12	0,52	0,07	9,05	2,52	4,515	0,58	∞	0,242	0,818	1,795	OC1	3,333	0,0029
4,5	1,54	2,12	0,52	0,07	10,05	3,06	5,059	0,522	∞	0,238	0,804	1,654	OC1	3,863	0,0024
5,5	1,54	2,12	0,52	0,07	11,05	3,6	5,602	0,475	∞	0,234	0,791	1,555	OC1	4,393	0,0021
6,5	1,61	1,77	0,45	0,06	12,05	4,18	6,181	0,436	∞	0,224	0,757	1,478	OC1	4,938	0,0017
7,5	1,61	1,77	0,45	0,06	13,05	4,8	6,795	0,402	∞	0,22	0,744	1,417	OC1	5,539	0,0015
8,5	1,73	1,32	0,31	0,04	14,05	5,47	7,468	0,374	∞	0,214	0,723	1,366	OC1	6,191	0,0010

9,5	1,73	1,32	0,31	0,04	15,05	6,2	8,199	0,349	$\infty$	0,205	0,693	1,323	OC1	6,891	0,0009
														Total Sc	0,01605

- Pemampatan akibat *Traffic*

Hpavement	=	0,35	
Hfinal	=	5,55	m
q traffic	=	0,3	t/m2
x	=	5,25	
y	=	$\infty$	

Depth (m)	$\gamma$ baru (t/m3)	ebaru	cc	cs	Z (m)	$\sigma'_0$ (t/m2)	$\sigma'_c$ (t/m2)	n=x/z	m=y/z	I	$\Delta\sigma$	OCR	JENIS	$\Delta\sigma+\sigma'_0$	Sc
											(t/m2)			(t/m2)	(m)
0,5	1,85				6,4	0,43	2,425							0,425	0
1,5	1,85				7,4	1,28	3,275							1,275	0
2,5	1,544	2,12	0,52	0,07	8,40	1,97	3,972	0,625	$\infty$	0,242	0,2904	2,014	OC1	2,262	0,0014
3,5	1,544	2,12	0,52	0,07	9,4	2,52	4,515	0,559	$\infty$	0,24	0,288	1,795	OC1	2,803	0,0011

4,5	1,544	2,12	0,52	0,07	10,4	3,06	5,059	0,505	$\infty$	0,234	0,2808	1,654	OC1	3,340	0,0009
5,5	1,544	2,12	0,52	0,07	11,4	3,6	5,602	0,461	$\infty$	0,232	0,2784	1,555	OC1	3,881	0,0008
6,5	1,614	1,77	0,45	0,06	12,4	4,18	6,181	0,423	$\infty$	0,226	0,2712	1,478	OC1	4,452	0,0006
7,5	1,614	1,77	0,45	0,06	13,4	4,8	6,795	0,392	$\infty$	0,22	0,264	1,417	OC1	5,059	0,0005
8,5	1,731	1,32	0,31	0,04	14,4	5,47	7,468	0,365	$\infty$	0,214	0,2568	1,366	OC1	5,724	0,0004
9,5	1,731	1,32	0,31	0,04	15,4	6,2	8,199	0,341	$\infty$	0,21	0,252	1,323	OC1	6,451	0,0003
													Total Sc	0,0061	



**Lampiran 9: Perhitungan Perencanaan Perkuatan Arah Memanjang Dengan *Geotextile Wall***

No	H	$\gamma$	Z	$\phi$	ka	teg hs	teg hq	teg h total	Tallow	SF	Sv(m)	Sv pakai(m)
1	5,56	1,85	5,56	30	0,333	3,429	0,713	4,142	2,409	1,5	0,388	0,35
2	5,56	1,85	5	30	0,333	3,083	0,713	3,797	2,409	1,5	0,423	0,35
3	5,56	1,85	4,5	30	0,333	2,775	0,713	3,488	2,409	1,5	0,460	0,35
4	5,56	1,85	4	30	0,333	2,467	0,713	3,180	2,409	1,5	0,505	0,35
5	5,56	1,85	3,5	30	0,333	2,158	0,713	2,872	2,409	1,5	0,559	0,35
6	5,56	1,85	3	30	0,333	1,850	0,713	2,563	2,409	1,5	0,627	0,35
7	5,56	1,85	2,5	30	0,333	1,542	0,713	2,255	2,409	1,5	0,712	0,70
8	5,56	1,85	2	30	0,333	1,233	0,713	1,947	2,409	1,5	0,825	0,70
9	5,56	1,85	1,5	30	0,333	0,925	0,713	1,638	2,409	1,5	0,980	0,70
10	5,56	1,85	1	30	0,333	0,617	0,713	1,330	2,409	1,5	1,208	1,05

Layer	H	z	Sv	$\sigma_{v0}$	$\sigma_{hs}$	$\sigma_{hq}$	$\sigma_{h}$ total	Le(m)	Le pakai (m)	LR (m)	L total (m)	L pakai (m)	L (m)	L <sub>0</sub> (m)	L <sub>0</sub> pakai (m)
1 (bawah)	5,56	5,56	0,35	10,286	3,429	0,713	4,142	0,187	1	0	1	1	2	0,094	1
2	5,56	5,21	0,35	9,6385	3,213	0,713	3,926	0,197	1	0,202	1,202	1,3	2	0,098	1
3	5,56	4,86	0,35	8,991	2,997	0,713	3,710	0,200	1	0,404	1,404	1,5	2	0,100	1
4	5,56	4,51	0,35	8,3435	2,781	0,713	3,495	0,202	1	0,606	1,606	1,7	2	0,101	1
5	5,56	4,16	0,35	7,696	2,565	0,713	3,279	0,206	1	0,808	1,808	1,9	2	0,103	1
6	5,56	3,81	0,35	7,0485	2,350	0,713	3,063	0,210	1	1,010	2,010	2,1	3	0,105	1
7	5,56	3,46	0,35	6,401	2,134	0,713	2,847	0,215	1	1,212	2,212	2,3	3	0,108	1
8	5,56	3,11	0,35	5,7535	1,918	0,713	2,631	0,221	1	1,415	2,415	2,5	3	0,111	1
9	5,56	2,76	0,35	5,106	1,702	0,713	2,415	0,229	1	1,617	2,617	2,7	3	0,114	1
10	5,56	2,41	0,7	4,4585	1,486	0,713	2,200	0,477	1	1,819	2,819	2,9	3	0,239	1
11	5,56	1,71	0,7	3,1635	1,055	0,713	1,768	0,540	1	2,223	3,223	3,3	4	0,270	1
12 (atas)	5,56	1,01	0,7	1,8685	0,623	0,713	1,336	0,691	1	2,627	3,627	3,7	4	0,346	1

## Lampiran 10: Perhitungan Perencanaan Perkuatan Arah Melintang Dengan *Geotextile Wall*

- **Potongan B**

No	H	$\gamma$	Z	$\phi$	$k_a$	$\sigma_{hs}$	$\sigma_{hq}$	$\sigma_h$ total	Tallow	SF	Sv(m)	Sv pakai(m)
1	2,13	1,85	2,13	30	0,333	1,314	0,713	2,027	2,409	1,5	0,792	0,70
2	2,13	1,85	2,00	30	0,333	1,233	0,713	1,947	2,409	1,5	0,825	0,70
3	2,13	1,85	1,50	30	0,333	0,925	0,713	1,638	2,409	1,5	0,980	0,70
4	2,13	1,85	1,00	30	0,333	0,617	0,713	1,330	2,409	1,5	1,208	1,05

Layer	H	z	Sv	$\sigma_{v0}$	$\sigma_{hs}$	$\sigma_{hq}$	$\sigma_h$ total	Le(m)	Le pakai (m)	LR (m)	L total (m)	L pakai (m)	L (m)	L0 (m)	L0 pakai (m)
1	2,13	2,13	0,70	3,941	1,314	0,713	2,027	0,478	1	0	1	1	1	0,239	1
2	2,13	1,43	0,70	2,646	0,882	0,713	1,595	0,560	1	0,404	1,404	2	2	0,280	1
3	2,13	0,73	0,70	1,351	0,450	0,713	1,164	0,801	1	0,808	1,808	2	2	0,400	1

• Potongan C

No	H	$\gamma$	Z	$\phi$	ka	$\sigma_{hs}$	$\sigma_{hq}$	$\sigma_h$ total	Tallow	SF	Sv(m)	Sv pakai(m)
1	3,90	1,85	3,90	30	0,333	2,404	0,713	3,118	2,409	1,5	0,515	0,35
2	3,90	1,85	3,5	30	0,333	2,158	0,713	2,872	2,409	1,5	0,559	0,35
3	3,90	1,85	3	30	0,333	1,850	0,713	2,563	2,409	1,5	0,627	0,35
4	3,90	1,85	2,5	30	0,333	1,542	0,713	2,255	2,409	1,5	0,712	0,7
5	3,90	1,85	2	30	0,333	1,233	0,713	1,947	2,409	1,5	0,825	0,7
6	3,90	1,85	1,5	30	0,333	0,925	0,713	1,638	2,409	1,5	0,980	0,7
7	3,90	1,85	1	30	0,333	0,617	0,713	1,330	2,409	1,5	1,208	1,05

Layer	H	z	Sv	$\sigma_{v0}$	$\sigma_{hs}$	$\sigma_{hq}$	$\sigma_h$ total	Le(m)	Le pakai(m)	LR(m)	L total (m)	L pakai (m)	L (m)	L0 (m)	L0 pakai (m)
1 (bawah)	3,90	3,90	0,35	7,213	2,404	0,713	3,118	0,201	1	0	1	1	1,5	0,100	1
2	3,90	3,55	0,35	6,566	2,189	0,713	2,902	0,214	1	0,202	1,202	1,3	1,5	0,107	1
3	3,90	3,199	0,35	5,918	1,973	0,713	2,686	0,219	1	0,404	1,404	1,5	2,5	0,110	1
4	3,90	2,849	0,7	5,271	1,757	0,713	2,470	0,453	1	0,606	1,606	1,7	2,5	0,227	1

5	3,90	2,149	0,7	3,976	1,325	0,713	2,039	0,496	1	1,010	2,010	2,1	2,5	0,248	1
6	3,90	1,449	0,7	2,681	0,894	0,713	1,607	0,580	1	1,415	2,415	2,5	3	0,290	1
7 (bawah)	3,90	0,749	0,7	1,386	0,462	0,713	1,175	0,820	1	1,819	2,819	2,9	3	0,410	1

• **Potongan D**

No	H	$\gamma$	Z	$\phi$	ka	$\sigma_{hs}$	$\sigma_{hq}$	$\sigma_h$ total	Tallow	SF	Sv(m)	Sv pakai(m)
1	5,56	1,85	5,56	30	0,333	3,429	0,713	4,142	2,409	1,5	0,388	0,35
2	5,56	1,85	5	30	0,333	3,083	0,713	3,797	2,409	1,5	0,423	0,35
3	5,56	1,85	4,5	30	0,333	2,775	0,713	3,488	2,409	1,5	0,460	0,35
4	5,56	1,85	4	30	0,333	2,467	0,713	3,180	2,409	1,5	0,505	0,35
5	5,56	1,85	3,5	30	0,333	2,158	0,713	2,872	2,409	1,5	0,559	0,35
6	5,56	1,85	3	30	0,333	1,850	0,713	2,563	2,409	1,5	0,627	0,35
7	5,56	1,85	2,5	30	0,333	1,542	0,713	2,255	2,409	1,5	0,712	0,70
8	5,56	1,85	2	30	0,333	1,233	0,713	1,947	2,409	1,5	0,825	0,70
9	5,56	1,85	1,5	30	0,333	0,925	0,713	1,638	2,409	1,5	0,980	0,70
10	5,56	1,85	1	30	0,333	0,617	0,713	1,330	2,409	1,5	1,208	1,05

Layer	H	z	Sv	$\sigma_{v0}$	$\sigma_{hs}$	$\sigma_{hq}$	$\sigma_h$ total	Le(m)	Le pakai (m)	LR (m)	L total (m)	L pakai (m)	L (m)	L <sub>0</sub> (m)	L <sub>0</sub> pakai (m)
1 (bawah)	5,56	5,56	0,35	10,286	3,429	0,713	4,142	0,187	1	0	1	1	2	0,094	1
2	5,56	5,21	0,35	9,6385	3,213	0,713	3,926	0,197	1	0,202	1,202	1,3	2	0,098	1
3	5,56	4,86	0,35	8,991	2,997	0,713	3,710	0,200	1	0,404	1,404	1,5	2	0,100	1
4	5,56	4,51	0,35	8,3435	2,781	0,713	3,495	0,202	1	0,606	1,606	1,7	2	0,101	1
5	5,56	4,16	0,35	7,696	2,565	0,713	3,279	0,206	1	0,808	1,808	1,9	2	0,103	1
6	5,56	3,81	0,35	7,0485	2,350	0,713	3,063	0,210	1	1,010	2,010	2,1	3	0,105	1
7	5,56	3,46	0,35	6,401	2,134	0,713	2,847	0,215	1	1,212	2,212	2,3	3	0,108	1
8	5,56	3,11	0,35	5,7535	1,918	0,713	2,631	0,221	1	1,415	2,415	2,5	3	0,111	1
9	5,56	2,76	0,35	5,106	1,702	0,713	2,415	0,229	1	1,617	2,617	2,7	3	0,114	1
10	5,56	2,41	0,7	4,4585	1,486	0,713	2,200	0,477	1	1,819	2,819	2,9	3	0,239	1
11	5,56	1,71	0,7	3,1635	1,055	0,713	1,768	0,540	1	2,223	3,223	3,3	4	0,270	1
12 (atas)	5,56	1,01	0,7	1,8685	0,623	0,713	1,336	0,691	1	2,627	3,627	3,7	4	0,346	1

## Lampiran 11: Perhitungan Perencanaan Perkuatan Arah Melintang Dengan *Freyssisol*

### • Potongan B

	spasi	z	q	$\sigma_v$	$\sigma_h$	Ti	Le	Lr	L	Lpakai	Jumlah	Jumlah pakai
1		0,38	2,14	0,703	0,9477	0,2085	2,0483	0,6110	2,6593	3	0,022933	1
2	0,7	1,08	2,14	1,998	1,3793	0,5682	1,9641	0,2030	2,1671	3	0,0625	1
3	0,7	1,78	2,14	3,293	1,8110	0,9364	1,9641	0,2030	2,1671	3	0,103009	1

### • Potongan C

	spasi	z	q	$\sigma_v$	$\sigma_h$	Ti	Le	Lr	L	Lpakai	Jumlah	Jumlah pakai
1		0,05	2,14	0,0925	0,744167	0,013875	1,035996	1,413	2,448996	3,5	0,003053	1
2	0,7	0,75	2,14	1,3875	1,175833	0,364219	1,812993	1	2,812993	3,5	0,080128	1
3	0,7	1,45	2,14	2,6825	1,6075	0,704156	1,812993	0,606	2,418993	3,5	0,154914	1
4	0,7	2,15	2,14	3,9775	2,039167	1,044094	1,812993	0,202	2,014993	3	0,229701	1
5	0,7	2,85	2,14	5,2725	2,470833	1,384031	1,812993	0,202	2,014993	3	0,304487	1
6	0,7	3,55	2,14	6,5675	2,9025	1,723969	1,812993	0,202	2,014993	3	0,379273	1

- **Potongan D**

	spasi	z	q	$\sigma_{\text{tanah}}$	$\sigma_{\text{total}}$	$\sigma_h$	Ti (ton)	Le (m)	Lr (m)	L(m)	Lpakai (m)	jumlah	jumlah pakai
1		0,31	2,14	0,5735	2,7135	0,905	0,246	2,966	3,080	6,046	7	0,03	1
2	0,7	1,01	2,14	1,8685	4,0085	1,336	0,386	1,426	2,669	4,095	5	0,04	1
3	0,7	1,71	2,14	3,1635	5,3035	1,768	0,510	1,114	2,259	3,373	4	0,06	1
4	0,7	2,41	2,14	4,4585	6,5985	2,200	0,635	0,984	1,848	2,832	4	0,07	1
5	0,7	3,11	2,14	5,7535	7,8935	2,631	0,760	0,912	1,437	2,349	3	0,08	1
6	0,7	3,81	2,14	7,0485	9,1885	3,063	0,884	0,867	1,027	1,893	3	0,10	1
7	0,7	4,51	2,14	8,3435	10,4835	3,495	1,009	0,835	0,516	1,351	2,5	0,11	1
8	0,7	5,21	2,14	9,6385	11,7785	3,926	1,134	0,812	0,205	1,017	2,5	0,12	1



## Lampiran 12: Daya Dukung Pondasi Dalam Abutmen

- Diameter 60cm
- Meyerhoff

Depth	N borlog	N regresi linear	N	L/P	N1	γt	γsat	γ'	Po'	N2	2N1	N2 pakai	Nrata "	Cn	Qujung	Cli (t/m2 )	Asi (m2)	Cli.Asi (t)	ΣCli.Asi	Qult = Qujung + ΣCli.Asi	Qijin = Qu/SF (t)
0																					
1																					
2	12		12	L	12	1,53	1,53	0,53	1,06	33,71	24,00	24,00	11,31	452,31	127,89	12,00	1,88	22,62	22,62	150,51	50,17
2,2		10,9	10,9	L	10,9	1,53	1,53	0,53	1,25	29,10	21,80	21,80	10,64	425,71	120,37	10,90	0,38	4,11	26,73	147,10	49,03
2,4		9,8	9,8	L	9,8	1,53	1,53	0,53	1,33	25,62	19,60	19,60	10,07	402,67	113,85	9,80	0,38	3,69	30,42	144,27	48,09
2,6		8,7	8,7	L	8,7	1,53	1,53	0,53	1,40	22,28	17,40	17,40	9,56	382,50	108,15	8,70	0,38	3,28	33,70	141,85	47,28
2,8		7,6	7,6	L	7,6	1,53	1,53	0,53	1,48	19,08	15,20	15,20	9,12	364,71	103,12	7,60	0,38	2,87	36,57	139,69	46,56
3		6,5	6,5	L	6,5	1,53	1,53	0,53	1,56	16,00	13,00	13,00	8,72	348,87	98,64	6,50	0,38	2,45	39,02	137,66	45,89
3,2		5,4	5,4	L	5,4	1,53	1,53	0,53	1,64	13,03	10,80	10,80	8,37	334,63	94,62	5,40	0,38	2,04	41,05	135,67	45,22
3,4		4,3	4,3	L	4,3	1,53	1,53	0,53	1,72	10,18	8,60	8,60	8,04	321,75	90,97	4,30	0,38	1,62	42,68	133,65	44,55
3,6		3,2	3,2	L	3,2	1,53	1,53	0,53	1,80	7,44	6,40	6,40	7,75	310,03	87,66	3,20	0,38	1,21	43,88	131,54	43,85
3,8		2,1	2,1	L	2,1	1,53	1,53	0,53	1,88	4,79	4,20	4,20	7,48	299,31	84,63	2,10	0,38	0,79	44,67	129,30	43,10
4	1		1	L	1	1,53	1,53	0,53	1,96	2,24	2,00	2,00	7,24	289,47	81,85	1,00	0,38	0,38	45,05	126,90	42,30
4,2		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,04	2,20	2,00	2,00	7,01	280,40	79,28	1,00	0,38	0,38	45,43	124,71	41,57
4,4		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,12	2,16	2,00	2,00	6,80	272,01	76,91	1,00	0,38	0,38	45,80	122,71	40,90
4,6		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,20	2,13	2,00	2,00	6,61	264,22	74,71	1,00	0,38	0,38	46,18	120,89	40,30
4,8		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,28	2,09	2,00	2,00	6,42	256,97	72,66	1,00	0,38	0,38	46,56	119,21	39,74
5		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,36	2,06	2,00	2,00	6,25	250,20	70,74	1,00	0,38	0,38	46,94	117,68	39,23

5,2		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,44	2,03	2,00	2,00	6,10	243,85	68,95	1,00	0,38	0,38	47,31	116,26	38,75
5,4		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,52	1,99	2,00	1,99	5,95	237,90	67,26	1,00	0,38	0,38	47,69	114,95	38,32
5,6		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,61	1,96	2,00	1,96	5,81	232,30	65,68	0,98	0,38	0,37	48,06	113,74	37,91
5,8		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,70	1,92	2,00	1,92	5,69	227,42	64,30	0,96	0,38	0,36	48,42	112,72	37,57
6	1		1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,79	1,89	2,00	1,89	5,58	223,17	63,10	0,94	0,38	0,36	48,78	111,88	37,29
6,2		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,88	1,86	2,00	1,86	5,49	219,50	62,06	0,93	0,38	0,35	49,13	111,19	37,06
6,4		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,98	1,83	2,00	1,83	5,41	216,35	61,17	0,91	0,38	0,34	49,47	110,64	36,88
6,6		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,07	1,80	2,00	1,80	5,34	213,67	60,41	0,90	0,38	0,34	49,81	110,22	36,74
6,8		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,16	1,77	2,00	1,77	5,28	211,40	59,77	0,88	0,38	0,33	50,14	109,91	36,64
7		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,26	1,74	2,00	1,74	4,73	189,23	53,50	0,87	0,38	0,33	50,47	103,97	34,66
7,2		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,35	1,71	2,00	1,71	4,24	169,70	47,98	0,85	0,38	0,32	50,79	98,77	32,92
7,4		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,44	1,68	2,00	1,68	3,82	152,79	43,20	0,84	0,38	0,32	51,11	94,31	31,44
7,6		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,54	1,66	2,00	1,66	3,46	138,52	39,17	0,83	0,38	0,31	51,42	90,59	30,20
7,8		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,63	1,63	2,00	1,63	3,23	129,10	36,50	0,82	0,38	0,31	51,73	88,23	29,41
8	1		1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,72	1,61	2,00	1,61	3,11	124,47	35,19	0,80	0,38	0,30	52,03	87,23	29,08
8,2		1,2	1,2	L	1,2	1,62	1,62	0,62	3,82	1,90	2,40	1,90	3,11	124,58	35,22	0,95	0,38	0,36	52,39	87,61	29,20
8,4		1,4	1,4	L	1,4	1,62	1,62	0,62	3,91	2,18	2,80	2,18	3,23	129,37	36,58	1,09	0,38	0,41	52,80	89,38	29,79
8,6		1,6	1,6	L	1,6	1,62	1,62	0,62	4,00	2,46	3,20	2,46	3,47	138,77	39,24	1,23	0,38	0,46	53,26	92,50	30,83
8,8		1,8	1,8	L	1,8	1,62	1,62	0,62	4,09	2,73	3,60	2,73	3,82	152,74	43,19	1,36	0,38	0,51	53,78	96,96	32,32
9		2	2	L	2	1,62	1,62	0,62	4,19	2,99	4,00	2,99	4,28	171,22	48,41	1,50	0,38	0,56	54,34	102,75	34,25
9,2		2,2	2,2	L	2,2	1,62	1,62	0,62	4,28	3,24	4,40	3,24	4,79	191,78	54,23	1,62	0,38	0,61	54,95	109,18	36,39
9,4		2,4	2,4	L	2,4	1,62	1,62	0,62	4,37	3,49	4,80	3,49	4,74	189,62	53,61	1,75	0,38	0,66	55,61	109,23	36,41
9,6		2,6	2,6	L	2,6	1,62	1,62	0,62	4,47	3,73	5,20	3,73	5,35	214,19	60,56	1,87	0,38	0,70	56,32	116,88	38,96
9,8		2,8	2,8	L	2,8	1,62	1,62	0,62	4,56	3,97	5,60	3,97	5,94	237,61	67,18	1,98	0,38	0,75	57,06	124,25	41,42
10	3		3	L	3	1,62	1,62	0,62	4,65	4,19	6,00	4,19	6,50	259,93	73,49	2,10	0,38	0,79	57,85	131,35	43,78
10,2		4,7	4,7	L	4,7	1,62	1,62	0,62	4,75	6,49	9,40	6,49	7,03	281,17	79,50	3,24	0,38	1,22	59,08	138,58	46,19
10,4		6,4	6,4	L	6,4	1,62	1,62	0,62	4,84	8,72	12,80	8,72	7,53	301,37	85,21	4,36	0,38	1,64	60,72	145,93	48,64
10,6		8,1	8,1	L	8,1	1,62	1,62	0,62	4,93	10,90	16,20	10,90	8,01	320,58	90,64	5,45	0,38	2,05	62,78	153,42	51,14
10,8		9,8	9,8	L	9,8	1,62	1,62	0,62	5,02	13,02	19,60	13,02	8,47	338,82	95,80	6,51	0,38	2,46	65,23	161,03	53,68
11		11,5	11,5	L	11,5	1,62	1,62	0,62	5,12	15,10	23,00	15,10	8,90	356,13	100,69	7,55	0,38	2,85	68,08	168,77	56,26

11,2		13,2	13,2	L	13,2	1,62	1,62	0,62	5,21	17,12	26,40	17,12	9,31	372,51	105,33	8,56	0,38	3,23	71,30	176,63	58,88
11,4		14,9	14,9	L	14,9	1,62	1,62	0,62	5,30	19,10	29,80	19,10	9,70	388,00	109,70	9,55	0,38	3,60	74,90	184,61	61,54
11,6		16,6	16,6	L	16,6	1,62	1,62	0,62	5,40	21,02	33,20	21,02	10,07	402,61	113,83	10,51	0,38	3,96	78,87	192,70	64,23
11,8		18,3		L	0	1,62	1,62	0,62	5,49	0,00	0,00	0,00	10,43	417,29	117,99	0,00	0,38	0,00	78,87	196,85	65,62
12	20		20	L	20	1,70	1,70	0,70	5,59	24,72	40,00	24,72	10,80	432,05	122,16	12,36	0,38	4,66	83,53	205,69	68,56
12,2		19,4	19,4	L	19,4	1,70	1,70	0,70	5,70	23,67	38,80	23,67	11,17	446,88	126,35	11,84	0,38	4,46	87,99	214,34	71,45
12,4		18,8	18,8	L	18,8	1,70	1,70	0,70	5,80	22,65	37,60	22,65	11,54	461,79	130,57	11,32	0,38	4,27	92,26	222,82	74,27
12,6		18,2	18,2	L	18,2	1,70	1,70	0,70	5,91	21,65	36,40	21,65	11,92	476,76	134,80	10,82	0,38	4,08	96,34	231,14	77,05
12,8		17,6	17,6	L	17,6	1,70	1,70	0,70	6,01	20,68	35,20	20,68	12,29	491,80	139,05	10,34	0,38	3,90	100,23	239,29	79,76
13		17	17	L	17	1,70	1,70	0,70	6,12	19,73	34,00	19,73	12,67	506,90	143,32	9,86	0,38	3,72	103,95	247,28	82,43
13,2		16,4	16,4	L	16,4	1,70	1,70	0,70	6,22	18,80	32,80	18,80	13,04	521,73	147,52	9,40	0,38	3,54	107,50	255,01	85,00
13,4		15,8	15,8	L	15,8	1,70	1,70	0,70	6,33	17,90	31,60	17,90	13,41	536,41	151,67	8,95	0,38	3,37	110,87	262,54	87,51
13,6		15,2	15,2	L	15,2	1,70	1,70	0,70	6,43	17,01	30,40	17,01	13,77	550,96	155,78	8,51	0,38	3,21	114,08	269,86	89,95
13,8		14,6	14,6	L	14,6	1,70	1,70	0,70	6,54	16,15	29,20	16,15	14,13	565,17	159,80	8,07	0,38	3,04	117,12	276,92	92,31
14	14		14	L	14	1,70	1,70	0,70	6,65	15,31	28,00	15,31	14,48	579,06	163,73	7,65	0,38	2,89	120,01	283,73	94,58
14,2		14,2	14,2	L	14,2	1,70	1,70	0,70	6,75	15,35	28,40	15,35	14,82	592,63	167,56	7,67	0,38	2,89	122,90	290,46	96,82
14,4		14,4	14,4	L	14,4	1,70	1,70	0,70	6,86	15,39	28,80	15,39	15,15	605,88	171,31	7,69	0,38	2,90	125,80	297,11	99,04
14,6		14,6	14,6	L	14,6	1,70	1,70	0,70	6,96	15,43	29,20	15,43	15,47	618,84	174,97	7,71	0,38	2,91	128,71	303,68	101,23
14,8		14,8	14,8	L	14,8	1,70	1,70	0,70	7,07	15,47	29,60	15,47	15,79	631,49	178,55	7,73	0,38	2,92	131,62	310,17	103,39
15		15	15	L	15	1,70	1,70	0,70	7,17	15,51	30,00	15,51	16,10	643,86	182,05	7,75	0,38	2,92	134,55	316,59	105,53
15,2		15,2	15,2	L	15,2	1,70	1,70	0,70	7,28	15,54	30,40	15,54	16,34	653,70	184,83	7,77	0,38	2,93	137,48	322,31	107,44
15,4		15,4	15,4	L	15,4	1,70	1,70	0,70	7,38	15,58	30,80	15,58	16,53	661,09	186,92	7,79	0,38	2,94	140,41	327,33	109,11
15,6		15,6	15,6	L	15,6	1,70	1,70	0,70	7,49	15,62	31,20	15,62	16,65	666,07	188,33	7,81	0,38	2,94	143,36	331,68	110,56
15,8		15,8	15,8	L	15,8	1,70	1,70	0,70	7,60	15,76	31,60	15,76	16,72	668,93	189,13	7,88	0,38	2,97	146,33	335,64	111,82
16	16		16	L	16	1,70	1,70	0,70	7,70	15,92	32,00	15,92	16,74	669,71	189,36	7,96	0,38	3,00	149,33	338,68	112,89
16,2		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	7,81	15,88	32,00	15,88	16,71	668,47	189,00	7,94	0,38	2,99	152,32	341,33	113,78
16,4		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	7,91	15,84	32,00	15,84	16,63	665,25	188,10	7,92	0,38	2,99	155,31	343,40	114,47
16,6		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,02	15,80	32,00	15,80	16,50	660,12	186,64	7,90	0,38	2,98	158,28	344,93	114,98
16,8		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,12	15,75	32,00	15,75	16,95	677,87	191,66	7,88	0,38	2,97	161,25	352,92	117,64
17		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,23	15,71	32,00	15,71	16,73	669,07	189,17	7,86	0,38	2,96	164,22	353,39	117,80

17,2		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,33	15,67	32,00	15,67	16,54	661,55	187,05	7,84	0,38	2,95	167,17	354,22	118,07
17,4		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,44	15,63	32,00	15,63	16,38	655,31	185,28	7,82	0,38	2,95	170,12	355,40	118,47
17,6		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,55	15,59	32,00	15,59	16,26	650,30	183,87	7,80	0,38	2,94	173,06	356,92	118,97
17,8		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,65	15,55	32,00	15,55	16,16	646,40	182,77	7,78	0,38	2,93	175,99	358,75	119,58
18	16		16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,76	15,51	32,00	15,51	16,09	643,58	181,97	7,76	0,38	2,92	178,91	360,88	120,29
18,2		16,2	16,2	L	16,2	1,70	1,70	0,70	8,86	15,67	32,40	15,67	16,05	641,82	181,47	7,83	0,38	2,95	181,86	363,34	121,11
18,4		16,4	16,4	L	16,4	1,70	1,70	0,70	8,97	15,82	32,80	15,82	16,03	641,10	181,27	7,91	0,38	2,98	184,85	366,11	122,04
18,6		16,6	16,6	L	16,6	1,70	1,70	0,70	9,07	15,97	33,20	15,97	16,03	641,38	181,35	7,99	0,38	3,01	187,86	369,20	123,07
18,8		16,8	16,8	L	16,8	1,70	1,70	0,70	9,18	16,12	33,60	16,12	16,07	642,65	181,71	8,06	0,38	3,04	190,90	372,60	124,20
19		17	17	L	17	1,70	1,70	0,70	9,28	16,27	34,00	16,27	16,12	644,89	182,34	8,14	0,38	3,07	193,96	376,30	125,43
19,2		17,2	17,2	L	17,2	1,70	1,70	0,70	9,39	16,42	34,40	16,42	16,18	647,14	182,97	8,21	0,38	3,10	197,06	380,03	126,68
19,4		17,4	17,4	L	17,4	1,70	1,70	0,70	9,50	16,57	34,80	16,57	16,23	649,40	183,61	8,29	0,38	3,12	200,18	383,80	127,93
19,6		17,6	17,6	L	17,6	1,70	1,70	0,70	9,60	16,72	35,20	16,72	16,29	651,67	184,26	8,36	0,38	3,15	203,34	387,59	129,20
19,8		17,8	17,8	L	17,8	1,70	1,70	0,70	9,71	16,87	35,60	16,87	16,34	653,75	184,84	8,43	0,38	3,18	206,52	391,36	130,45
20	18		18	L	18	1,70	1,70	0,70	9,81	17,02	36,00	17,02	16,39	655,65	185,38	8,51	0,38	3,21	209,72	395,10	131,70
20,2		18,1	18,1	L	18,1	1,70	1,70	0,70	9,92	17,07	36,20	17,07	16,43	657,37	185,87	8,53	0,38	3,22	212,94	398,81	132,94
20,4		18,2	18,2	L	18,2	1,70	1,70	0,70	10,02	17,12	36,40	17,12	16,47	658,90	186,30	8,56	0,38	3,23	216,17	402,47	134,16
20,6		18,3	18,3	L	18,3	1,69	1,69	0,69	10,13	17,17	36,60	17,17	16,51	660,25	186,68	8,59	0,38	3,24	219,40	406,09	135,36
20,8		18,4	18,4	L	18,4	1,69	1,69	0,69	10,23	17,22	36,80	17,22	16,53	661,30	186,98	8,61	0,38	3,25	222,65	409,63	136,54
21		18,5	18,5	L	18,5	1,69	1,69	0,69	10,34	17,28	37,00	17,28	16,55	662,04	187,19	8,64	0,38	3,26	225,91	413,10	137,70
21,2		18,6	18,6	L	18,6	1,69	1,69	0,69	10,44	17,33	37,20	17,33	16,57	662,69	187,37	8,66	0,38	3,27	229,17	416,54	138,85
21,4		18,7	18,7	L	18,7	1,69	1,69	0,69	10,54	17,38	37,40	17,38	16,58	663,24	187,53	8,69	0,38	3,28	232,45	419,98	139,99
21,6		18,8	18,8	L	18,8	1,69	1,69	0,69	10,65	17,43	37,60	17,43	16,59	663,70	187,66	8,71	0,38	3,29	235,73	423,39	141,13
21,8		18,9	18,9	L	18,9	1,69	1,69	0,69	10,75	17,48	37,80	17,48	16,60	663,87	187,70	8,74	0,38	3,29	239,03	426,73	142,24
22	19		19	L	19	1,69	1,69	0,69	10,86	17,53	38,00	17,53	16,59	663,75	187,67	8,76	0,38	3,30	242,33	430,00	143,33
22,2		18,9	18,9	L	18,9	1,69	1,69	0,69	10,96	17,40	37,80	17,40	16,58	663,34	187,56	8,70	0,38	3,28	245,61	433,17	144,39
22,4		18,8	18,8	L	18,8	1,69	1,69	0,69	11,06	17,26	37,60	17,26	16,57	662,66	187,36	8,63	0,38	3,25	248,87	436,23	145,41
22,6		18,7	18,7	L	18,7	1,69	1,69	0,69	11,17	17,13	37,40	17,13	16,54	661,69	187,09	8,56	0,38	3,23	252,09	439,18	146,39
22,8		18,6	18,6	L	18,6	1,69	1,69	0,69	11,27	17,00	37,20	17,00	16,51	660,43	186,73	8,50	0,38	3,20	255,30	442,03	147,34
23		18,5	18,5	L	18,5	1,69	1,69	0,69	11,38	16,87	37,00	16,87	16,47	658,90	186,30	8,43	0,38	3,18	258,48	444,78	148,26

23,2		18,4	18,4	L	18,4	1,69	1,69	0,69	11,48	16,74	36,80	16,74	16,42	656,88	185,73	8,37	0,38	3,15	261,63	447,36	149,12
23,4		18,3	18,3	L	18,3	1,69	1,69	0,69	11,58	16,60	36,60	16,60	16,36	654,37	185,02	8,30	0,38	3,13	264,76	449,78	149,93
23,6		18,2	18,2	L	18,2	1,69	1,69	0,69	11,69	16,48	36,40	16,48	16,28	651,38	184,17	8,24	0,38	3,11	267,87	452,04	150,68
23,8		18,1	18,1	L	18,1	1,69	1,69	0,69	11,79	16,35	36,20	16,35	16,20	648,19	183,27	8,17	0,38	3,08	270,95	454,22	151,41
24	18		18	L	18	1,69	1,69	0,69	11,90	16,22	36,00	16,22	16,12	644,80	182,31	8,11	0,38	3,06	274,01	456,32	152,11
24,2		17,7	17,7	L	17,7	1,69	1,69	0,69	12,00	15,91	35,40	15,91	16,03	641,22	181,30	7,96	0,38	3,00	277,00	458,31	152,77
24,4		17,4	17,4	L	17,4	1,69	1,69	0,69	12,10	15,60	34,80	15,60	15,94	637,45	180,23	7,80	0,38	2,94	279,95	460,18	153,39
24,6		17,1	17,1	L	17,1	1,69	1,69	0,69	12,21	15,30	34,20	15,30	15,84	633,48	179,11	7,65	0,38	2,88	282,83	461,94	153,98
24,8		16,8	16,8	L	16,8	1,69	1,69	0,69	12,31	15,00	33,60	15,00	15,73	629,32	177,94	7,50	0,38	2,83	285,66	463,59	154,53
25		16,5	16,5	L	16,5	1,69	1,69	0,69	12,41	14,69	33,00	14,69	15,62	624,97	176,71	7,35	0,38	2,77	288,43	465,13	155,04
25,2		16,2	16,2	L	16,2	1,69	1,69	0,69	12,52	14,39	32,40	14,39	15,51	620,53	175,45	7,20	0,38	2,71	291,14	466,59	155,53
25,4		15,9	15,9	L	15,9	1,69	1,69	0,69	12,62	14,09	31,80	14,09	15,40	616,00	174,17	7,05	0,38	2,66	293,80	467,97	155,99
25,6		15,6	15,6	L	15,6	1,71	1,71	0,71	12,73	13,80	31,20	13,80	15,28	611,38	172,86	6,90	0,38	2,60	296,40	469,26	156,42
25,8		15,3	15,3	L	15,3	1,71	1,71	0,71	12,83	13,50	30,60	13,50	15,17	606,68	171,53	6,75	0,38	2,54	298,94	470,48	156,83
26	15		15	L	15	1,71	1,71	0,71	12,94	13,20	30,00	13,20	15,05	601,89	170,18	6,60	0,38	2,49	301,43	471,61	157,20
26,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,05	13,17	30,00	13,17	14,93	597,01	168,80	6,59	0,38	2,48	303,91	472,71	157,57
26,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,15	13,14	30,00	13,14	14,80	592,04	167,40	6,57	0,38	2,48	306,39	473,79	157,93
26,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,26	13,11	30,00	13,11	14,67	586,99	165,97	6,56	0,38	2,47	308,86	474,83	158,28
26,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,37	13,08	30,00	13,08	14,55	581,85	164,51	6,54	0,38	2,47	311,33	475,84	158,61
27		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,47	13,05	30,00	13,05	14,42	576,63	163,04	6,53	0,38	2,46	313,79	476,83	158,94
27,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,58	13,02	30,00	13,02	14,29	571,52	161,59	6,51	0,38	2,45	316,24	477,84	159,28
27,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,69	12,99	30,00	12,99	14,16	566,52	160,18	6,50	0,38	2,45	318,69	478,87	159,62
27,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,79	12,96	30,00	12,96	14,04	561,64	158,80	6,48	0,38	2,44	321,13	479,93	159,98
27,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,90	12,93	30,00	12,93	13,94	557,59	157,66	6,47	0,38	2,44	323,57	481,23	160,41
28	15		15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,01	12,90	30,00	12,90	13,86	554,38	156,75	6,45	0,38	2,43	326,00	482,75	160,92
28,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,11	12,87	30,00	12,87	13,80	551,99	156,07	6,44	0,38	2,43	328,43	484,50	161,50
28,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,22	12,84	30,00	12,84	13,76	550,41	155,63	6,42	0,38	2,42	330,85	486,48	162,16
28,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,33	12,81	30,00	12,81	13,74	549,64	155,41	6,41	0,38	2,42	333,27	488,67	162,89
28,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,43	12,78	30,00	12,78	13,74	549,67	155,42	6,39	0,38	2,41	335,68	491,09	163,70
29		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,54	12,76	30,00	12,76	13,76	550,50	155,65	6,38	0,38	2,40	338,08	493,73	164,58

29,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,65	12,73	30,00	12,73	13,81	552,31	156,16	6,36	0,38	2,40	340,48	496,64	165,55
29,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,75	12,70	30,00	12,70	13,88	555,11	156,95	6,35	0,38	2,39	342,87	499,83	166,61
29,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,86	12,67	30,00	12,67	13,97	558,88	158,02	6,33	0,38	2,39	345,26	503,28	167,76
29,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,96	12,64	30,00	12,64	14,08	563,27	159,26	6,32	0,38	2,38	347,64	506,90	168,97
30	15		15	L	15	1,71	1,71	0,71	15,07	12,61	30,00	12,61	14,21	568,27	160,67	6,31	0,38	2,38	350,02	510,70	170,23
30,2		15,8	15,8	L	15,8	1,71	1,71	0,71	15,18	13,26	31,60	13,26	14,35	573,88	162,26	6,63	0,38	2,50	352,52	514,78	171,59
30,4		16,6	16,6	L	16,6	1,71	1,71	0,71	15,28	13,90	33,20	13,90	14,50	580,11	164,02	6,95	0,38	2,62	355,14	519,16	173,05
30,6		17,4	17,4	L	17,4	2,00	2,00	1,00	15,42	14,52	34,80	14,52	14,67	586,94	165,95	7,26	0,38	2,74	357,88	523,83	174,61
30,8		18,2	18,2	L	18,2	2,00	2,00	1,00	15,57	15,14	36,40	15,14	14,86	594,37	168,05	7,57	0,38	2,85	360,73	528,78	176,26
31		19	19	L	19	2,00	2,00	1,00	15,72	15,76	38,00	15,76	15,06	602,40	170,32	7,88	0,38	2,97	363,70	534,03	178,01
31,2		19,8	19,8	L	19,8	2,00	2,00	1,00	15,87	16,37	39,60	16,37	15,27	610,74	172,68	8,19	0,38	3,09	366,79	539,47	179,82
31,4		20,6	20,6	L	20,6	2,00	2,00	1,00	16,02	16,98	41,20	16,98	15,48	619,39	175,13	8,49	0,38	3,20	369,99	545,12	181,71
31,6		21,4	21,4	L	21,4	2,00	2,00	1,00	16,17	17,59	42,80	17,59	15,71	628,35	177,66	8,79	0,38	3,32	373,31	550,97	183,66
31,8		22,2	22,2	L	22,2	2,00	2,00	1,00	16,32	18,19	44,40	18,19	15,92	636,68	180,02	9,09	0,38	3,43	376,73	556,75	185,58
32	23		23	L	23	2,00	2,00	1,00	16,47	18,79	46,00	18,79	16,11	644,37	182,19	9,39	0,38	3,54	380,28	562,47	187,49
32,2		23,4	23,4	L	23,4	2,00	2,00	1,00	16,62	19,06	46,80	19,06	16,29	651,44	184,19	9,53	0,38	3,59	383,87	568,06	189,35
32,4		23,8	23,8	L	23,8	2,00	2,00	1,00	16,77	19,32	47,60	19,32	16,45	657,89	186,01	9,66	0,38	3,64	387,51	573,52	191,17
32,6		24,2	24,2	L	24,2	2,00	2,00	1,00	16,92	19,59	48,40	19,59	16,59	663,72	187,66	9,79	0,38	3,69	391,20	578,86	192,95
32,8		24,6	24,6	L	24,6	2,00	2,00	1,00	17,07	19,85	49,20	19,85	16,72	668,93	189,14	9,93	0,38	3,74	394,94	584,08	194,69
33		25	25	L	25	2,00	2,00	1,00	17,22	20,11	50,00	20,11	16,84	673,53	190,44	10,06	0,38	3,79	398,73	589,17	196,39
33,2		25,4	25,4	L	25,4	2,00	2,00	1,00	17,37	20,37	50,80	20,37	16,94	677,53	191,57	10,19	0,38	3,84	402,57	594,14	198,05
33,4		25,8	25,8	L	25,8	2,00	2,00	1,00	17,52	20,63	51,60	20,63	17,02	680,92	192,53	10,32	0,38	3,89	406,46	598,99	199,66
33,6		26,2	26,2	L	26,2	2,00	2,00	1,00	17,67	20,89	52,40	20,89	17,09	683,71	193,31	10,44	0,38	3,94	410,40	603,72	201,24
33,8		26,6	26,6	L	26,6	2,00	2,00	1,00	17,82	21,14	53,20	21,14	17,18	687,15	194,29	10,57	0,38	3,99	414,39	608,67	202,89
34	27		27	L	27	2,00	2,00	1,00	17,97	21,40	54,00	21,40	17,28	691,23	195,44	10,70	0,38	4,03	418,42	613,86	204,62
34,2		26,3	26,3	L	26,3	2,00	2,00	1,00	18,12	20,78	52,60	20,78	17,40	695,95	196,77	10,39	0,38	3,92	422,34	619,11	206,37
34,4		25,6	25,6	L	25,6	2,00	2,00	1,00	18,27	20,17	51,20	20,17	17,53	701,30	198,29	10,08	0,38	3,80	426,14	624,43	208,14
34,6		24,9	24,9	L	24,9	2,00	2,00	1,00	18,42	19,56	49,80	19,56	17,68	707,29	199,98	9,78	0,38	3,69	429,83	629,81	209,94
34,8		24,2	24,2	L	24,2	2,00	2,00	1,00	18,57	18,95	48,40	18,95	17,85	713,91	201,85	9,48	0,38	3,57	433,40	635,25	211,75
35		23,5	23,5	L	23,5	2,00	2,00	1,00	18,72	18,35	47,00	18,35	18,03	721,16	203,90	9,18	0,38	3,46	436,86	640,76	213,59

35,2		22,8	22,8	L	22,8	2,00	2,00	1,00	18,87	17,75	45,60	17,75	18,21	728,30	205,92	8,88	0,38	3,35	440,21	646,13	215,38
35,4		22,1	22,1	L	22,1	2,00	2,00	1,00	19,02	17,16	44,20	17,16	18,38	735,33	207,91	8,58	0,38	3,23	443,44	651,35	217,12
35,6		21,4	21,4	L	21,4	2,00	2,00	1,00	19,17	16,57	42,80	16,57	18,56	742,28	209,87	8,28	0,38	3,12	446,56	656,44	218,81
35,8		20,7	20,7	L	20,7	2,00	2,00	1,00	19,32	15,98	41,40	15,98	18,71	748,32	211,58	7,99	0,38	3,01	449,57	661,16	220,39
36	20		20	L	20	2,00	2,00	1,00	19,47	15,39	40,00	15,39	18,84	753,48	213,04	7,70	0,38	2,90	452,48	665,52	221,84
36,2		20,8	20,8	L	20,8	2,00	2,00	1,00	19,62	15,96	41,60	15,96	18,94	757,76	214,25	7,98	0,38	3,01	455,49	669,74	223,25
36,4		21,6	21,6	L	21,6	2,00	2,00	1,00	19,77	16,53	43,20	16,53	19,03	761,15	215,21	8,26	0,38	3,12	458,60	673,81	224,60
36,6		22,4	22,4	L	22,4	2,00	2,00	1,00	19,92	17,09	44,80	17,09	19,09	763,67	215,92	8,55	0,38	3,22	461,82	677,75	225,92
36,8		23,2	23,2	L	23,2	2,00	2,00	1,00	20,07	17,65	46,40	17,65	19,13	765,32	216,39	8,83	0,38	3,33	465,15	681,54	227,18
37		24	24	L	24	2,00	2,00	1,00	20,22	18,21	48,00	18,21	19,15	766,11	216,61	9,10	0,38	3,43	468,58	685,19	228,40
37,2		24,8	24,8	L	24,8	2,00	2,00	1,00	20,37	18,76	49,60	18,76	19,16	766,39	216,69	9,38	0,38	3,54	472,12	688,81	229,60
37,4		25,6	25,6	L	25,6	2,00	2,00	1,00	20,52	19,31	51,20	19,31	19,15	766,17	216,63	9,66	0,38	3,64	475,76	692,39	230,80
37,6		26,4	26,4	L	26,4	2,00	2,00	1,00	20,67	19,86	52,80	19,86	19,14	765,45	216,42	9,93	0,38	3,74	479,50	695,93	231,98
37,8		27,2	27,2	L	27,2	2,00	2,00	1,00	20,82	20,41	54,40	20,41	19,10	764,07	216,04	10,20	0,38	3,85	483,35	699,39	233,13
38	28		28	L	28	2,00	2,00	1,00	20,97	20,95	56,00	20,95	19,05	762,04	215,46	10,47	0,38	3,95	487,30	702,76	234,25
38,2		27,8	27,8	L	27,8	2,00	2,00	1,00	21,12	20,74	55,60	20,74	18,98	759,37	214,71	10,37	0,38	3,91	491,21	705,91	235,30
38,4		27,6	27,6	L	27,6	2,00	2,00	1,00	21,27	20,53	55,20	20,53	18,90	756,05	213,77	10,27	0,38	3,87	495,08	708,85	236,28
38,6		27,4	27,4	L	27,4	2,00	2,00	1,00	21,42	20,33	54,80	20,33	18,80	752,10	212,65	10,16	0,38	3,83	498,91	711,56	237,19
38,8		27,2	27,2	L	27,2	2,00	2,00	1,00	21,57	20,12	54,40	20,12	18,69	747,50	211,35	10,06	0,38	3,79	502,70	714,05	238,02
39		27	27	L	27	2,00	2,00	1,00	21,72	19,92	54,00	19,92	18,56	742,28	209,87	9,96	0,38	3,75	506,46	716,33	238,78
39,2		26,8	26,8	L	26,8	2,00	2,00	1,00	21,87	19,72	53,60	19,72	18,43	737,36	208,48	9,86	0,38	3,72	510,17	718,66	239,55
39,4		26,6	26,6	L	26,6	2,00	2,00	1,00	22,02	19,52	53,20	19,52	18,32	732,76	207,18	9,76	0,38	3,68	513,85	721,03	240,34
39,6		26,4	26,4	L	26,4	2,00	2,00	1,00	22,17	19,32	52,80	19,32	18,21	728,46	205,97	9,66	0,38	3,64	517,49	723,46	241,15
39,8		26,2	26,2	L	26,2	2,00	2,00	1,00	22,32	19,12	52,40	19,12	18,12	724,92	204,97	9,56	0,38	3,60	521,10	726,06	242,02
40	26		26	L	26	2,00	2,00	1,00	22,47	18,92	52,00	18,92	18,05	722,14	204,18	9,46	0,38	3,57	524,66	728,84	242,95
40,2		25,6	25,6	L	25,6	2,00	2,00	1,00	22,62	18,58	51,20	18,58	18,00	720,12	203,61	9,29	0,38	3,50	528,17	731,77	243,92
40,4		25,2	25,2	L	25,2	2,00	2,00	1,00	22,77	18,24	50,40	18,24	17,97	718,85	203,25	9,12	0,38	3,44	531,60	734,85	244,95
40,6		24,8	24,8	L	24,8	2,00	2,00	1,00	22,92	17,90	49,60	17,90	17,96	718,32	203,10	8,95	0,38	3,37	534,98	738,08	246,03
40,8		24,4	24,4	L	24,4	2,00	2,00	1,00	23,07	17,56	48,80	17,56	17,96	718,53	203,16	8,78	0,38	3,31	538,29	741,45	247,15
41		24	24	L	24	2,00	2,00	1,00	23,22	17,23	48,00	17,23	17,99	719,48	203,43	8,61	0,38	3,25	541,54	744,96	248,32

41,2		23,6	23,6	L	23,6	2,00	2,00	1,00	23,37	16,90	47,20	16,90	18,00	719,92	203,55	8,45	0,38	3,18	544,72	748,27	249,42
41,4		23,2	23,2	L	23,2	2,00	2,00	1,00	23,52	16,57	46,40	16,57	18,00	719,85	203,53	8,28	0,38	3,12	547,84	751,38	250,46
41,6		22,8	22,8	L	22,8	2,00	2,00	1,00	23,67	16,24	45,60	16,24	17,98	719,28	203,37	8,12	0,38	3,06	550,90	754,27	251,42
41,8		22,4	22,4	L	22,4	2,00	2,00	1,00	23,82	15,91	44,80	15,91	17,96	718,42	203,13	7,95	0,38	3,00	553,90	757,03	252,34
42	22		22	L	22	2,00	2,00	1,00	23,97	15,58	44,00	15,58	17,93	717,29	202,81	7,79	0,38	2,94	556,84	759,65	253,22
42,2		22,2	22,2	L	22,2	2,00	2,00	1,00	24,12	15,68	44,40	15,68	17,90	715,88	202,41	7,84	0,38	2,96	559,80	762,21	254,07
42,4		22,4	22,4	L	22,4	2,00	2,00	1,00	24,27	15,78	44,80	15,78	17,85	714,20	201,93	7,89	0,38	2,98	562,77	764,70	254,90
42,6		22,6	22,6	L	22,6	2,00	2,00	1,00	24,42	15,88	45,20	15,88	17,81	712,24	201,38	7,94	0,38	2,99	565,76	767,15	255,72
42,8		22,8	22,8	L	22,8	2,00	2,00	1,00	24,57	15,98	45,60	15,98	17,75	710,01	200,75	7,99	0,38	3,01	568,78	769,53	256,51
43		23	23	L	23	2,00	2,00	1,00	24,72	16,08	46,00	16,08	17,69	707,52	200,05	8,04	0,38	3,03	571,81	771,85	257,28
43,2		23,2	23,2	L	23,2	2,00	2,00	1,00	24,87	16,18	46,40	16,18	17,64	705,56	199,49	8,09	0,38	3,05	574,86	774,35	258,12
43,4		23,4	23,4	L	23,4	2,00	2,00	1,00	25,02	16,27	46,80	16,27	17,60	704,14	199,09	8,14	0,38	3,07	577,92	777,01	259,00
43,6		23,6	23,6	L	23,6	2,00	2,00	1,00	25,17	16,37	47,20	16,37	17,58	703,25	198,84	8,18	0,38	3,09	581,01	779,85	259,95
43,8		23,8	23,8	L	23,8	2,00	2,00	1,00	25,32	16,47	47,60	16,47	17,56	702,32	198,57	8,23	0,38	3,10	584,11	782,69	260,90
44	24		24	L	24	2,00	2,00	1,00	25,47	16,56	48,00	16,56	17,53	701,33	198,30	8,28	0,38	3,12	587,23	785,53	261,84
44,2		24,5	24,5	L	24,5	2,00	2,00	1,00	25,62	16,86	49,00	16,86	17,51	700,29	198,00	8,43	0,38	3,18	590,41	788,42	262,81
44,4		25	25	L	25	2,00	2,00	1,00	25,77	17,16	50,00	17,16	17,48	699,21	197,70	8,58	0,38	3,23	593,65	791,34	263,78
44,6		25,5	25,5	L	25,5	2,00	2,00	1,00	25,92	17,46	51,00	17,46	17,45	698,07	197,38	8,73	0,38	3,29	596,94	794,31	264,77
44,8		26	26	L	26	2,00	2,00	1,00	26,07	17,76	52,00	17,76	17,42	696,89	197,04	8,88	0,38	3,35	600,29	797,33	265,78
45		26,5	26,5	L	26,5	2,00	2,00	1,00	26,22	18,05	53,00	18,05	17,39	695,66	196,69	9,03	0,38	3,40	603,69	800,38	266,79
45,2		27	27	L	27	2,00	2,00	1,00	26,37	18,35	54,00	18,35	17,36	694,53	196,37	9,17	0,38	3,46	607,15	803,52	267,84
45,4		27,5	27,5	L	27,5	2,00	2,00	1,00	26,52	18,64	55,00	18,64	17,34	693,51	196,09	9,32	0,38	3,51	610,66	806,75	268,92
45,6		28	28	L	28	2,00	2,00	1,00	26,67	18,93	56,00	18,93	17,32	692,60	195,83	9,46	0,38	3,57	614,23	810,06	270,02
45,8		28,5	28,5	L	28,5	2,00	2,00	1,00	26,82	19,22	57,00	19,22	17,31	692,51	195,80	9,61	0,38	3,62	617,85	813,65	271,22
46	29		29	L	29	2,00	2,00	1,00	26,97	19,51	58,00	19,51	17,33	693,22	196,00	9,75	0,38	3,68	621,53	817,53	272,51
46,2		28,7	28,7	L	28,7	2,00	2,00	1,00	27,12	19,26	57,40	19,26	17,37	694,74	196,43	9,63	0,38	3,63	625,16	821,59	273,86
46,4		28,4	28,4	L	28,4	2,00	2,00	1,00	27,27	19,01	56,80	19,01	17,43	697,06	197,09	9,50	0,38	3,58	628,74	825,83	275,28
46,6		28,1	28,1	L	28,1	2,00	2,00	1,00	27,42	18,76	56,20	18,76	17,50	700,17	197,97	9,38	0,38	3,54	632,28	830,24	276,75
46,8		27,8	27,8	L	27,8	2,00	2,00	1,00	27,57	18,51	55,60	18,51	17,60	704,08	199,07	9,26	0,38	3,49	635,77	834,84	278,28
47		27,5	27,5	L	27,5	2,00	2,00	1,00	27,72	18,27	55,00	18,27	17,72	708,78	200,40	9,13	0,38	3,44	639,21	839,61	279,87



47,2		27,2	27,2	L	27,2	2,00	2,00	1,00	27,87	18,02	54,40	18,02	17,85	713,80	201,82	9,01	0,38	3,40	642,61	844,43	281,48
47,4		26,9	26,9	L	26,9	2,00	2,00	1,00	28,02	17,78	53,80	17,78	17,98	719,15	203,34	8,89	0,38	3,35	645,96	849,29	283,10
47,6		26,6	26,6	L	26,6	2,00	2,00	1,00	28,17	17,54	53,20	17,54	18,12	724,83	204,94	8,77	0,38	3,31	649,26	854,20	284,73
47,8		26,3	26,3	L	26,3	2,00	2,00	1,00	28,32	17,30	52,60	17,30	18,18	727,20	205,61	8,65	0,38	3,26	652,52	858,14	286,05
48	26		26	L	26	2,00	2,00	1,00	28,47	17,06	52,00	17,06	18,24	729,61	206,29	8,53	0,38	3,22	655,74	862,03	287,34
48,2		26,7	26,7	L	26,7	2,00	2,00	1,00	28,62	17,47	53,40	17,47	18,30	732,04	206,98	8,74	0,38	3,29	659,03	866,01	288,67
48,4		27,4	27,4	L	27,4	2,00	2,00	1,00	28,77	17,89	54,80	17,89	18,36	734,49	207,67	8,94	0,38	3,37	662,40	870,08	290,03
48,6		28,1	28,1	L	28,1	2,00	2,00	1,00	28,92	18,30	56,20	18,30	18,42	736,98	208,38	9,15	0,38	3,45	665,85	874,23	291,41
48,8		28,8	28,8	L	28,8	2,00	2,00	1,00	29,07	18,71	57,60	18,71	18,49	739,51	209,09	9,36	0,38	3,53	669,38	878,47	292,82
49		29,5	29,5	L	29,5	2,00	2,00	1,00	29,22	19,12	59,00	19,12	18,55	742,08	209,82	9,56	0,38	3,60	672,98	882,80	294,27
49,2		30,2	30,2	L	30,2	2,00	2,00	1,00	29,37	19,53	60,40	19,53	18,61	744,41	210,48	9,76	0,38	3,68	676,66	887,14	295,71
49,4		30,9	30,9	L	30,9	2,00	2,00	1,00	29,52	19,93	61,80	19,93	18,66	746,48	211,06	9,96	0,38	3,76	680,42	891,48	297,16
49,6		31,6	31,6	L	31,6	2,00	2,00	1,00	29,67	20,33	63,20	20,33	18,71	748,26	211,57	10,17	0,38	3,83	684,25	895,82	298,61
49,8		32,3	32,3	L	32,3	2,00	2,00	1,00	29,82	20,73	64,60	20,73	18,74	749,73	211,98	10,37	0,38	3,91	688,16	900,14	300,05
50	33		33	L	33	2,00	2,00	1,00	29,97	21,13	66,00	21,13	18,77	750,83	212,29	10,57	0,38	3,98	692,14	904,44	301,48

## - Luciano De Court

Depth	N borlog	Nregresi linear	N	L/P	Jenis Tanah	N1	yt	ysat	γ'	Po'	N2	2N1	N2 pakai	Np	K	Qp	Ns	As	ΣAs	Qs	Qult = Qujunc +γCll,Asi	Qijin = Qu/SF (t)	
0																							
1																							
2	12		12	L	Timbunan	12	1,53	1,53	0,53	1,06	33,71	24	24	11,31	40	127,89	24	1,88	1,88	16,96	144,85	48,28	
2,2		10,9	10,9	L	Timbunan	10,9	1,53	1,53	0,53	1,25	29,10	21,8	21,8	10,64	40	120,37	22,9	0,38	2,26	19,53	139,90	46,63	
2,4		9,8	9,8	L	Timbunan	9,8	1,53	1,53	0,53	1,33	25,62	19,6	19,6	10,07	40	113,85	21,8	0,38	2,64	21,82	135,67	45,22	
2,6		8,7	8,7	L	Lempung Berpasir	8,7	1,53	1,53	0,53	1,40	22,28	17,4	17,4	9,56	24	64,89	20,7	0,38	3,02	23,83	88,72	29,57	
2,8		7,6	7,6	L	Lempung Berpasir	7,6	1,53	1,53	0,53	1,48	19,08	15,2	15,2	9,12	24	61,87	19,6	0,38	3,39	25,56	87,43	29,14	
3		6,5	6,5	L	Lempung Berpasir	6,5	1,53	1,53	0,53	1,56	16,00	13	13	8,72	24	59,18	18,5	0,38	3,77	27,02	86,20	28,73	
3,2		5,4	5,4	L	Lempung Berpasir	5,4	1,53	1,53	0,53	1,64	13,03	10,8	10,8	8,37	24	56,77	17,4	0,38	4,15	28,20	84,97	28,32	
3,4		4,3	4,3	L	Lempung Berpasir	4,3	1,53	1,53	0,53	1,72	10,18	8,6	8,6	8,04	24	54,58	16,3	0,38	4,52	29,10	83,69	27,90	
3,6		3,2	3,2	L	Lempung Berpasir	3,2	1,53	1,53	0,53	1,80	7,44	6,4	6,4	7,75	24	52,59	15,2	0,38	4,90	29,73	82,33	27,44	
3,8		2,1	2,1	L	Lempung Berpasir	2,1	1,53	1,53	0,53	1,88	4,79	4,2	4,2	7,48	24	50,78	14,1	0,38	5,28	30,08	80,86	26,95	
4	1		1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	1,96	2,24	2	2	7,24	24	49,11	13	0,38	5,65	30,16	79,27	26,42	
4,2		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,04	2,20	2	2	7,01	24	47,57	12,08	0,38	6,03	30,33	77,90	25,97	
4,4		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,12	2,16	2	2	6,80	24	46,15	11,31	0,38	6,41	30,57	76,71	25,57	
4,6		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,20	2,13	2	2	5,91	24	40,10	10,64	0,38	6,79	30,86	70,96	23,65	
4,8		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,28	2,09	2	2	5,11	24	34,65	10,07	0,38	7,16	31,20	65,85	21,95	
5		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,36	2,06	2	2	4,39	24	29,79	9,56	0,38	7,54	31,57	61,36	20,45	
5,2		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,44	2,03	2	2	3,76	24	25,51	9,12	0,38	7,92	31,98	57,49	19,16	
5,4		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,52	1,99	2	1,99	3,22	24	21,83	8,37	0,38	8,29	32,41	54,24	18,08	
5,6		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,61	1,96	2	1,96	2,76	12	9,37	8,37	0,38	8,67	32,85	42,22	14,07	
5,8		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,70	1,92	2	1,92	2,41	12	8,16	8,04	0,38	9,05	33,31	41,47	13,82	
6	1		1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,79	1,89	2	1,89	2,15	12	7,29	7,75	0,38	9,42	33,77	41,06	13,69	

6,2		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,88	1,86	2	1,86	1,99	12	6,76	7,48	0,38	9,80	34,25	41,01	13,67
6,4		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,98	1,83	2	1,83	1,93	12	6,56	7,24	0,38	10,18	34,73	41,29	13,76
6,6		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,07	1,80	2	1,80	1,97	12	6,69	7,01	0,38	10,56	35,22	41,91	13,97
6,8		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,16	1,77	2	1,77	2,02	12	6,86	6,80	0,38	10,93	35,71	42,57	14,19
7		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,26	1,74	2	1,74	2,08	12	7,06	6,61	0,38	11,31	36,21	43,27	14,42
7,2		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,35	1,71	2	1,71	2,15	12	7,30	6,42	0,38	11,69	36,71	44,01	14,67
7,4		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,44	1,68	2	1,68	2,23	12	7,56	6,25	0,38	12,06	37,22	44,78	14,93
7,6		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,54	1,66	2	1,66	2,32	12	7,86	6,10	0,38	12,44	37,72	45,58	15,19
7,8		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,63	1,63	2	1,63	2,50	12	8,47	5,95	0,38	12,82	38,23	46,70	15,57
8	1		1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,72	1,61	2	1,61	2,77	12	9,38	5,81	0,38	13,19	38,74	48,12	16,04
8,2		1,2	1,2	L	Lempung	1,2	1,62	1,62	0,62	3,82	1,90	2,4	1,90	3,12	12	10,60	5,69	0,38	13,57	39,29	49,89	16,63
8,4		1,4	1,4	L	Lempung	1,4	1,62	1,62	0,62	3,91	2,18	2,8	2,18	3,57	12	12,10	5,58	0,38	13,95	39,89	51,99	17,33
8,6		1,6	1,6	L	Lempung	1,6	1,62	1,62	0,62	4,00	2,46	3,2	2,46	4,10	12	13,90	5,49	0,38	14,33	40,53	54,43	18,14
8,8		1,8	1,8	L	Lempung	1,8	1,62	1,62	0,62	4,09	2,73	3,6	2,73	4,71	12	15,97	5,41	0,38	14,70	41,21	57,18	19,06
9		2	2	L	Lempung	2	1,62	1,62	0,62	4,19	2,99	4	2,99	5,40	12	18,31	5,34	0,38	15,08	41,93	60,24	20,08
9,2		2,2	2,2	L	Lempung	2,2	1,62	1,62	0,62	4,28	3,24	4,4	3,24	6,17	12	20,92	5,28	0,38	15,46	42,69	63,61	21,20
9,4		2,4	2,4	L	Lempung	2,4	1,62	1,62	0,62	4,37	3,49	4,8	3,49	7,01	12	23,79	5,24	0,38	15,83	43,48	67,27	22,42
9,6		2,6	2,6	L	Lempung	2,6	1,62	1,62	0,62	4,47	3,73	5,2	3,73	7,93	12	26,91	5,20	0,38	16,21	44,30	71,21	23,74
9,8		2,8	2,8	L	Lempung	2,8	1,62	1,62	0,62	4,56	3,97	5,6	3,97	8,81	12	29,89	5,17	0,38	16,59	45,16	75,06	25,02
10	3		3	L	Lempung	3	1,62	1,62	0,62	4,65	4,19	6	4,19	9,65	12	32,74	5,14	0,38	16,96	46,06	78,79	26,26
10,2		4,7	4,7	L	Lanau Berlempung Berpasir	4,7	1,62	1,62	0,62	4,75	6,49	9,4	6,49	10,45	22,5	66,47	5,18	0,38	17,34	47,27	81,73	37,91
10,4		6,4	6,4	L	Lanau Berlempung Berpasir	6,4	1,62	1,62	0,62	4,84	8,72	12,8	8,72	11,21	22,5	71,31	5,26	0,38	17,72	48,78	120,09	40,03
10,6		8,1	8,1	L	Lanau Berlempung Berpasir	8,1	1,62	1,62	0,62	4,93	10,90	16,2	10,90	11,93	22,5	75,92	5,39	0,38	18,10	50,59	126,51	42,17
10,8		9,8	9,8	L	Lanau Berlempung Berpasir	9,8	1,62	1,62	0,62	5,02	13,02	19,6	13,02	12,61	22,5	80,22	5,56	0,38	18,47	52,69	132,91	44,30
11		11,5	11,5	L	Lanau Berlempung Berpasir	11,5	1,62	1,62	0,62	5,12	15,10	23	15,10	13,24	22,5	84,22	5,76	0,38	18,85	55,07	139,29	46,43
11,2		13,2	13,2	L	Lanau Berlempung Berpasir	13,2	1,62	1,62	0,62	5,21	17,12	26,4	17,12	13,82	22,5	87,92	6,01	0,38	19,23	57,72	145,64	48,55
11,4		14,9	14,9	L	Lanau Berlempung Berpasir	14,9	1,62	1,62	0,62	5,30	19,10	29,8	19,10	14,36	22,5	91,34	6,28	0,38	19,60	60,63	151,97	50,66
11,6		16,6	16,6	L	Lanau Berlempung Berpasir	16,6	1,62	1,62	0,62	5,40	21,02	33,2	21,02	14,85	22,5	94,47	6,58	0,38	19,98	63,80	158,28	52,76
11,8		18,3	18,3	L	Lanau Berlempung Berpasir	18,3	1,62	1,62	0,62	5,49	22,91	36,6	22,91	15,33	22,5	97,55	6,91	0,38	20,36	67,22	164,78	54,93
12	20		20	L	Lanau Berlempung Berpasir	20	1,70	1,70	0,70	5,59	24,72	40	24,72	15,81	22,5	100,58	7,26	0,38	20,73	70,88	171,46	57,15

12,2		19,4	19,4	L	Lanau Berlempung Berpasir	19,4	1,70	1,70	0,70	5,70	23,67	38,8	23,67	16,28	22,5	103,56	7,57	0,38	21,11	74,39	177,95	59,32
12,4		18,8	18,8	L	Lanau Berlempung Berpasir	18,8	1,70	1,70	0,70	5,80	22,65	37,6	22,65	16,74	22,5	106,49	7,86	0,38	21,49	77,76	184,24	61,41
12,6		18,2	18,2	L	Lanau Berlempung Berpasir	18,2	1,70	1,70	0,70	5,91	21,65	36,4	21,65	17,19	22,5	109,36	8,11	0,38	21,87	80,98	190,35	63,45
12,8		17,6	17,6	L	Lanau Berlempung Berpasir	17,6	1,70	1,70	0,70	6,01	20,68	35,2	20,68	17,55	22,5	111,67	8,34	0,38	22,24	84,07	195,74	65,25
13		17	17	L	Lanau Berlempung Berpasir	17	1,70	1,70	0,70	6,12	19,73	34	19,73	17,83	22,5	113,41	8,54	0,38	22,62	87,03	200,44	66,81
13,2		16,4	16,4	L	Lempung	16,4	1,70	1,70	0,70	6,22	18,80	32,8	18,80	18,02	12	61,13	8,72	0,38	23,00	89,86	150,99	50,33
13,4		15,8	15,8	L	Lempung	15,8	1,70	1,70	0,70	6,33	17,90	31,6	17,90	18,13	12	61,50	8,88	0,38	23,37	92,57	154,06	51,35
13,6		15,2	15,2	L	Lempung	15,2	1,70	1,70	0,70	6,43	17,01	30,4	17,01	18,16	12	61,61	9,02	0,38	23,75	95,15	156,76	52,25
13,8		14,6	14,6	L	Lempung	14,6	1,70	1,70	0,70	6,54	16,15	29,2	16,15	18,11	12	61,44	9,14	0,38	24,13	97,62	159,06	53,02
14	14		14	L	Lempung	14	1,70	1,70	0,70	6,65	15,31	28	15,31	17,98	12	61,00	9,24	0,38	24,50	99,97	160,97	53,66
14,2		14,2	14,2	L	Lempung	14,2	1,70	1,70	0,70	6,75	15,35	28,4	15,35	17,77	12	60,29	9,34	0,38	24,88	102,32	162,61	54,20
14,4		14,4	14,4	L	Lempung	14,4	1,70	1,70	0,70	6,86	15,39	28,8	15,39	17,48	12	59,32	9,43	0,38	25,26	104,68	164,00	54,67
14,6		14,6	14,6	L	Lempung	14,6	1,70	1,70	0,70	6,96	15,43	29,2	15,43	17,12	12	58,10	9,53	0,38	25,64	107,04	165,14	55,05
14,8		14,8	14,8	L	Lempung	14,8	1,70	1,70	0,70	7,07	15,47	29,6	15,47	16,80	12	57,01	9,62	0,38	26,01	109,41	166,42	55,47
15		15	15	L	Lempung	15	1,70	1,70	0,70	7,17	15,51	30	15,51	16,52	12	56,06	9,71	0,38	26,39	111,78	167,84	55,95
15,2		15,2	15,2	L	Lempung	15,2	1,70	1,70	0,70	7,28	15,54	30,4	15,54	16,28	12	55,24	9,79	0,38	26,77	114,16	169,39	56,46
15,4		15,4	15,4	L	Lempung	15,4	1,70	1,70	0,70	7,38	15,58	30,8	15,58	16,08	12	54,54	9,88	0,38	27,14	116,53	171,08	57,03
15,6		15,6	15,6	L	Lempung	15,6	1,70	1,70	0,70	7,49	15,62	31,2	15,62	15,91	12	53,97	9,96	0,38	27,52	118,91	172,88	57,63
15,8		15,8	15,8	L	Lempung	15,8	1,70	1,70	0,70	7,60	15,76	31,6	15,76	15,78	12	53,54	10,05	0,38	27,90	121,31	174,86	58,29
16	16		16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	7,70	15,92	32	15,92	15,70	12	53,26	10,13	0,38	28,27	123,73	177,00	59,00
16,2		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	7,81	15,88	32	15,88	15,66	12	53,12	10,21	0,38	28,65	126,15	179,27	59,76
16,4		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	7,91	15,84	32	15,84	15,66	12	53,12	10,29	0,38	29,03	128,55	181,67	60,56
16,6		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,02	15,80	32	15,80	15,69	12	53,25	10,36	0,38	29,41	130,95	184,20	61,40
16,8		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,12	15,75	32	15,75	15,74	12	53,40	10,43	0,38	29,78	133,34	186,74	62,25
17		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,23	15,71	32	15,71	15,78	12	53,56	10,50	0,38	30,16	135,73	189,29	63,10
17,2		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,33	15,67	32	15,67	15,84	12	53,73	10,57	0,38	30,54	138,11	191,84	63,95
17,4		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,44	15,63	32	15,63	15,89	12	53,92	10,63	0,38	30,91	140,48	194,41	64,80
17,6		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,55	15,59	32	15,59	15,95	12	54,13	10,70	0,38	31,29	142,85	196,98	65,66
17,8		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,65	15,55	32	15,55	16,01	12	54,33	10,76	0,38	31,67	145,21	199,55	66,52
18	16		16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,70	8,76	15,51	32	15,51	16,08	12	54,54	10,82	0,38	32,04	147,57	202,11	67,37

18,2		16,2	16,2	L	Lempung	16,2	1,70	1,70	0,70	8,86	15,67	32,4	15,67	16,14	12	54,75	10,87	0,38	32,42	149,95	204,70	68,23
18,4		16,4	16,4	L	Lempung	16,4	1,70	1,70	0,70	8,97	15,82	32,8	15,82	16,20	12	54,95	10,93	0,38	32,80	152,34	207,29	69,10
18,6		16,6	16,6	L	Lempung	16,6	1,70	1,70	0,70	9,07	15,97	33,2	15,97	16,25	12	55,14	10,99	0,38	33,18	154,75	209,89	69,96
18,8		16,8	16,8	L	Lempung	16,8	1,70	1,70	0,70	9,18	16,12	33,6	16,12	16,31	12	55,33	11,05	0,38	33,55	157,19	212,52	70,84
19		17	17	L	Lempung	17	1,70	1,70	0,70	9,28	16,27	34	16,27	16,37	12	55,54	11,12	0,38	33,93	159,64	215,18	71,73
19,2		17,2	17,2	L	Lempung	17,2	1,70	1,70	0,70	9,39	16,42	34,4	16,42	16,44	12	55,76	11,18	0,38	34,31	162,11	217,88	72,63
19,4		17,4	17,4	L	Lempung	17,4	1,70	1,70	0,70	9,50	16,57	34,8	16,57	16,50	12	56,00	11,24	0,38	34,68	164,60	220,60	73,53
19,6		17,6	17,6	L	Lempung	17,6	1,70	1,70	0,70	9,60	16,72	35,2	16,72	16,58	12	56,24	11,30	0,38	35,06	167,11	223,36	74,45
19,8		17,8	17,8	L	Lempung	17,8	1,70	1,70	0,70	9,71	16,87	35,6	16,87	16,65	12	56,48	11,36	0,38	35,44	169,64	226,12	75,37
20	18		18	L	Lempung	18	1,70	1,70	0,70	9,81	17,02	36	17,02	16,71	12	56,70	11,42	0,38	35,81	172,19	228,89	76,30
20,2		18,1	18,1	L	Lempung	18,1	1,70	1,70	0,70	9,92	17,07	36,2	17,07	16,77	12	56,91	11,48	0,38	36,19	174,74	231,65	77,22
20,4		18,2	18,2	L	Lempung	18,2	1,70	1,70	0,70	10,02	17,12	36,4	17,12	16,83	12	57,10	11,55	0,38	36,57	177,30	234,40	78,13
20,6		18,3	18,3	L	Lempung	18,3	1,69	1,69	0,69	10,13	17,17	36,6	17,17	16,88	12	57,29	11,61	0,38	36,95	179,86	237,15	79,05
20,8		18,4	18,4	L	Lempung	18,4	1,69	1,69	0,69	10,23	17,22	36,8	17,22	16,93	12	57,43	11,66	0,38	37,32	182,43	239,87	79,96
21		18,5	18,5	L	Lempung	18,5	1,69	1,69	0,69	10,34	17,28	37	17,28	16,96	12	57,54	11,72	0,38	37,70	185,01	242,55	80,85
21,2		18,6	18,6	L	Lempung	18,6	1,69	1,69	0,69	10,44	17,33	37,2	17,33	16,98	12	57,61	11,78	0,38	38,08	187,59	245,20	81,73
21,4		18,7	18,7	L	Lempung	18,7	1,69	1,69	0,69	10,54	17,38	37,4	17,38	16,99	12	57,64	11,84	0,38	38,45	190,18	247,82	82,61
21,6		18,8	18,8	L	Lempung	18,8	1,69	1,69	0,69	10,65	17,43	37,6	17,43	16,99	12	57,63	11,89	0,38	38,83	192,78	250,41	83,47
21,8		18,9	18,9	L	Lempung	18,9	1,69	1,69	0,69	10,75	17,48	37,8	17,48	16,96	12	57,56	11,95	0,38	39,21	195,38	252,94	84,31
22	19		19	L	Lempung	19	1,69	1,69	0,69	10,86	17,53	38	17,53	16,93	12	57,43	12,01	0,38	39,58	197,99	255,42	85,14
22,2		18,9	18,9	L	Lempung	18,9	1,69	1,69	0,69	10,96	17,40	37,8	17,40	16,87	12	57,24	12,06	0,38	39,96	200,58	257,81	85,94
22,4		18,8	18,8	L	Lempung	18,8	1,69	1,69	0,69	11,06	17,26	37,6	17,26	16,79	12	56,98	12,11	0,38	40,34	203,15	260,13	86,71
22,6		18,7	18,7	L	Lempung Berfanau	18,7	1,69	1,69	0,69	11,17	17,13	37,4	17,13	16,70	20	94,44	12,16	0,38	40,72	205,70	300,15	100,05
22,8		18,6	18,6	L	Lempung Berfanau	18,6	1,69	1,69	0,69	11,27	17,00	37,2	17,00	16,59	20	93,84	12,20	0,38	41,09	208,24	302,08	100,69
23		18,5	18,5	L	Lempung Berfanau	18,5	1,69	1,69	0,69	11,38	16,87	37	16,87	16,47	20	93,16	12,25	0,38	41,47	210,76	303,91	101,30
23,2		18,4	18,4	L	Lempung Berfanau	18,4	1,69	1,69	0,69	11,48	16,74	36,8	16,74	16,34	20	92,39	12,29	0,38	41,85	213,26	305,65	101,88
23,4		18,3	18,3	L	Lempung Berfanau	18,3	1,69	1,69	0,69	11,58	16,60	36,6	16,60	16,19	20	91,55	12,33	0,38	42,22	215,74	307,29	102,43
23,6		18,2	18,2	L	Lempung Berfanau	18,2	1,69	1,69	0,69	11,69	16,48	36,4	16,48	16,03	20	90,63	12,37	0,38	42,60	218,21	308,84	102,95
23,8		18,1	18,1	L	Lempung Berfanau	18,1	1,69	1,69	0,69	11,79	16,35	36,2	16,35	15,86	20	89,69	12,40	0,38	42,98	220,66	310,35	103,45
24	18		18	L	Lempung Berfanau	18	1,69	1,69	0,69	11,90	16,22	36	16,22	15,69	20	88,73	12,44	0,38	43,35	223,09	311,82	103,94

24,2		17,7	17,7	L	Lempung Berlanau	17,7	1,69	1,69	0,69	12,00	15,91	35,4	15,91	15,52	20	87,75	12,47	0,38	43,73	225,48	313,24	104,41
24,4		17,4	17,4	L	Lempung Berlanau	17,4	1,69	1,69	0,69	12,10	15,60	34,8	15,60	15,34	20	86,76	12,50	0,38	44,11	227,83	314,59	104,86
24,6		17,1	17,1	L	Lempung	17,1	1,69	1,69	0,69	12,21	15,30	34,2	15,30	15,16	12	51,45	12,52	0,38	44,48	230,15	281,59	93,86
24,8		16,8	16,8	L	Lempung	16,8	1,69	1,69	0,69	12,31	15,00	33,6	15,00	14,99	12	50,85	12,54	0,38	44,86	232,42	283,27	94,42
25		16,5	16,5	L	Lempung	16,5	1,69	1,69	0,69	12,41	14,69	33	14,69	14,82	12	50,27	12,56	0,38	45,24	234,65	284,93	94,98
25,2		16,2	16,2	L	Lempung	16,2	1,69	1,69	0,69	12,52	14,39	32,4	14,39	14,65	12	49,71	12,58	0,38	45,62	236,85	286,55	95,52
25,4		15,9	15,9	L	Lempung	15,9	1,69	1,69	0,69	12,62	14,09	31,8	14,09	14,49	12	49,16	12,59	0,38	45,99	239,00	288,16	96,05
25,6		15,6	15,6	L	Lempung	15,6	1,71	1,71	0,71	12,73	13,80	31,2	13,80	14,33	12	48,62	12,60	0,38	46,37	241,12	289,73	96,58
25,8		15,3	15,3	L	Lempung	15,3	1,71	1,71	0,71	12,83	13,50	30,6	13,50	14,17	12	48,09	12,61	0,38	46,75	243,19	291,29	97,10
26	15		15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	12,94	13,20	30	13,20	14,02	12	47,58	12,61	0,38	47,12	245,23	292,82	97,61
26,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,05	13,17	30	13,17	13,88	12	47,09	12,62	0,38	47,50	247,27	294,35	98,12
26,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,15	13,14	30	13,14	13,74	12	46,60	12,62	0,38	47,88	249,30	295,90	98,63
26,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,26	13,11	30	13,11	13,60	12	46,13	12,62	0,38	48,25	251,32	297,46	99,15
26,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,37	13,08	30	13,08	13,47	12	45,70	12,63	0,38	48,63	253,35	299,05	99,68
27		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,47	13,05	30	13,05	13,35	12	45,31	12,63	0,38	49,01	255,37	300,67	100,22
27,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,58	13,02	30	13,02	13,25	12	44,95	12,63	0,38	49,39	257,38	302,33	100,78
27,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,69	12,99	30	12,99	13,15	12	44,63	12,64	0,38	49,76	259,39	304,02	101,34
27,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,79	12,96	30	12,96	13,07	12	44,35	12,64	0,38	50,14	261,40	305,75	101,92
27,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,90	12,93	30	12,93	13,03	12	44,19	12,64	0,38	50,52	263,40	307,59	102,53
28	15		15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,01	12,90	30	12,90	13,02	12	44,17	12,64	0,38	50,89	265,40	309,57	103,19
28,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,11	12,87	30	12,87	13,05	12	44,27	12,65	0,38	51,27	267,40	311,66	103,89
28,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,22	12,84	30	12,84	13,11	12	44,49	12,65	0,38	51,65	269,39	313,88	104,63
28,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,33	12,81	30	12,81	13,21	12	44,84	12,65	0,38	52,02	271,37	316,21	105,40
28,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,43	12,78	30	12,78	13,34	12	45,27	12,65	0,38	52,40	273,36	318,63	106,21
29		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,54	12,76	30	12,76	13,50	12	45,79	12,65	0,38	52,78	275,34	321,13	107,04
29,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,65	12,73	30	12,73	13,68	12	46,40	12,65	0,38	53,16	277,32	323,71	107,90
29,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,75	12,70	30	12,70	13,88	12	47,09	12,65	0,38	53,53	279,29	326,38	108,79
29,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,86	12,67	30	12,67	14,11	12	47,87	12,65	0,38	53,91	281,26	329,13	109,71
29,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,96	12,64	30	12,64	14,35	12	48,69	12,65	0,38	54,29	283,22	331,91	110,64
30	15		15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	15,07	12,61	30	12,61	14,60	12	49,55	12,65	0,38	54,66	285,18	334,73	111,58

30,2		15,8	15,8	L	Lempung	15,8	1,71	1,71	0,71	15,18	13,26	31,6	13,26	14,87	12	50,45	12,66	0,38	55,04	287,23	337,68	112,56
30,4		16,6	16,6	L	Lempung	16,6	1,71	1,71	0,71	15,28	13,90	33,2	13,90	15,15	12	51,39	12,66	0,38	55,42	289,36	340,74	113,58
30,6		17,4	17,4	L	Lempung	17,4	2,00	2,00	1	15,42	14,52	34,8	14,52	15,43	12	52,37	12,68	0,38	55,79	291,57	343,93	114,64
30,8		18,2	18,2	L	Lempung	18,2	2,00	2,00	1	15,57	15,14	36,4	15,14	15,73	12	53,38	12,69	0,38	56,17	293,85	347,24	115,75
31		19	19	L	Lempung	19	2,00	2,00	1	15,72	15,76	38	15,76	16,05	12	54,44	12,72	0,38	56,55	296,22	350,66	116,89
31,2		19,8	19,8	L	Lempung	19,8	2,00	2,00	1	15,87	16,37	39,6	16,37	16,37	12	55,54	12,74	0,38	56,93	298,67	354,21	118,07
31,4		20,6	20,6	L	Lempung	20,6	2,00	2,00	1	16,02	16,98	41,2	16,98	16,70	12	56,67	12,77	0,38	57,30	301,20	357,87	119,29
31,6		21,4	21,4	L	Lempung	21,4	2,00	2,00	1	16,17	17,59	42,8	17,59	17,05	12	57,85	12,80	0,38	57,68	303,80	361,64	120,55
31,8		22,2	22,2	L	Lempung	22,2	2,00	2,00	1	16,32	18,19	44,4	18,19	17,37	12	58,94	12,84	0,38	58,06	306,48	365,42	121,81
32	23		23	L	Lempung	23	2,00	2,00	1	16,47	18,79	46	18,79	17,67	12	59,95	12,88	0,38	58,43	309,24	369,19	123,06
32,2		23,4	23,4	L	Lempung	23,4	2,00	2,00	1	16,62	19,06	46,8	19,06	17,95	12	60,89	12,92	0,38	58,81	312,03	372,92	124,31
32,4		23,8	23,8	L	Lempung	23,8	2,00	2,00	1	16,77	19,32	47,6	19,32	18,20	12	61,74	12,96	0,38	59,19	314,86	376,60	125,53
32,6		24,2	24,2	L	Lempung	24,2	2,00	2,00	1	16,92	19,59	48,4	19,59	18,43	12	62,52	13,00	0,38	59,56	317,72	380,24	126,75
32,8		24,6	24,6	L	Lempung	24,6	2,00	2,00	1	17,07	19,85	49,2	19,85	18,61	12	63,13	13,05	0,38	59,94	320,61	383,74	127,91
33		25	25	L	Lempung	25	2,00	2,00	1	17,22	20,11	50	20,11	18,74	12	63,58	13,09	0,38	60,32	323,54	387,11	129,04
33,2		25,4	25,4	L	Lempung	25,4	2,00	2,00	1	17,37	20,37	50,8	20,37	18,82	12	63,85	13,14	0,38	60,70	326,50	390,35	130,12
33,4		25,8	25,8	L	Lempung	25,8	2,00	2,00	1	17,52	20,63	51,6	20,63	18,85	12	63,97	13,19	0,38	61,07	329,49	393,46	131,15
33,6		26,2	26,2	L	Lempung	26,2	2,00	2,00	1	17,67	20,89	52,4	20,89	18,84	12	63,92	13,23	0,38	61,45	332,52	396,43	132,14
33,8		26,6	26,6	L	Lempung	26,6	2,00	2,00	1	17,82	21,14	53,2	21,14	18,82	12	63,86	13,28	0,38	61,83	335,58	399,44	133,15
34	27		27	L	Lempung	27	2,00	2,00	1	17,97	21,40	54	21,40	18,80	12	63,80	13,33	0,38	62,20	338,67	402,47	134,16
34,2		26,3	26,3	L	Lempung	26,3	2,00	2,00	1	18,12	20,78	52,6	20,78	18,78	12	63,73	13,38	0,38	62,58	341,68	405,41	135,14
34,4		25,6	25,6	L	Lempung	25,6	2,00	2,00	1	18,27	20,17	51,2	20,17	18,76	12	63,66	13,42	0,38	62,96	344,61	408,27	136,09
34,6		24,9	24,9	L	Lempung	24,9	2,00	2,00	1	18,42	19,56	49,8	19,56	18,74	12	63,58	13,46	0,38	63,33	347,47	411,05	137,02
34,8		24,2	24,2	L	Lempung	24,2	2,00	2,00	1	18,57	18,95	48,4	18,95	18,73	12	63,54	13,49	0,38	63,71	350,24	413,78	137,93
35		23,5	23,5	L	Lempung	23,5	2,00	2,00	1	18,72	18,35	47	18,35	18,73	12	63,54	13,52	0,38	64,09	352,94	416,48	138,83
35,2		22,8	22,8	L	Lempung	22,8	2,00	2,00	1	18,87	17,75	45,6	17,75	18,74	12	63,58	13,55	0,38	64,47	355,56	419,14	139,71
35,4		22,1	22,1	L	Lempung	22,1	2,00	2,00	1	19,02	17,16	44,2	17,16	18,76	12	63,65	13,57	0,38	64,84	358,10	421,76	140,59
35,6		21,4	21,4	L	Lempung	21,4	2,00	2,00	1	19,17	16,57	42,8	16,57	18,79	12	63,77	13,59	0,38	65,22	360,57	424,34	141,45
35,8		20,7	20,7	L	Lempung	20,7	2,00	2,00	1	19,32	15,98	41,4	15,98	18,81	12	63,82	13,60	0,38	65,60	362,96	426,78	142,26
36	20		20	L	Lempung	20	2,00	2,00	1	19,47	15,39	40	15,39	18,80	12	63,80	13,61	0,38	65,97	365,28	429,08	143,03

36,2		20,8	20,8	L	Lempung	20,8	2,00	2,00	1	19,62	15,96	41,6	15,96	18,78	12	63,73	13,62	0,38	66,35	367,67	431,40	143,80
36,4		21,6	21,6	L	Lempung	21,6	2,00	2,00	1	19,77	16,53	43,2	16,53	18,74	12	63,59	13,64	0,38	66,73	370,13	433,72	144,57
36,6		22,4	22,4	L	Lempung	22,4	2,00	2,00	1	19,92	17,09	44,8	17,09	18,68	12	63,39	13,66	0,38	67,10	372,67	436,05	145,35
36,8		23,2	23,2	L	Lempung	23,2	2,00	2,00	1	20,07	17,65	46,4	17,65	18,64	12	63,24	13,68	0,38	67,48	375,27	438,52	146,17
37		24	24	L	Lempung	24	2,00	2,00	1	20,22	18,21	48	18,21	18,61	12	63,15	13,71	0,38	67,86	377,95	441,11	147,04
37,2		24,8	24,8	L	Lempung	24,8	2,00	2,00	1	20,37	18,76	49,6	18,76	18,60	12	63,12	13,74	0,38	68,24	380,70	443,82	147,94
37,4		25,6	25,6	L	Lempung	25,6	2,00	2,00	1	20,52	19,31	51,2	19,31	18,61	12	63,14	13,77	0,38	68,61	383,52	446,66	148,89
37,6		26,4	26,4	L	Lempung	26,4	2,00	2,00	1	20,67	19,86	52,8	19,86	18,63	12	63,22	13,80	0,38	68,99	386,41	449,63	149,88
37,8		27,2	27,2	L	Lempung	27,2	2,00	2,00	1	20,82	20,41	54,4	20,41	18,67	12	63,33	13,84	0,38	69,37	389,37	452,70	150,90
38	28	28	28	L	Lempung	28	2,00	2,00	1	20,97	20,95	56	20,95	18,71	12	63,48	13,88	0,38	69,74	392,40	455,88	151,96
38,2		27,8	27,8	L	Lempung	27,8	2,00	2,00	1	21,12	20,74	55,6	20,74	18,76	12	63,66	13,92	0,38	70,12	395,40	459,06	153,02
38,4		27,6	27,6	L	Lempung	27,6	2,00	2,00	1	21,27	20,53	55,2	20,53	18,83	12	63,87	13,95	0,38	70,50	398,38	462,25	154,08
38,6		27,4	27,4	L	Lempung	27,4	2,00	2,00	1	21,42	20,33	54,8	20,33	18,90	12	64,12	13,99	0,38	70,87	401,33	465,45	155,15
38,8		27,2	27,2	L	Lempung	27,2	2,00	2,00	1	21,57	20,12	54,4	20,12	18,94	12	64,25	14,02	0,38	71,25	404,25	468,50	156,17
39		27	27	L	Lempung	27	2,00	2,00	1	21,72	19,92	54	19,92	18,94	12	64,25	14,05	0,38	71,63	407,14	471,40	157,13
39,2		26,8	26,8	L	Lempung	26,8	2,00	2,00	1	21,87	19,72	53,6	19,72	18,90	12	64,14	14,08	0,38	72,01	410,01	474,15	158,05
39,4		26,6	26,6	L	Lempung	26,6	2,00	2,00	1	22,02	19,52	53,2	19,52	18,83	12	63,90	14,11	0,38	72,38	412,86	476,76	158,92
39,6		26,4	26,4	L	Lempung	26,4	2,00	2,00	1	22,17	19,32	52,8	19,32	18,73	12	63,54	14,14	0,38	72,76	415,68	479,22	159,74
39,8		26,2	26,2	L	Lempung	26,2	2,00	2,00	1	22,32	19,12	52,4	19,12	18,61	12	63,13	14,17	0,38	73,14	418,47	481,60	160,53
40	26	26	26	L	Lempung	26	2,00	2,00	1	22,47	18,92	52	18,92	18,46	12	62,65	14,19	0,38	73,51	421,24	483,88	161,29
40,2		25,6	25,6	L	Lempung	25,6	2,00	2,00	1	22,62	18,58	51,2	18,58	18,31	12	62,11	14,21	0,38	73,89	423,96	486,07	162,02
40,4		25,2	25,2	L	Lempung	25,2	2,00	2,00	1	22,77	18,24	50,4	18,24	18,13	12	61,51	14,23	0,38	74,27	426,64	488,15	162,72
40,6		24,8	24,8	L	Lempung	24,8	2,00	2,00	1	22,92	17,90	49,6	17,90	17,93	12	60,85	14,25	0,38	74,64	429,27	490,12	163,37
40,8		24,4	24,4	L	Lempung	24,4	2,00	2,00	1	23,07	17,56	48,8	17,56	17,75	12	60,23	14,27	0,38	75,02	431,87	492,09	164,03
41		24	24	L	Lempung	24	2,00	2,00	1	23,22	17,23	48	17,23	17,58	12	59,65	14,28	0,38	75,40	434,42	494,07	164,69
41,2		23,6	23,6	L	Lempung	23,6	2,00	2,00	1	23,37	16,90	47,2	16,90	17,42	12	59,11	14,30	0,38	75,78	436,92	496,04	165,35
41,4		23,2	23,2	L	Lempung	23,2	2,00	2,00	1	23,52	16,57	46,4	16,57	17,28	12	58,62	14,31	0,38	76,15	439,39	498,00	166,00
41,6		22,8	22,8	L	Lempung	22,8	2,00	2,00	1	23,67	16,24	45,6	16,24	17,14	12	58,16	14,32	0,38	76,53	441,81	499,97	166,66
41,8		22,4	22,4	L	Lempung	22,4	2,00	2,00	1	23,82	15,91	44,8	15,91	17,03	12	57,77	14,33	0,38	76,91	444,19	501,96	167,32
42	22	22	22	L	Lempung	22	2,00	2,00	1	23,97	15,58	44	15,58	16,93	12	57,45	14,33	0,38	77,28	446,53	503,98	167,99



42,2				L	Lempung	22,2	2,00	2,00	1	24,12	15,68	44,4	15,68	16,86	12	57,20	14,34	0,38	77,66	448,88	506,08	168,69
42,4		22,4	22,4	L	Lempung	22,4	2,00	2,00	1	24,27	15,78	44,8	15,78	16,80	12	57,02	14,35	0,38	78,04	451,24	508,26	169,42
42,6		22,6	22,6	L	Lempung	22,6	2,00	2,00	1	24,42	15,88	45,2	15,88	16,77	12	56,90	14,35	0,38	78,41	453,62	510,52	170,17
42,8		22,8	22,8	L	Lempung	22,8	2,00	2,00	1	24,57	15,98	45,6	15,98	16,76	12	56,87	14,36	0,38	78,79	456,01	512,88	170,96
43		23	23	L	Lempung	23	2,00	2,00	1	24,72	16,08	46	16,08	16,78	12	56,92	14,37	0,38	79,17	458,41	515,33	171,78
43,2		23,2	23,2	L	Lempung	23,2	2,00	2,00	1	24,87	16,18	46,4	16,18	16,82	12	57,06	14,38	0,38	79,55	460,83	517,89	172,63
43,4		23,4	23,4	L	Lempung	23,4	2,00	2,00	1	25,02	16,27	46,8	16,27	16,88	12	57,29	14,39	0,38	79,92	463,25	520,54	173,51
43,6		23,6	23,6	L	Lempung	23,6	2,00	2,00	1	25,17	16,37	47,2	16,37	16,97	12	57,59	14,40	0,38	80,30	465,69	523,29	174,43
43,8		23,8	23,8	L	Lempung	23,8	2,00	2,00	1	25,32	16,47	47,6	16,47	17,07	12	57,91	14,41	0,38	80,68	468,14	526,06	175,35
44	24		24	L	Lempung	24	2,00	2,00	1	25,47	16,56	48	16,56	17,17	12	58,25	14,42	0,38	81,05	470,61	528,85	176,28
44,2		24,5	24,5	L	Lempung	24,5	2,00	2,00	1	25,62	16,66	49	16,66	17,27	12	58,59	14,43	0,38	81,43	473,11	531,70	177,23
44,4		25	25	L	Lempung	25	2,00	2,00	1	25,77	17,16	50	17,16	17,37	12	58,94	14,44	0,38	81,81	475,65	534,59	178,20
44,6		25,5	25,5	L	Lempung	25,5	2,00	2,00	1	25,92	17,46	51	17,46	17,48	12	59,31	14,46	0,38	82,18	478,23	537,53	179,18
44,8		26	26	L	Lempung	26	2,00	2,00	1	26,07	17,76	52	17,76	17,57	12	59,62	14,47	0,38	82,56	480,84	540,46	180,15
45		26,5	26,5	L	Lempung	26,5	2,00	2,00	1	26,22	18,05	53	18,05	17,65	12	59,89	14,49	0,38	82,94	483,50	543,39	181,13
45,2		27	27	L	Lempung	27	2,00	2,00	1	26,37	18,35	54	18,35	17,72	12	60,12	14,51	0,38	83,32	486,19	546,30	182,10
45,4		27,5	27,5	L	Lempung	27,5	2,00	2,00	1	26,52	18,64	55	18,64	17,77	12	60,30	14,53	0,38	83,69	488,91	549,21	183,07
45,6		28	28	L	Lempung	28	2,00	2,00	1	26,67	18,93	56	18,93	17,81	12	60,43	14,55	0,38	84,07	491,68	552,11	184,04
45,8		28,5	28,5	L	Lempung	28,5	2,00	2,00	1	26,82	19,22	57	19,22	17,86	12	60,61	14,57	0,38	84,45	494,48	555,09	185,03
46	29		29	L	Lempung	29	2,00	2,00	1	26,97	19,51	58	19,51	17,93	12	60,83	14,59	0,38	84,82	497,32	558,15	186,05
46,2		28,7	28,7	L	Lempung	28,7	2,00	2,00	1	27,12	19,26	57,4	19,26	18,00	12	61,09	14,61	0,38	85,20	500,13	561,22	187,07
46,4		28,4	28,4	L	Lempung	28,4	2,00	2,00	1	27,27	19,01	56,8	19,01	18,09	12	61,39	14,63	0,38	85,58	502,91	564,30	188,10
46,6		28,1	28,1	L	Lempung	28,1	2,00	2,00	1	27,42	18,76	56,2	18,76	18,20	12	61,74	14,65	0,38	85,95	505,65	567,39	189,13
46,8		27,8	27,8	L	Lempung	27,8	2,00	2,00	1	27,57	18,51	55,6	18,51	18,30	12	62,10	14,67	0,38	86,33	508,36	570,46	190,15
47		27,5	27,5	L	Lempung	27,5	2,00	2,00	1	27,72	18,27	55	18,27	18,41	12	62,48	14,68	0,38	86,71	511,04	573,52	191,17
47,2		27,2	27,2	L	Lempung	27,2	2,00	2,00	1	27,87	18,02	54,4	18,02	18,53	12	62,87	14,70	0,38	87,08	513,69	576,56	192,19
47,4		26,9	26,9	L	Lempung	26,9	2,00	2,00	1	28,02	17,78	53,8	17,78	18,65	12	63,27	14,71	0,38	87,46	516,31	579,58	193,19
47,6		26,6	26,6	L	Lempung	26,6	2,00	2,00	1	28,17	17,54	53,2	17,54	18,77	12	63,69	14,72	0,38	87,84	518,90	582,58	194,19
47,8		26,3	26,3	L	Lempung	26,3	2,00	2,00	1	28,32	17,30	52,6	17,30	18,79	12	63,75	14,73	0,38	88,22	521,45	585,20	195,07
48	26		26	L	Lempung	26	2,00	2,00	1	28,47	17,06	52	17,06	18,80	12	63,77	14,74	0,38	88,59	523,98	587,75	195,92
48,2		26,7	26,7	L	Lempung	26,7	2,00	2,00	1	28,62	17,47	53,4	17,47	18,79	12	63,75	14,76	0,38	88,97	526,56	590,31	196,77
48,4		27,4	27,4	L	Lempung	27,4	2,00	2,00	1	28,77	17,89	54,8	17,89	18,77	12	63,68	14,77	0,38	89,35	529,19	592,87	197,62
48,6		28,1	28,1	L	Lempung	28,1	2,00	2,00	1	28,92	18,30	56,2	18,30	18,73	12	63,56	14,78	0,38	89,72	531,87	595,43	198,48
48,8		28,8	28,8	L	Lempung	28,8	2,00	2,00	1	29,07	18,71	57,6	18,71	18,70	12	63,46	14,80	0,38	90,10	534,61	598,07	199,36
49		29,5	29,5	L	Lempung	29,5	2,00	2,00	1	29,22	19,12	59	19,12	18,69	12	63,40	14,82	0,38	90,48	537,40	600,80	200,27
49,2		30,2	30,2	L	Lempung	30,2	2,00	2,00	1	29,37	19,53	60,4	19,53	18,68	12	63,39	14,84	0,38	90,85	540,24	603,63	201,21
49,4		30,9	30,9	L	Lempung	30,9	2,00	2,00	1	29,52	19,93	61,8	19,93	18,69	12	63,43	14,86	0,38	91,23	543,13	606,56	202,19
49,6		31,6	31,6	L	Lempung	31,6	2,00	2,00	1	29,67	20,33	63,2	20,33	18,72	12	63,52	14,88	0,38	91,61	546,07	609,60	203,20
49,8		32,3	32,3	L	Lempung	32,3	2,00	2,00	1	29,82	20,73	64,6	20,73	18,77	12	63,69	14,91	0,38	91,99	549,07	612,76	204,25
50	33		33	L	Lempung	33	2,00	2,00	1	29,97	21,13	66	21,13	18,85	12	63,95	14,93	0,38	92,36	552,11	616,07	205,36

• **Diameter 80cm**  
- **Meyerhoff**

Depth	N borlog	Nregresi linear	N	L/P	N1	yt	ysat	Y'	Po'	N2	2N1	N2 pakai	Nrata" ujung	Cn	Qujung	Cli (t/m2)	Asi (m2)	Cli.Asi (t)	ΣCli.Asi	Qult = Qujung + ΣCli.Asi	Qijin = Qu/SF (t)
0																					
1																					
2	12		12	L	12	1,53	1,53	0,53	1,06	33,71	24	24	9,12	364,71	183,32	12	2,51	30,16	30,16	213,48	71,16
2,2		10,9	10,9	L	10,9	1,53	1,53	0,53	1,2455	29,10	21,8	21,8	8,72	348,87	175,36	10,9	0,50	5,48	35,64	211,00	70,33
2,4		9,8	9,8	L	9,8	1,53	1,53	0,53	1,325	25,62	19,6	19,6	8,37	334,63	168,21	9,8	0,50	4,93	40,56	208,77	69,59
2,6		8,7	8,7	L	8,7	1,53	1,53	0,53	1,4045	22,28	17,4	17,4	8,04	321,75	161,73	8,7	0,50	4,37	44,94	206,67	68,89
2,8		7,6	7,6	L	7,6	1,53	1,53	0,53	1,484	19,08	15,2	15,2	7,75	310,03	155,84	7,6	0,50	3,82	48,76	204,59	68,20
3		6,5	6,5	L	6,5	1,53	1,53	0,53	1,5635	16,00	13	13	7,48	299,31	150,45	6,5	0,50	3,27	52,02	202,48	67,49
3,2		5,4	5,4	L	5,4	1,53	1,53	0,53	1,643	13,03	10,8	10,8	7,24	289,47	145,51	5,4	0,50	2,71	54,74	200,24	66,75
3,4		4,3	4,3	L	4,3	1,53	1,53	0,53	1,7225	10,18	8,6	8,6	7,01	280,40	140,95	4,3	0,50	2,16	56,90	197,85	65,95
3,6		3,2	3,2	L	3,2	1,53	1,53	0,53	1,802	7,44	6,4	6,4	6,80	272,01	136,73	3,2	0,50	1,61	58,51	195,24	65,08
3,8		2,1	2,1	L	2,1	1,53	1,53	0,53	1,8815	4,79	4,2	4,2	6,61	264,22	132,81	2,1	0,50	1,06	59,56	192,38	64,13
4	1		1	L	1	1,53	1,53	0,53	1,961	2,24	2	2	6,42	256,97	129,17	1	0,50	0,50	60,07	189,23	63,08
4,2		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,0405	2,20	2	2	6,25	250,20	125,76	1	0,50	0,50	60,57	186,33	62,11
4,4		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,12	2,16	2	2	6,10	243,85	122,57	1	0,50	0,50	61,07	183,65	61,22
4,6		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,1995	2,13	2	2	5,95	237,90	119,58	1	0,50	0,50	61,58	181,16	60,39
4,8		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,279	2,09	2	2	5,81	232,30	116,77	1	0,50	0,50	62,08	178,84	59,61
5		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,3585	2,06	2	2	5,69	227,42	114,31	1	0,50	0,50	62,58	176,89	58,96
5,2		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,438	2,03	2	2	5,58	223,17	112,18	1	0,50	0,50	63,08	175,26	58,42
5,4		1	1	L	1	1,53	1,53	0,53	2,5175	1,99	2	1,99	5,49	219,50	110,33	1,00	0,50	0,50	63,58	173,92	57,97
5,6		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,606	1,96	2	1,96	5,41	216,35	108,75	0,98	0,50	0,49	64,08	172,83	57,61
5,8		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,699	1,92	2	1,92	5,34	213,67	107,40	0,96	0,50	0,48	64,56	171,96	57,32
6	1		1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,792	1,89	2	1,89	5,28	211,40	106,26	0,94	0,50	0,47	65,03	171,30	57,10

6,2		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,885	1,86	2	1,86	5,24	209,51	105,31	0,93	0,50	0,47	65,50	170,81	56,94
6,4		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	2,978	1,83	2	1,83	5,20	207,97	104,54	0,91	0,50	0,46	65,96	170,50	56,83
6,6		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,071	1,80	2	1,80	5,17	206,73	103,92	0,90	0,50	0,45	66,41	170,33	56,78
6,8		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,164	1,77	2	1,77	5,14	205,78	103,44	0,88	0,50	0,44	66,86	170,29	56,76
7		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,257	1,74	2	1,74	5,18	207,06	104,08	0,87	0,50	0,44	67,29	171,37	57,12
7,2		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,35	1,71	2	1,71	5,26	210,36	105,74	0,85	0,50	0,43	67,72	173,46	57,82
7,4		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,443	1,68	2	1,68	5,39	215,49	108,32	0,84	0,50	0,42	68,14	176,46	58,82
7,6		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,536	1,66	2	1,66	5,56	222,28	111,73	0,83	0,50	0,42	68,56	180,29	60,10
7,8		1	1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,629	1,63	2	1,63	5,76	230,58	115,90	0,82	0,50	0,41	68,97	184,87	61,62
8	1		1	L	1	1,62	1,62	0,62	3,722	1,61	2	1,61	6,01	240,24	120,76	0,80	0,50	0,40	69,37	190,13	63,38
8,2		1,2	1,2	L	1,2	1,62	1,62	0,62	3,815	1,90	2,4	1,90	6,28	251,15	126,24	0,95	0,50	0,48	69,85	196,09	65,36
8,4		1,4	1,4	L	1,4	1,62	1,62	0,62	3,908	2,18	2,8	2,18	6,58	263,18	132,29	1,09	0,50	0,55	70,40	202,69	67,56
8,6		1,6	1,6	L	1,6	1,62	1,62	0,62	4,001	2,46	3,2	2,46	6,09	243,59	122,44	1,23	0,50	0,62	71,02	193,46	64,49
8,8		1,8	1,8	L	1,8	1,62	1,62	0,62	4,094	2,73	3,6	2,73	6,15	245,98	123,64	1,36	0,50	0,69	71,71	195,35	65,12
9		2	2	L	2	1,62	1,62	0,62	4,187	2,99	4	2,99	6,23	249,30	125,31	1,50	0,50	0,75	72,46	197,77	65,92
9,2		2,2	2,2	L	2,2	1,62	1,62	0,62	4,28	3,24	4,4	3,24	6,34	253,58	127,46	1,62	0,50	0,82	73,27	200,74	66,91
9,4		2,4	2,4	L	2,4	1,62	1,62	0,62	4,373	3,49	4,8	3,49	6,47	258,85	130,11	1,75	0,50	0,88	74,15	204,26	68,09
9,6		2,6	2,6	L	2,6	1,62	1,62	0,62	4,466	3,73	5,2	3,73	6,63	265,11	133,26	1,87	0,50	0,94	75,09	208,35	69,45
9,8		2,8	2,8	L	2,8	1,62	1,62	0,62	4,559	3,97	5,6	3,97	6,81	272,40	136,92	1,98	0,50	1,00	76,09	213,01	71,00
10	3		3	L	3	1,62	1,62	0,62	4,652	4,19	6	4,19	7,02	280,72	141,11	2,10	0,50	1,05	77,14	218,25	72,75
10,2		4,7	4,7	L	4,7	1,62	1,62	0,62	4,745	6,49	9,4	6,49	7,25	290,11	145,82	3,24	0,50	1,63	78,77	224,59	74,86
10,4		6,4	6,4	L	6,4	1,62	1,62	0,62	4,838	8,72	12,8	8,72	7,51	300,57	151,08	4,36	0,50	2,19	80,96	232,04	77,35
10,6		8,1	8,1	L	8,1	1,62	1,62	0,62	4,931	10,90	16,2	10,90	7,80	312,12	156,89	5,45	0,50	2,74	83,70	240,59	80,20
10,8		9,8	9,8	L	9,8	1,62	1,62	0,62	5,024	13,02	19,6	13,02	8,07	322,98	162,35	6,51	0,50	3,27	86,98	249,32	83,11
11		11,5	11,5	L	11,5	1,62	1,62	0,62	5,117	15,10	23	15,10	8,35	333,88	167,83	7,55	0,50	3,79	90,77	258,60	86,20
11,2		13,2	13,2	L	13,2	1,62	1,62	0,62	5,21	17,12	26,4	17,12	8,62	344,81	173,32	8,56	0,50	4,30	95,07	268,39	89,46
11,4		14,9	14,9	L	14,9	1,62	1,62	0,62	5,303	19,10	29,8	19,10	8,89	355,77	178,83	9,55	0,50	4,80	99,87	278,70	92,90
11,6		16,6	16,6	L	16,6	1,62	1,62	0,62	5,396	21,02	33,2	21,02	9,17	366,77	184,36	10,51	0,50	5,28	105,16	289,51	96,50
11,8		18,3		L	0	1,62	1,62	0,62	5,489	0,00	0	0,00	9,44	377,79	189,90	0,00	0,50	0,00	105,16	295,05	98,35
12	20		20	L	20	1,70	1,70	0,70	5,59	24,72	40	24,72	9,72	388,85	195,46	12,36	0,50	6,21	111,37	306,83	102,28

12,2		19,4	19,4	L	19,4	1,70	1,70	0,70	5,70	23,67	38,8	23,67	10,00	399,97	201,05	11,84	0,50	5,95	117,32	318,37	106,12
12,4		18,8	18,8	L	18,8	1,70	1,70	0,70	5,80	22,65	37,6	22,65	10,28	411,15	206,67	11,32	0,50	5,69	123,01	329,68	109,89
12,6		18,2	18,2	L	18,2	1,70	1,70	0,70	5,91	21,65	36,4	21,65	10,56	422,47	212,36	10,82	0,50	5,44	128,45	340,81	113,60
12,8		17,6	17,6	L	17,6	1,70	1,70	0,70	6,01	20,68	35,2	20,68	10,85	433,95	218,13	10,34	0,50	5,20	133,65	351,78	117,26
13		17	17	L	17	1,70	1,70	0,70	6,12	19,73	34	19,73	11,14	445,42	223,89	9,86	0,50	4,96	138,60	362,50	120,83
13,2		16,4	16,4	L	16,4	1,70	1,70	0,70	6,22	18,80	32,8	18,80	11,42	456,89	229,66	9,40	0,50	4,72	143,33	372,99	124,33
13,4		15,8	15,8	L	15,8	1,70	1,70	0,70	6,33	17,90	31,6	17,90	11,71	468,34	235,41	8,95	0,50	4,50	147,83	383,24	127,75
13,6		15,2	15,2	L	15,2	1,70	1,70	0,70	6,43	17,01	30,4	17,01	11,99	479,78	241,17	8,51	0,50	4,28	152,10	393,27	131,09
13,8		14,6	14,6	L	14,6	1,70	1,70	0,70	6,54	16,15	29,2	16,15	12,28	491,22	246,91	8,07	0,50	4,06	156,16	403,07	134,36
14	14		14	L	14	1,70	1,70	0,70	6,65	15,31	28	15,31	12,57	502,64	252,65	7,65	0,50	3,85	160,01	412,66	137,55
14,2		14,2	14,2	L	14,2	1,70	1,70	0,70	6,75	15,35	28,4	15,35	12,85	514,04	258,39	7,67	0,50	3,86	163,87	422,25	140,75
14,4		14,4	14,4	L	14,4	1,70	1,70	0,70	6,86	15,39	28,8	15,39	13,14	525,44	264,12	7,69	0,50	3,87	167,73	431,85	143,95
14,6		14,6	14,6	L	14,6	1,70	1,70	0,70	6,96	15,43	29,2	15,43	13,42	536,83	269,84	7,71	0,50	3,88	171,61	441,45	147,15
14,8		14,8	14,8	L	14,8	1,70	1,70	0,70	7,07	15,47	29,6	15,47	13,70	547,94	275,42	7,73	0,50	3,89	175,50	450,92	150,31
15		15	15	L	15	1,70	1,70	0,70	7,17	15,51	30	15,51	13,97	558,94	280,96	7,75	0,50	3,90	179,40	460,35	153,45
15,2		15,2	15,2	L	15,2	1,70	1,70	0,70	7,28	15,54	30,4	15,54	14,25	569,85	286,44	7,77	0,50	3,91	183,30	469,74	156,58
15,4		15,4	15,4	L	15,4	1,70	1,70	0,70	7,38	15,58	30,8	15,58	14,52	580,66	291,87	7,79	0,50	3,92	187,22	479,09	159,70
15,6		15,6	15,6	L	15,6	1,70	1,70	0,70	7,49	15,62	31,2	15,62	14,78	591,38	297,26	7,81	0,50	3,92	191,14	488,40	162,80
15,8		15,8	15,8	L	15,8	1,70	1,70	0,70	7,60	15,76	31,6	15,76	15,05	602,01	302,60	7,88	0,50	3,96	195,10	497,71	165,90
16	16		16	L	16	1,70	1,70	0,70	7,70	15,92	32	15,92	15,31	612,57	307,91	7,96	0,50	4,00	199,11	507,02	169,01
16,2		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	7,81	15,88	32	15,88	15,58	623,05	313,18	7,94	0,50	3,99	203,10	516,28	172,09
16,4		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	7,91	15,84	32	15,84	15,84	633,46	318,41	7,92	0,50	3,98	207,08	525,49	175,16
16,6		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,02	15,80	32	15,80	16,10	643,81	323,61	7,90	0,50	3,97	211,05	534,66	178,22
16,8		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,12	15,75	32	15,75	16,31	652,41	327,94	7,88	0,50	3,96	215,01	542,94	180,98
17		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,23	15,71	32	15,71	16,48	659,22	331,36	7,86	0,50	3,95	218,95	550,31	183,44
17,2		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,33	15,67	32	15,67	16,61	664,30	333,91	7,84	0,50	3,94	222,89	556,81	185,60
17,4		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,44	15,63	32	15,63	16,69	667,68	335,61	7,82	0,50	3,93	226,82	562,44	187,48
17,6		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,55	15,59	32	15,59	16,74	669,42	336,49	7,80	0,50	3,92	230,74	567,23	189,08
17,8		16	16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,65	15,55	32	15,55	16,74	669,54	336,55	7,78	0,50	3,91	234,65	571,20	190,40
18	16		16	L	16	1,70	1,70	0,70	8,76	15,51	32	15,51	16,70	668,10	335,82	7,76	0,50	3,90	238,55	574,37	191,46

18,2		16,2	16,2	L	16,2	1,70	1,70	0,70	8,86	15,67	32,4	15,67	16,63	665,12	334,33	7,83	0,50	3,94	242,49	576,81	192,27
18,4		16,4	16,4	L	16,4	1,70	1,70	0,70	8,97	15,82	32,8	15,82	16,98	679,35	341,48	7,91	0,50	3,98	246,46	587,94	195,98
18,6		16,6	16,6	L	16,6	1,70	1,70	0,70	9,07	15,97	33,2	15,97	16,84	673,44	338,51	7,99	0,50	4,01	250,48	588,98	196,33
18,8		16,8	16,8	L	16,8	1,70	1,70	0,70	9,18	16,12	33,6	16,12	16,71	668,43	335,99	8,06	0,50	4,05	254,53	590,52	196,84
19		17	17	L	17	1,70	1,70	0,70	9,28	16,27	34	16,27	16,60	664,14	333,83	8,14	0,50	4,09	258,62	592,45	197,48
19,2		17,2	17,2	L	17,2	1,70	1,70	0,70	9,39	16,42	34,4	16,42	16,51	660,56	332,03	8,21	0,50	4,13	262,75	594,78	198,26
19,4		17,4	17,4	L	17,4	1,70	1,70	0,70	9,50	16,57	34,8	16,57	16,44	657,66	330,58	8,29	0,50	4,17	266,91	597,49	199,16
19,6		17,6	17,6	L	17,6	1,70	1,70	0,70	9,60	16,72	35,2	16,72	16,39	655,44	329,46	8,36	0,50	4,20	271,11	600,57	200,19
19,8		17,8	17,8	L	17,8	1,70	1,70	0,70	9,71	16,87	35,6	16,87	16,35	653,86	328,67	8,43	0,50	4,24	275,35	604,02	201,34
20	18	18	18	L	18	1,70	1,70	0,70	9,81	17,02	36	17,02	16,32	652,91	328,19	8,51	0,50	4,28	279,63	607,82	202,61
20,2		18,1	18,1	L	18,1	1,70	1,70	0,70	9,92	17,07	36,2	17,07	16,31	652,58	328,02	8,53	0,50	4,29	283,92	611,94	203,98
20,4		18,2	18,2	L	18,2	1,70	1,70	0,70	10,02	17,12	36,4	17,12	16,32	652,85	328,16	8,56	0,50	4,30	288,22	616,38	205,46
20,6		18,3	18,3	L	18,3	1,69	1,69	0,69	10,13	17,17	36,6	17,17	16,34	653,69	328,58	8,59	0,50	4,32	292,54	621,12	207,04
20,8		18,4	18,4	L	18,4	1,69	1,69	0,69	10,23	17,22	36,8	17,22	16,36	654,40	328,94	8,61	0,50	4,33	296,87	625,81	208,60
21		18,5	18,5	L	18,5	1,69	1,69	0,69	10,34	17,28	37	17,28	16,37	654,83	329,15	8,64	0,50	4,34	301,21	630,36	210,12
21,2		18,6	18,6	L	18,6	1,69	1,69	0,69	10,44	17,33	37,2	17,33	16,37	654,97	329,22	8,66	0,50	4,35	305,56	634,79	211,60
21,4		18,7	18,7	L	18,7	1,69	1,69	0,69	10,54	17,38	37,4	17,38	16,37	654,83	329,16	8,69	0,50	4,37	309,93	639,09	213,03
21,6		18,8	18,8	L	18,8	1,69	1,69	0,69	10,65	17,43	37,6	17,43	16,36	654,42	328,95	8,71	0,50	4,38	314,31	643,26	214,42
21,8		18,9	18,9	L	18,9	1,69	1,69	0,69	10,75	17,48	37,8	17,48	16,34	653,72	328,60	8,74	0,50	4,39	318,70	647,30	215,77
22	19	19	19	L	19	1,69	1,69	0,69	10,86	17,53	38	17,53	16,32	652,76	328,11	8,76	0,50	4,41	323,11	651,22	217,07
22,2		18,9	18,9	L	18,9	1,69	1,69	0,69	10,96	17,40	37,8	17,40	16,29	651,52	327,49	8,70	0,50	4,37	327,48	654,97	218,32
22,4		18,8	18,8	L	18,8	1,69	1,69	0,69	11,06	17,26	37,6	17,26	16,25	649,91	326,68	8,63	0,50	4,34	331,82	658,50	219,50
22,6		18,7	18,7	L	18,7	1,69	1,69	0,69	11,17	17,13	37,4	17,13	16,20	647,94	325,69	8,56	0,50	4,31	336,13	661,81	220,60
22,8		18,6	18,6	L	18,6	1,69	1,69	0,69	11,27	17,00	37,2	17,00	16,14	645,75	324,59	8,50	0,50	4,27	340,40	664,99	221,66
23		18,5	18,5	L	18,5	1,69	1,69	0,69	11,38	16,87	37	16,87	16,09	643,58	323,50	8,43	0,50	4,24	344,64	668,13	222,71
23,2		18,4	18,4	L	18,4	1,69	1,69	0,69	11,48	16,74	36,8	16,74	16,04	641,41	322,41	8,37	0,50	4,21	348,84	671,25	223,75
23,4		18,3	18,3	L	18,3	1,69	1,69	0,69	11,58	16,60	36,6	16,60	15,98	639,25	321,32	8,30	0,50	4,17	353,02	674,34	224,78
23,6		18,2	18,2	L	18,2	1,69	1,69	0,69	11,69	16,48	36,4	16,48	15,93	637,11	320,24	8,24	0,50	4,14	357,16	677,40	225,80
23,8		18,1	18,1	L	18,1	1,69	1,69	0,69	11,79	16,35	36,2	16,35	15,87	634,97	319,17	8,17	0,50	4,11	361,26	680,43	226,81
24	18	18	18	L	18	1,69	1,69	0,69	11,90	16,22	36	16,22	15,82	632,83	318,10	8,11	0,50	4,08	365,34	683,44	227,81

24,2		17,7	17,7	L	17,7	1,69	1,69	0,69	12,00	15,91	35,4	15,91	15,77	630,71	317,03	7,96	0,50	4,00	369,34	686,37	228,79
24,4		17,4	17,4	L	17,4	1,69	1,69	0,69	12,10	15,60	34,8	15,60	15,71	628,59	315,97	7,80	0,50	3,92	373,26	689,23	229,74
24,6		17,1	17,1	L	17,1	1,69	1,69	0,69	12,21	15,30	34,2	15,30	15,66	626,49	314,91	7,65	0,50	3,85	377,11	692,01	230,67
24,8		16,8	16,8	L	16,8	1,69	1,69	0,69	12,31	15,00	33,6	15,00	15,61	624,23	313,77	7,50	0,50	3,77	380,88	694,65	231,55
25		16,5	16,5	L	16,5	1,69	1,69	0,69	12,41	14,69	33	14,69	15,55	621,82	312,56	7,35	0,50	3,69	384,57	697,13	232,38
25,2		16,2	16,2	L	16,2	1,69	1,69	0,69	12,52	14,39	32,4	14,39	15,48	619,27	311,28	7,20	0,50	3,62	388,19	699,46	233,15
25,4		15,9	15,9	L	15,9	1,69	1,69	0,69	12,62	14,09	31,8	14,09	15,41	616,57	309,92	7,05	0,50	3,54	391,73	701,65	233,88
25,6		15,6	15,6	L	15,6	1,71	1,71	0,71	12,73	13,80	31,2	13,80	15,34	613,72	308,49	6,90	0,50	3,47	395,20	703,68	234,56
25,8		15,3	15,3	L	15,3	1,71	1,71	0,71	12,83	13,50	30,6	13,50	15,27	610,72	306,98	6,75	0,50	3,39	398,59	705,57	235,19
26	15		15	L	15	1,71	1,71	0,71	12,94	13,20	30	13,20	15,19	607,58	305,40	6,60	0,50	3,32	401,91	707,31	235,77
26,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,05	13,17	30	13,17	15,11	604,30	303,75	6,59	0,50	3,31	405,22	708,97	236,32
26,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,15	13,14	30	13,14	15,02	600,87	302,03	6,57	0,50	3,30	408,52	710,55	236,85
26,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,26	13,11	30	13,11	14,93	597,30	300,24	6,56	0,50	3,30	411,82	712,05	237,35
26,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,37	13,08	30	13,08	14,84	593,66	298,41	6,54	0,50	3,29	415,10	713,51	237,84
27		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,47	13,05	30	13,05	14,76	590,51	296,82	6,53	0,50	3,28	418,38	715,21	238,40
27,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,58	13,02	30	13,02	14,70	587,83	295,48	6,51	0,50	3,27	421,66	717,13	239,04
27,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,69	12,99	30	12,99	14,64	585,63	294,37	6,50	0,50	3,26	424,92	719,29	239,76
27,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,79	12,96	30	12,96	14,60	583,89	293,50	6,48	0,50	3,26	428,18	721,67	240,56
27,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	13,90	12,93	30	12,93	14,57	582,61	292,85	6,47	0,50	3,25	431,43	724,28	241,43
28	15		15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,01	12,90	30	12,90	14,54	581,79	292,44	6,45	0,50	3,24	434,67	727,11	242,37
28,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,11	12,87	30	12,87	14,54	581,43	292,26	6,44	0,50	3,24	437,91	730,16	243,39
28,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,22	12,84	30	12,84	14,54	581,52	292,30	6,42	0,50	3,23	441,13	733,44	244,48
28,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,33	12,81	30	12,81	14,55	582,06	292,57	6,41	0,50	3,22	444,35	736,93	245,64
28,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,43	12,78	30	12,78	14,58	583,19	293,14	6,39	0,50	3,21	447,57	740,71	246,90
29		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,54	12,76	30	12,76	14,62	584,66	293,88	6,38	0,50	3,21	450,77	744,65	248,22
29,2		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,65	12,73	30	12,73	14,66	586,45	294,78	6,36	0,50	3,20	453,97	748,75	249,58
29,4		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,75	12,70	30	12,70	14,71	588,56	295,84	6,35	0,50	3,19	457,16	753,01	251,00
29,6		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,86	12,67	30	12,67	14,77	591,00	297,07	6,33	0,50	3,18	460,35	757,42	252,47
29,8		15	15	L	15	1,71	1,71	0,71	14,96	12,64	30	12,64	14,84	593,76	298,45	6,32	0,50	3,18	463,52	761,98	253,99
30	15		15	L	15	1,71	1,71	0,71	15,07	12,61	30	12,61	14,92	596,83	300,00	6,31	0,50	3,17	466,69	766,69	255,56

30,2		15,8	15,8	L	15,8	1,71	1,71	0,71	15,18	13,26	31,6	13,26	15,01	600,23	301,71	6,63	0,50	3,33	470,03	771,73	257,24
30,4		16,6	16,6	L	16,6	1,71	1,71	0,71	15,28	13,90	33,2	13,90	15,10	603,93	303,57	6,95	0,50	3,49	473,52	777,09	259,03
30,6		17,4	17,4	L	17,4	2,00	2,00	1	15,42	14,52	34,80	14,52	15,20	607,96	305,59	7,26	0,50	3,65	477,17	782,76	260,92
30,8		18,2	18,2	L	18,2	2,00	2,00	1	15,57	15,14	36,40	15,14	15,31	612,44	307,84	7,57	0,50	3,81	480,97	788,82	262,94
31		19	19	L	19	2,00	2,00	1	15,72	15,76	38,00	15,76	15,42	616,66	309,97	7,88	0,50	3,96	484,94	794,91	264,97
31,2		19,8	19,8	L	19,8	2,00	2,00	1	15,87	16,37	39,60	16,37	15,52	620,64	311,97	8,19	0,50	4,12	489,05	801,02	267,01
31,4		20,6	20,6	L	20,6	2,00	2,00	1	16,02	16,98	41,20	16,98	15,61	624,36	313,84	8,49	0,50	4,27	493,32	807,16	269,05
31,6		21,4	21,4	L	21,4	2,00	2,00	1	16,17	17,59	42,80	17,59	15,70	627,84	315,59	8,79	0,50	4,42	497,74	813,33	271,11
31,8		22,2	22,2	L	22,2	2,00	2,00	1	16,32	18,19	44,40	18,19	15,78	631,07	317,21	9,09	0,50	4,57	502,31	819,52	273,17
32	23		23	L	23	2,00	2,00	1	16,47	18,79	46,00	18,79	15,85	634,06	318,71	9,39	0,50	4,72	507,03	825,75	275,25
32,2		23,4	23,4	L	23,4	2,00	2,00	1	16,62	19,06	46,80	19,06	15,92	636,81	320,09	9,53	0,50	4,79	511,82	831,92	277,31
32,4		23,8	23,8	L	23,8	2,00	2,00	1	16,77	19,32	47,60	19,32	15,98	639,31	321,35	9,66	0,50	4,86	516,68	838,03	279,34
32,6		24,2	24,2	L	24,2	2,00	2,00	1	16,92	19,59	48,40	19,59	16,04	641,57	322,49	9,79	0,50	4,92	521,60	844,09	281,36
32,8		24,6	24,6	L	24,6	2,00	2,00	1	17,07	19,85	49,20	19,85	16,08	643,39	323,40	9,93	0,50	4,99	526,59	849,99	283,33
33		25	25	L	25	2,00	2,00	1	17,22	20,11	50,00	20,11	16,14	645,69	324,56	10,06	0,50	5,05	531,65	856,20	285,40
33,2		25,4	25,4	L	25,4	2,00	2,00	1	17,37	20,37	50,80	20,37	16,21	648,48	325,96	10,19	0,50	5,12	536,77	862,73	287,58
33,4		25,8	25,8	L	25,8	2,00	2,00	1	17,52	20,63	51,60	20,63	16,29	651,76	327,61	10,32	0,50	5,19	541,95	869,56	289,85
33,6		26,2	26,2	L	26,2	2,00	2,00	1	17,67	20,89	52,40	20,89	16,39	655,51	329,50	10,44	0,50	5,25	547,20	876,70	292,23
33,8		26,6	26,6	L	26,6	2,00	2,00	1	17,82	21,14	53,20	21,14	16,49	659,75	331,63	10,57	0,50	5,31	552,52	884,14	294,71
34	27		27	L	27	2,00	2,00	1	17,97	21,40	54,00	21,40	16,61	664,46	333,99	10,70	0,50	5,38	557,89	891,89	297,30
34,2		26,3	26,3	L	26,3	2,00	2,00	1	18,12	20,78	52,60	20,78	16,74	669,65	336,60	10,39	0,50	5,22	563,12	899,72	299,91
34,4		25,6	25,6	L	25,6	2,00	2,00	1	18,27	20,17	51,20	20,17	16,88	675,30	339,44	10,08	0,50	5,07	568,19	907,63	302,54
34,6		24,9	24,9	L	24,9	2,00	2,00	1	18,42	19,56	49,80	19,56	17,04	681,43	342,52	9,78	0,50	4,92	573,10	915,63	305,21
34,8		24,2	24,2	L	24,2	2,00	2,00	1	18,57	18,95	48,40	18,95	17,20	688,02	345,84	9,48	0,50	4,76	577,87	923,70	307,90
35		23,5	23,5	L	23,5	2,00	2,00	1	18,72	18,35	47,00	18,35	17,36	694,47	349,08	9,18	0,50	4,61	582,48	931,56	310,52
35,2		22,8	22,8	L	22,8	2,00	2,00	1	18,87	17,75	45,60	17,75	17,52	700,77	352,24	8,88	0,50	4,46	586,94	939,18	313,06
35,4		22,1	22,1	L	22,1	2,00	2,00	1	19,02	17,16	44,20	17,16	17,67	706,92	355,34	8,58	0,50	4,31	591,25	946,59	315,53
35,6		21,4	21,4	L	21,4	2,00	2,00	1	19,17	16,57	42,80	16,57	17,82	712,94	358,36	8,28	0,50	4,16	595,42	953,78	317,93
35,8		20,7	20,7	L	20,7	2,00	2,00	1	19,32	15,98	41,40	15,98	17,97	718,81	361,31	7,99	0,50	4,02	599,43	960,75	320,25
36	20		20	L	20	2,00	2,00	1	19,47	15,39	40,00	15,39	18,11	724,54	364,19	7,70	0,50	3,87	603,30	967,50	322,50

36,2		20,8	20,8	L	20,8	2,00	2,00	1	19,62	15,96	41,60	15,96	18,25	730,13	367,00	7,98	0,50	4,01	607,31	974,32	324,77
36,4		21,6	21,6	L	21,6	2,00	2,00	1	19,77	16,53	43,20	16,53	18,39	735,58	369,74	8,26	0,50	4,15	611,47	981,21	327,07
36,6		22,4	22,4	L	22,4	2,00	2,00	1	19,92	17,09	44,80	17,09	18,52	740,89	372,41	8,55	0,50	4,30	615,76	988,17	329,39
36,8		23,2	23,2	L	23,2	2,00	2,00	1	20,07	17,65	46,40	17,65	18,64	745,51	374,73	8,83	0,50	4,44	620,20	994,94	331,65
37		24	24	L	24	2,00	2,00	1	20,22	18,21	48,00	18,21	18,73	749,33	376,66	9,10	0,50	4,58	624,78	1001,43	333,81
37,2		24,8	24,8	L	24,8	2,00	2,00	1	20,37	18,76	49,60	18,76	18,81	752,37	378,18	9,38	0,50	4,72	629,49	1007,67	335,89
37,4		25,6	25,6	L	25,6	2,00	2,00	1	20,52	19,31	51,20	19,31	18,87	754,61	379,31	9,66	0,50	4,85	634,35	1013,66	337,89
37,6		26,4	26,4	L	26,4	2,00	2,00	1	20,67	19,86	52,80	19,86	18,90	756,09	380,05	9,93	0,50	4,99	639,34	1019,39	339,80
37,8		27,2	27,2	L	27,2	2,00	2,00	1	20,82	20,41	54,40	20,41	18,92	756,78	380,40	10,20	0,50	5,13	644,47	1024,87	341,62
38	28	28	28	L	28	2,00	2,00	1	20,97	20,95	56,00	20,95	18,92	756,71	380,37	10,47	0,50	5,26	649,73	1030,10	343,37
38,2		27,8	27,8	L	27,8	2,00	2,00	1	21,12	20,74	55,60	20,74	18,90	755,88	379,95	10,37	0,50	5,21	654,94	1034,89	344,96
38,4		27,6	27,6	L	27,6	2,00	2,00	1	21,27	20,53	55,20	20,53	18,86	754,28	379,14	10,27	0,50	5,16	660,10	1039,25	346,42
38,6		27,4	27,4	L	27,4	2,00	2,00	1	21,42	20,33	54,80	20,33	18,80	751,93	377,96	10,16	0,50	5,11	665,21	1043,18	347,73
38,8		27,2	27,2	L	27,2	2,00	2,00	1	21,57	20,12	54,40	20,12	18,73	749,10	376,54	10,06	0,50	5,06	670,27	1046,81	348,94
39		27	27	L	27	2,00	2,00	1	21,72	19,92	54,00	19,92	18,65	746,13	375,05	9,96	0,50	5,01	675,28	1050,32	350,11
39,2		26,8	26,8	L	26,8	2,00	2,00	1	21,87	19,72	53,60	19,72	18,58	743,02	373,48	9,86	0,50	4,96	680,23	1053,72	351,24
39,4		26,6	26,6	L	26,6	2,00	2,00	1	22,02	19,52	53,20	19,52	18,49	739,78	371,86	9,76	0,50	4,90	685,14	1056,99	352,33
39,6		26,4	26,4	L	26,4	2,00	2,00	1	22,17	19,32	52,80	19,32	18,41	736,41	370,16	9,66	0,50	4,85	689,99	1060,15	353,38
39,8		26,2	26,2	L	26,2	2,00	2,00	1	22,32	19,12	52,40	19,12	18,32	732,91	368,40	9,56	0,50	4,80	694,80	1063,19	354,40
40	26	26	26	L	26	2,00	2,00	1	22,47	18,92	52,00	18,92	18,23	729,27	366,57	9,46	0,50	4,76	699,55	1066,12	355,37
40,2		25,6	25,6	L	25,6	2,00	2,00	1	22,62	18,58	51,20	18,58	18,14	725,50	364,68	9,29	0,50	4,67	704,22	1068,90	356,30
40,4		25,2	25,2	L	25,2	2,00	2,00	1	22,77	18,24	50,40	18,24	18,04	721,60	362,72	9,12	0,50	4,58	708,80	1071,52	357,17
40,6		24,8	24,8	L	24,8	2,00	2,00	1	22,92	17,90	49,60	17,90	17,94	717,57	360,69	8,95	0,50	4,50	713,30	1073,99	358,00
40,8		24,4	24,4	L	24,4	2,00	2,00	1	23,07	17,56	48,80	17,56	17,85	714,13	358,96	8,78	0,50	4,41	717,72	1076,68	358,89
41		24	24	L	24	2,00	2,00	1	23,22	17,23	48,00	17,23	17,79	711,43	357,60	8,61	0,50	4,33	722,05	1079,65	359,88
41,2		23,6	23,6	L	23,6	2,00	2,00	1	23,37	16,90	47,20	16,90	17,74	709,47	356,62	8,45	0,50	4,25	726,29	1082,91	360,97
41,4		23,2	23,2	L	23,2	2,00	2,00	1	23,52	16,57	46,40	16,57	17,71	708,25	356,00	8,28	0,50	4,16	730,46	1086,46	362,15
41,6		22,8	22,8	L	22,8	2,00	2,00	1	23,67	16,24	45,60	16,24	17,69	707,76	355,76	8,12	0,50	4,08	734,54	1090,30	363,43
41,8		22,4	22,4	L	22,4	2,00	2,00	1	23,82	15,91	44,80	15,91	17,70	708,00	355,88	7,95	0,50	4,00	738,54	1094,42	364,81
42	22	22	22	L	22	2,00	2,00	1	23,97	15,58	44,00	15,58	17,72	708,97	356,37	7,79	0,50	3,92	742,45	1098,82	366,27



42,2		22,2	22,2	L	22,2	2,00	2,00	1	24,12	15,68	44,40	15,68	17,77	710,66	357,22	7,84	0,50	3,94	746,39	1103,61	367,87
42,4		22,4	22,4	L	22,4	2,00	2,00	1	24,27	15,78	44,80	15,78	17,83	713,07	358,43	7,89	0,50	3,97	750,36	1108,79	369,60
42,6		22,6	22,6	L	22,6	2,00	2,00	1	24,42	15,88	45,20	15,88	17,90	716,19	360,00	7,94	0,50	3,99	754,35	1114,35	371,45
42,8		22,8	22,8	L	22,8	2,00	2,00	1	24,57	15,98	45,60	15,98	17,98	719,09	361,45	7,99	0,50	4,02	758,37	1119,82	373,27
43		23	23	L	23	2,00	2,00	1	24,72	16,08	46,00	16,08	18,03	721,31	362,57	8,04	0,50	4,04	762,41	1124,98	374,99
43,2		23,2	23,2	L	23,2	2,00	2,00	1	24,87	16,18	46,40	16,18	18,07	722,87	363,36	8,09	0,50	4,07	766,48	1129,83	376,61
43,4		23,4	23,4	L	23,4	2,00	2,00	1	25,02	16,27	46,80	16,27	18,09	723,78	363,81	8,14	0,50	4,09	770,57	1134,38	378,13
43,6		23,6	23,6	L	23,6	2,00	2,00	1	25,17	16,37	47,20	16,37	18,10	724,02	363,93	8,18	0,50	4,11	774,68	1138,61	379,54
43,8		23,8	23,8	L	23,8	2,00	2,00	1	25,32	16,47	47,60	16,47	18,09	723,62	363,73	8,23	0,50	4,14	778,82	1142,55	380,85
44	24		24	L	24	2,00	2,00	1	25,47	16,56	48,00	16,56	18,06	722,56	363,20	8,28	0,50	4,16	782,98	1146,18	382,06
44,2		24,5	24,5	L	24,5	2,00	2,00	1	25,62	16,86	49,00	16,86	18,02	720,86	362,35	8,43	0,50	4,24	787,22	1149,56	383,19
44,4		25	25	L	25	2,00	2,00	1	25,77	17,16	50,00	17,16	17,96	718,52	361,17	8,58	0,50	4,31	791,53	1152,70	384,23
44,6		25,5	25,5	L	25,5	2,00	2,00	1	25,92	17,46	51,00	17,46	17,89	715,54	359,67	8,73	0,50	4,39	795,92	1155,59	385,20
44,8		26	26	L	26	2,00	2,00	1	26,07	17,76	52,00	17,76	17,81	712,54	358,16	8,88	0,50	4,46	800,38	1158,54	386,18
45		26,5	26,5	L	26,5	2,00	2,00	1	26,22	18,05	53,00	18,05	17,75	710,04	356,91	9,03	0,50	4,54	804,92	1161,83	387,28
45,2		27	27	L	27	2,00	2,00	1	26,37	18,35	54,00	18,35	17,70	708,05	355,91	9,17	0,50	4,61	809,53	1165,44	388,48
45,4		27,5	27,5	L	27,5	2,00	2,00	1	26,52	18,64	55,00	18,64	17,66	706,57	355,16	9,32	0,50	4,68	814,21	1169,37	389,79
45,6		28	28	L	28	2,00	2,00	1	26,67	18,93	56,00	18,93	17,64	705,58	354,66	9,46	0,50	4,76	818,97	1173,63	391,21
45,8		28,5	28,5	L	28,5	2,00	2,00	1	26,82	19,22	57,00	19,22	17,63	705,09	354,42	9,61	0,50	4,83	823,80	1178,22	392,74
46	29		29	L	29	2,00	2,00	1	26,97	19,51	58,00	19,51	17,63	705,10	354,42	9,75	0,50	4,90	828,70	1183,12	394,37
46,2		28,7	28,7	L	28,7	2,00	2,00	1	27,12	19,26	57,40	19,26	17,64	705,60	354,67	9,63	0,50	4,84	833,54	1188,22	396,07
46,4		28,4	28,4	L	28,4	2,00	2,00	1	27,27	19,01	56,80	19,01	17,66	706,59	355,17	9,50	0,50	4,78	838,32	1193,49	397,83
46,6		28,1	28,1	L	28,1	2,00	2,00	1	27,42	18,76	56,20	18,76	17,70	708,07	355,91	9,38	0,50	4,71	843,03	1198,95	399,65
46,8		27,8	27,8	L	27,8	2,00	2,00	1	27,57	18,51	55,60	18,51	17,75	710,15	356,96	9,26	0,50	4,65	847,69	1204,65	401,55
47		27,5	27,5	L	27,5	2,00	2,00	1	27,72	18,27	55,00	18,27	17,74	709,75	356,76	9,13	0,50	4,59	852,28	1209,04	403,01
47,2		27,2	27,2	L	27,2	2,00	2,00	1	27,87	18,02	54,40	18,02	17,74	709,62	356,69	9,01	0,50	4,53	856,81	1213,50	404,50
47,4		26,9	26,9	L	26,9	2,00	2,00	1	28,02	17,78	53,80	17,78	17,74	709,77	356,77	8,89	0,50	4,47	861,28	1218,04	406,01
47,6		26,6	26,6	L	26,6	2,00	2,00	1	28,17	17,54	53,20	17,54	17,76	710,23	357,00	8,77	0,50	4,41	865,68	1222,68	407,56
47,8		26,3	26,3	L	26,3	2,00	2,00	1	28,32	17,30	52,60	17,30	17,78	711,01	357,39	8,65	0,50	4,35	870,03	1227,42	409,14
48	26		26	L	26	2,00	2,00	1	28,47	17,06	52,00	17,06	17,80	712,13	357,96	8,53	0,50	4,29	874,32	1232,27	410,76

48,2		26,7	26,7	L	26,7	2,00	2,00	1	28,62	17,47	53,40	17,47	17,84	713,63	358,71	8,74	0,50	4,39	878,71	1237,42	412,47
48,4		27,4	27,4	L	27,4	2,00	2,00	1	28,77	17,89	54,80	17,89	17,89	715,51	359,65	8,94	0,50	4,50	883,21	1242,86	414,29
48,6		28,1	28,1	L	28,1	2,00	2,00	1	28,92	18,30	56,20	18,30	17,95	717,81	360,81	9,15	0,50	4,60	887,80	1248,62	416,21
48,8		28,8	28,8	L	28,8	2,00	2,00	1	29,07	18,71	57,60	18,71	18,00	720,13	361,98	9,36	0,50	4,70	892,51	1254,49	418,16
49		29,5	29,5	L	29,5	2,00	2,00	1	29,22	19,12	59,00	19,12	18,06	722,47	363,15	9,56	0,50	4,81	897,31	1260,47	420,16
49,2		30,2	30,2	L	30,2	2,00	2,00	1	29,37	19,53	60,40	19,53	18,12	724,83	364,34	9,76	0,50	4,91	902,22	1266,56	422,19
49,4		30,9	30,9	L	30,9	2,00	2,00	1	29,52	19,93	61,80	19,93	18,18	727,20	365,53	9,96	0,50	5,01	907,23	1272,76	424,25
49,6		31,6	31,6	L	31,6	2,00	2,00	1	29,67	20,33	63,20	20,33	18,24	729,61	366,74	10,17	0,50	5,11	912,34	1279,08	426,36
49,8		32,3	32,3	L	32,3	2,00	2,00	1	29,82	20,73	64,60	20,73	18,30	732,04	367,96	10,37	0,50	5,21	917,55	1285,51	428,50
50	33		33	L	33	2,00	2,00	1	29,97	21,13	66,00	21,13	18,36	734,49	369,20	10,57	0,50	5,31	922,86	1292,06	430,69

- Luciano De Court

Depth	N borlog	Nregresi linear	N	L/P	Jenis Tanah	N1	$\gamma_t$	$\gamma_{sat}$	$\gamma'$	Po'	N2	2N1	N2 pakai	Np	K	Qp	Ns	As	$\Sigma As$	Qs	Qult = Qp + Qs	Qijin = Qu/SF (t)
0																						
1																						
2	12		12	L	Timbunan	12	1,53	1,53	0,53	1,06	33,71	24	24	9,12	40	183,32	24	2,51	2,51	22,62	205,94	68,65
2,2		10,9	10,9	L	Timbunan	10,9	1,53	1,53	0,53	1,25	29,10	21,8	21,8	8,72	40	175,36	22,9	0,50	3,02	26,04	201,40	67,13
2,4		9,8	9,8	L	Timbunan	9,8	1,53	1,53	0,53	1,33	25,62	19,6	19,6	8,37	40	168,21	21,8	0,50	3,52	29,09	197,29	65,76
2,6		8,7	8,7	L	Lempung Berpasir	8,7	1,53	1,53	0,53	1,40	22,28	17,4	17,4	8,04	24	97,04	20,7	0,50	4,02	31,77	128,81	42,94
2,8		7,6	7,6	L	Lempung Berpasir	7,6	1,53	1,53	0,53	1,48	19,08	15,2	15,2	7,75	24	93,50	19,6	0,50	4,52	34,08	127,58	42,53
3		6,5	6,5	L	Lempung Berpasir	6,5	1,53	1,53	0,53	1,56	16,00	13	13	7,48	24	90,27	18,5	0,50	5,03	36,02	126,29	42,10
3,2		5,4	5,4	L	Lempung Berpasir	5,4	1,53	1,53	0,53	1,64	13,03	10,8	10,8	7,24	24	87,30	17,4	0,50	5,53	37,60	124,90	41,63
3,4		4,3	4,3	L	Lempung Berpasir	4,3	1,53	1,53	0,53	1,72	10,18	8,6	8,6	7,01	24	84,57	16,3	0,50	6,03	38,80	123,37	41,12
3,6		3,2	3,2	L	Lempung Berpasir	3,2	1,53	1,53	0,53	1,80	7,44	6,4	6,4	6,80	24	82,04	15,2	0,50	6,53	39,64	121,68	40,56
3,8		2,1	2,1	L	Lempung Berpasir	2,1	1,53	1,53	0,53	1,88	4,79	4,2	4,2	6,61	24	79,69	14,1	0,50	7,04	40,11	119,80	39,93
4	1		1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	1,96	2,24	2	2	6,42	24	77,50	13	0,50	7,54	40,21	117,71	39,24
4,2		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,04	2,20	2	2	6,25	24	75,46	12,08	0,50	8,04	40,44	115,89	38,63
4,4		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,12	2,16	2	2	6,10	24	73,54	11,31	0,50	8,55	40,75	114,30	38,10
4,6		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,20	2,13	2	2	5,95	24	71,75	10,64	0,50	9,05	41,15	112,89	37,63
4,8		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,28	2,09	2	2	5,81	24	70,06	10,07	0,50	9,55	41,60	111,66	37,22
5		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,36	2,06	2	2	5,69	24	68,59	9,56	0,50	10,05	42,10	110,68	36,89

5,2		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,44	2,03	2	2	5,58	24	67,31	9,12	0,50	10,56	42,64	109,94	36,65
5,4		1	1	L	Lempung Berpasir	1	1,53	1,53	0,53	2,52	1,99	2	1,99	4,93	24	59,43	8,72	0,50	11,06	43,21	102,64	34,21
5,6		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,61	1,96	2	1,96	4,35	12	26,23	8,37	0,50	11,56	43,80	70,03	23,34
5,8		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,70	1,92	2	1,92	3,85	12	23,20	8,04	0,50	12,06	44,41	67,60	22,53
6	1		1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,79	1,89	2	1,89	3,42	12	20,61	7,75	0,50	12,57	45,03	65,64	21,88
6,2		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,88	1,86	2	1,86	3,06	12	18,47	7,48	0,50	13,07	45,67	64,13	21,38
6,4		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	2,98	1,83	2	1,83	2,78	12	16,77	7,24	0,50	13,57	46,31	63,08	21,03
6,6		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,07	1,80	2	1,80	2,57	12	15,52	7,01	0,50	14,07	46,96	62,49	20,83
6,8		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,16	1,77	2	1,77	2,44	12	14,72	6,80	0,50	14,58	47,62	62,34	20,78
7		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,26	1,74	2	1,74	2,44	12	14,74	6,61	0,50	15,08	48,28	63,02	21,01
7,2		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,35	1,71	2	1,71	2,58	12	15,56	6,42	0,50	15,58	48,95	64,51	21,50
7,4		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,44	1,68	2	1,68	2,85	12	17,19	6,25	0,50	16,08	49,62	66,81	22,27
7,6		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,54	1,66	2	1,66	3,18	12	19,20	6,10	0,50	16,59	50,30	69,50	23,17
7,8		1	1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,63	1,63	2	1,63	3,58	12	21,60	5,95	0,50	17,09	50,97	72,57	24,19
8	1		1	L	Lempung	1	1,62	1,62	0,62	3,72	1,61	2	1,61	4,04	12	24,36	5,81	0,50	17,59	51,65	76,01	25,34
8,2		1,2	1,2	L	Lempung	1,2	1,62	1,62	0,62	3,82	1,90	2,4	1,90	4,56	12	27,49	5,69	0,50	18,10	52,39	79,88	26,63
8,4		1,4	1,4	L	Lempung	1,4	1,62	1,62	0,62	3,91	2,18	2,8	2,18	5,13	12	30,96	5,58	0,50	18,60	53,19	84,15	28,05
8,6		1,6	1,6	L	Lempung	1,6	1,62	1,62	0,62	4,00	2,46	3,2	2,46	5,07	12	30,60	5,49	0,50	19,10	54,04	84,64	28,21
8,8		1,8	1,8	L	Lempung	1,8	1,62	1,62	0,62	4,09	2,73	3,6	2,73	5,76	12	34,75	5,41	0,50	19,60	54,95	89,70	29,90
9		2	2	L	Lempung	2	1,62	1,62	0,62	4,19	2,99	4	2,99	6,42	12	38,72	5,34	0,50	20,11	55,91	94,63	31,54
9,2		2,2	2,2	L	Lempung	2,2	1,62	1,62	0,62	4,28	3,24	4,4	3,24	7,05	12	42,51	5,28	0,50	20,61	56,91	99,42	33,14
9,4		2,4	2,4	L	Lempung	2,4	1,62	1,62	0,62	4,37	3,49	4,8	3,49	7,65	12	46,12	5,24	0,50	21,11	57,97	104,09	34,70
9,6		2,6	2,6	L	Lempung	2,6	1,62	1,62	0,62	4,47	3,73	5,2	3,73	8,22	12	49,56	5,20	0,50	21,61	59,07	108,63	36,21
9,8		2,8	2,8	L	Lempung	2,8	1,62	1,62	0,62	4,56	3,97	5,6	3,97	8,76	12	52,83	5,17	0,50	22,12	60,22	113,05	37,68
10	3		3	L	Lempung	3	1,62	1,62	0,62	4,65	4,19	6	4,19	9,27	12	55,94	5,14	0,50	22,62	61,41	117,35	39,12
10,2		4,7	4,7	L	Lanau Berlempung Berpasir	4,7	1,62	1,62	0,62	4,75	6,49	9,4	6,49	9,76	22,5	110,42	5,18	0,50	23,12	63,02	173,44	57,81
10,4		6,4	6,4	L	Lanau Berlempung Berpasir	6,4	1,62	1,62	0,62	4,84	8,72	12,8	8,72	10,23	22,5	115,65	5,26	0,50	23,62	65,04	180,69	60,23
10,6		8,1	8,1	L	Lanau Berlempung Berpasir	8,1	1,62	1,62	0,62	4,93	10,90	16,2	10,90	10,66	22,5	120,60	5,39	0,50	24,13	67,45	188,05	62,68
10,8		9,8	9,8	L	Lanau Berlempung Berpasir	9,8	1,62	1,62	0,62	5,02	13,02	19,6	13,02	11,08	22,5	125,27	5,56	0,50	24,63	70,25	195,52	65,17
11		11,5	11,5	L	Lanau Berlempung Berpasir	11,5	1,62	1,62	0,62	5,12	15,10	23	15,10	11,49	22,5	129,96	5,76	0,50	25,13	73,42	203,39	67,80

11,2		13,2	13,2	L	Lanau Berlempung Berpasir	13,2	1,62	1,62	0,62	5,21	17,12	26,4	17,12	11,91	22,5	134,68	6,01	0,50	25,64	76,96	211,63	70,54
11,4		14,9	14,9	L	Lanau Berlempung Berpasir	14,9	1,62	1,62	0,62	5,30	19,10	29,8	19,10	12,33	22,5	139,41	6,28	0,50	26,14	80,84	220,26	73,42
11,6		16,6	16,6	L	Lanau Berlempung Berpasir	16,6	1,62	1,62	0,62	5,40	21,02	33,2	21,02	12,74	22,5	144,06	6,58	0,50	26,64	85,07	229,13	76,38
11,8		18,3		L	Lanau Berlempung Berpasir	0	1,62	1,62	0,62	5,49	0,00	0	0,00	13,14	22,5	148,63	6,45	0,50	27,14	85,48	234,11	78,04
12	20		20	L	Lanau Berlempung Berpasir	20	1,70	1,70	0,704	5,59	24,72	40	24,72	13,54	22,5	153,11	6,81	0,50	27,65	90,37	243,48	81,16
12,2		19,4	19,4	L	Lanau Berlempung Berpasir	19,4	1,70	1,70	0,704	5,70	23,67	38,8	23,67	13,93	22,5	157,52	7,13	0,50	28,15	95,05	252,57	84,19
12,4		18,8	18,8	L	Lanau Berlempung Berpasir	18,8	1,70	1,70	0,704	5,80	22,65	37,6	22,65	14,31	22,5	161,84	7,42	0,50	28,65	99,55	261,39	87,13
12,6		18,2	18,2	L	Lanau Berlempung Berpasir	18,2	1,70	1,70	0,704	5,91	21,65	36,4	21,65	14,69	22,5	166,13	7,69	0,50	29,15	103,85	269,99	90,00
12,8		17,6	17,6	L	Lanau Berlempung Berpasir	17,6	1,70	1,70	0,704	6,01	20,68	35,2	20,68	15,07	22,5	170,39	7,92	0,50	29,66	107,98	278,37	92,79
13		17	17	L	Lanau Berlempung Berpasir	17	1,70	1,70	0,704	6,12	19,73	34	19,73	15,43	22,5	174,56	8,13	0,50	30,16	111,93	286,48	95,49
13,2		16,4	16,4	L	Lempung	16,4	1,70	1,70	0,704	6,22	18,80	32,8	18,80	15,79	12	95,27	8,32	0,50	30,66	115,71	210,97	70,32
13,4		15,8	15,8	L	Lempung	15,8	1,70	1,70	0,704	6,33	17,90	31,6	17,90	16,15	12	97,39	8,49	0,50	31,16	119,32	216,70	72,23
13,6		15,2	15,2	L	Lempung	15,2	1,70	1,70	0,704	6,43	17,01	30,4	17,01	16,43	12	99,08	8,63	0,50	31,67	122,77	221,85	73,95
13,8		14,6	14,6	L	Lempung	14,6	1,70	1,70	0,704	6,54	16,15	29,2	16,15	16,64	12	100,36	8,76	0,50	32,17	126,06	226,42	75,47
14	14		14	L	Lempung	14	1,70	1,70	0,704	6,65	15,31	28	15,31	16,78	12	101,23	8,86	0,50	32,67	129,20	230,43	76,81
14,2		14,2	14,2	L	Lempung	14,2	1,70	1,70	0,704	6,75	15,35	28,4	15,35	16,86	12	101,71	8,97	0,50	33,18	132,34	234,05	78,02
14,4		14,4	14,4	L	Lempung	14,4	1,70	1,70	0,704	6,86	15,39	28,8	15,39	16,88	12	101,80	9,07	0,50	33,68	135,49	237,29	79,10
14,6		14,6	14,6	L	Lempung	14,6	1,70	1,70	0,704	6,96	15,43	29,2	15,43	16,83	12	101,51	9,17	0,50	34,18	138,65	240,16	80,05
14,8		14,8	14,8	L	Lempung	14,8	1,70	1,70	0,704	7,07	15,47	29,6	15,47	16,72	12	100,86	9,27	0,50	34,68	141,81	242,66	80,89
15		15	15	L	Lempung	15	1,70	1,70	0,704	7,17	15,51	30	15,51	16,56	12	99,88	9,36	0,50	35,19	144,97	244,85	81,62
15,2		15,2	15,2	L	Lempung	15,2	1,70	1,70	0,704	7,28	15,54	30,4	15,54	17,04	12	102,77	9,45	0,50	35,69	148,14	250,91	83,64
15,4		15,4	15,4	L	Lempung	15,4	1,70	1,70	0,704	7,38	15,58	30,8	15,58	16,77	12	101,17	9,54	0,50	36,19	151,31	252,48	84,16
15,6		15,6	15,6	L	Lempung	15,6	1,70	1,70	0,704	7,49	15,62	31,2	15,62	16,54	12	99,79	9,63	0,50	36,69	154,49	254,28	84,76
15,8		15,8	15,8	L	Lempung	15,8	1,70	1,70	0,704	7,60	15,76	31,6	15,76	16,35	12	98,62	9,72	0,50	37,20	157,69	256,32	85,44
16	16		16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	7,70	15,92	32	15,92	16,19	12	97,67	9,81	0,50	37,70	160,92	258,59	86,20
16,2		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	7,81	15,88	32	15,88	16,07	12	96,92	9,89	0,50	38,20	164,14	261,06	87,02
16,4		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	7,91	15,84	32	15,84	15,98	12	96,37	9,97	0,50	38,70	167,35	263,72	87,91
16,6		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,02	15,80	32	15,80	15,92	12	96,02	10,05	0,50	39,21	170,56	266,57	88,86
16,8		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,12	15,75	32	15,75	15,89	12	95,86	10,13	0,50	39,71	173,75	269,61	89,87
17		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,23	15,71	32	15,71	15,89	12	95,87	10,20	0,50	40,21	176,93	272,80	90,93

17,2		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,33	15,67	32	15,67	15,92	12	96,05	10,27	0,50	40,72	180,11	276,15	92,05
17,4		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,44	15,63	32	15,63	15,98	12	96,39	10,34	0,50	41,22	183,28	279,66	93,22
17,6		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,55	15,59	32	15,59	16,04	12	96,73	10,41	0,50	41,72	186,44	283,17	94,39
17,8		16	16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,65	15,55	32	15,55	16,09	12	97,07	10,47	0,50	42,22	189,59	286,66	95,55
18	16		16	L	Lempung	16	1,70	1,70	0,704	8,76	15,51	32	15,51	16,15	12	97,42	10,53	0,50	42,73	192,73	290,15	96,72
18,2		16,2	16,2	L	Lempung	16,2	1,70	1,70	0,704	8,86	15,67	32,4	15,67	16,21	12	97,77	10,60	0,50	43,23	195,90	293,67	97,89
18,4		16,4	16,4	L	Lempung	16,4	1,70	1,70	0,704	8,97	15,82	32,8	15,82	16,27	12	98,12	10,66	0,50	43,73	199,10	297,22	99,07
18,6		16,6	16,6	L	Lempung	16,6	1,70	1,70	0,704	9,07	15,97	33,2	15,97	16,33	12	98,47	10,72	0,50	44,23	202,32	300,79	100,26
18,8		16,8	16,8	L	Lempung	16,8	1,70	1,70	0,704	9,18	16,12	33,6	16,12	16,38	12	98,83	10,79	0,50	44,74	205,57	304,40	101,47
19		17	17	L	Lempung	17	1,70	1,70	0,704	9,28	16,27	34	16,27	16,44	12	99,16	10,85	0,50	45,24	208,84	307,99	102,66
19,2		17,2	17,2	L	Lempung	17,2	1,70	1,70	0,704	9,39	16,42	34,4	16,42	16,48	12	99,43	10,91	0,50	45,74	212,13	311,56	103,85
19,4		17,4	17,4	L	Lempung	17,4	1,70	1,70	0,704	9,50	16,57	34,8	16,57	16,52	12	99,65	10,98	0,50	46,24	215,46	315,11	105,04
19,6		17,6	17,6	L	Lempung	17,6	1,70	1,70	0,704	9,60	16,72	35,2	16,72	16,55	12	99,86	11,04	0,50	46,75	218,81	318,66	106,22
19,8		17,8	17,8	L	Lempung	17,8	1,70	1,70	0,704	9,71	16,87	35,6	16,87	16,59	12	100,04	11,11	0,50	47,25	222,18	322,22	107,41
20	18		18	L	Lempung	18	1,70	1,70	0,704	9,81	17,02	36	17,02	16,61	12	100,22	11,17	0,50	47,75	225,57	325,79	108,60
20,2		18,1	18,1	L	Lempung	18,1	1,70	1,70	0,704	9,92	17,07	36,2	17,07	16,64	12	100,37	11,24	0,50	48,25	228,98	329,35	109,78
20,4		18,2	18,2	L	Lempung	18,2	1,70	1,70	0,704	10,02	17,12	36,4	17,12	16,66	12	100,51	11,30	0,50	48,76	232,39	332,90	110,97
20,6		18,3	18,3	L	Lempung	18,3	1,69	1,69	0,693	10,13	17,17	36,6	17,17	16,68	12	100,63	11,36	0,50	49,26	235,82	336,45	112,15
20,8		18,4	18,4	L	Lempung	18,4	1,69	1,69	0,693	10,23	17,22	36,8	17,22	16,70	12	100,74	11,42	0,50	49,76	239,25	339,99	113,33
21		18,5	18,5	L	Lempung	18,5	1,69	1,69	0,693	10,34	17,28	37	17,28	16,71	12	100,80	11,48	0,50	50,27	242,68	343,48	114,49
21,2		18,6	18,6	L	Lempung	18,6	1,69	1,69	0,693	10,44	17,33	37,2	17,33	16,71	12	100,81	11,54	0,50	50,77	246,13	346,94	115,65
21,4		18,7	18,7	L	Lempung	18,7	1,69	1,69	0,693	10,54	17,38	37,4	17,38	16,71	12	100,77	11,60	0,50	51,27	249,58	350,35	116,78
21,6		18,8	18,8	L	Lempung	18,8	1,69	1,69	0,693	10,65	17,43	37,6	17,43	16,69	12	100,65	11,66	0,50	51,77	253,05	353,69	117,90
21,8		18,9	18,9	L	Lempung	18,9	1,69	1,69	0,693	10,75	17,48	37,8	17,48	16,65	12	100,44	11,72	0,50	52,28	256,52	356,96	118,99
22	19		19	L	Lempung	19	1,69	1,69	0,693	10,86	17,53	38	17,53	16,60	12	100,15	11,78	0,50	52,78	259,99	360,15	120,05
22,2		18,9	18,9	L	Lempung	18,9	1,69	1,69	0,693	10,96	17,40	37,8	17,40	16,54	12	99,78	11,83	0,50	53,28	263,45	363,23	121,08
22,4		18,8	18,8	L	Lempung	18,8	1,69	1,69	0,693	11,06	17,26	37,6	17,26	16,47	12	99,33	11,89	0,50	53,78	266,88	366,21	122,07
22,6		18,7	18,7	L	Lempung Berianau	18,7	1,69	1,69	0,693	11,17	17,13	37,4	17,13	16,38	20	164,66	11,94	0,50	54,29	270,29	434,94	144,98
22,8		18,6	18,6	L	Lempung Berianau	18,6	1,69	1,69	0,693	11,27	17,00	37,2	17,00	16,28	20	163,63	11,98	0,50	54,79	273,67	437,30	145,77
23		18,5	18,5	L	Lempung Berianau	18,5	1,69	1,69	0,693	11,38	16,87	37	16,87	16,17	20	162,55	12,03	0,50	55,29	277,03	439,58	146,53

23,2		18,4	18,4	L	Lempung Berlanau	18,4	1,69	1,69	0,693	11,48	16,74	36,8	16,74	16,06	20	161,42	12,07	0,50	55,79	280,36	441,78	147,26
23,4		18,3	18,3	L	Lempung Berlanau	18,3	1,69	1,69	0,693	11,58	16,60	36,6	16,60	15,94	20	160,23	12,12	0,50	56,30	283,68	443,90	147,97
23,6		18,2	18,2	L	Lempung Berlanau	18,2	1,69	1,69	0,693	11,69	16,48	36,4	16,48	15,82	20	159,01	12,16	0,50	56,80	286,97	445,98	148,66
23,8		18,1	18,1	L	Lempung Berlanau	18,1	1,69	1,69	0,693	11,79	16,35	36,2	16,35	15,69	20	157,77	12,19	0,50	57,30	290,23	448,01	149,34
24	18		18	L	Lempung Berlanau	18	1,69	1,69	0,693	11,90	16,22	36	16,22	15,57	20	156,51	12,23	0,50	57,81	293,48	449,98	149,99
24,2		17,7	17,7	L	Lempung Berlanau	17,7	1,69	1,69	0,693	12,00	15,91	35,4	15,91	15,44	20	155,22	12,26	0,50	58,31	296,67	451,89	150,63
24,4		17,4	17,4	L	Lempung Berlanau	17,4	1,69	1,69	0,693	12,10	15,60	34,8	15,60	15,31	20	153,90	12,29	0,50	58,81	299,81	453,71	151,24
24,6		17,1	17,1	L	Lempung	17,1	1,69	1,69	0,693	12,21	15,30	34,2	15,30	15,18	12	91,54	12,32	0,50	59,31	302,89	394,43	131,48
24,8		16,8	16,8	L	Lempung	16,8	1,69	1,69	0,693	12,31	15,00	33,6	15,00	15,04	12	90,72	12,34	0,50	59,82	305,92	396,64	132,21
25		16,5	16,5	L	Lempung	16,5	1,69	1,69	0,693	12,41	14,69	33	14,69	14,90	12	89,89	12,36	0,50	60,32	308,90	398,79	132,93
25,2		16,2	16,2	L	Lempung	16,2	1,69	1,69	0,693	12,52	14,39	32,4	14,39	14,76	12	89,04	12,38	0,50	60,82	311,82	400,86	133,62
25,4		15,9	15,9	L	Lempung	15,9	1,69	1,69	0,693	12,62	14,09	31,8	14,09	14,62	12	88,18	12,40	0,50	61,32	314,70	402,88	134,29
25,6		15,6	15,6	L	Lempung	15,6	1,71	1,71	0,71	12,73	13,80	31,2	13,80	14,48	12	87,33	12,41	0,50	61,83	317,52	404,86	134,95
25,8		15,3	15,3	L	Lempung	15,3	1,71	1,71	0,71	12,83	13,50	30,6	13,50	14,34	12	86,51	12,42	0,50	62,33	320,29	406,80	135,60
26	15		15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	12,94	13,20	30	13,20	14,21	12	85,71	12,42	0,50	62,83	323,01	408,72	136,24
26,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,05	13,17	30	13,17	14,08	12	84,92	12,43	0,50	63,33	325,72	410,65	136,88
26,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,15	13,14	30	13,14	13,95	12	84,15	12,43	0,50	63,84	328,43	412,59	137,53
26,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,26	13,11	30	13,11	13,83	12	83,41	12,44	0,50	64,34	331,14	414,54	138,18
26,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,37	13,08	30	13,08	13,71	12	82,68	12,45	0,50	64,84	333,83	416,51	138,84
27		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,47	13,05	30	13,05	13,61	12	82,09	12,45	0,50	65,35	336,53	418,61	139,54
27,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,58	13,02	30	13,02	13,53	12	81,64	12,45	0,50	65,85	339,21	420,85	140,28
27,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,69	12,99	30	12,99	13,48	12	81,33	12,46	0,50	66,35	341,90	423,23	141,08
27,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,79	12,96	30	12,96	13,46	12	81,19	12,46	0,50	66,85	344,57	425,76	141,92
27,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	13,90	12,93	30	12,93	13,46	12	81,22	12,47	0,50	67,36	347,24	428,46	142,82
28	15		15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,01	12,90	30	12,90	13,50	12	81,41	12,47	0,50	67,86	349,91	431,33	143,78
28,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,11	12,87	30	12,87	13,56	12	81,78	12,47	0,50	68,36	352,57	434,35	144,78
28,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,22	12,84	30	12,84	13,65	12	82,31	12,48	0,50	68,86	355,23	437,54	145,85
28,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,33	12,81	30	12,81	13,76	12	83,00	12,48	0,50	69,37	357,88	440,88	146,96
28,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,43	12,78	30	12,78	13,90	12	83,86	12,48	0,50	69,87	360,53	444,38	148,13
29		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,54	12,76	30	12,76	14,06	12	84,82	12,48	0,50	70,37	363,17	447,99	149,33

29,2		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,65	12,73	30	12,73	14,24	12	85,88	12,48	0,50	70,87	365,80	451,69	150,56
29,4		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,75	12,70	30	12,70	14,43	12	87,05	12,49	0,50	71,38	368,44	455,49	151,83
29,6		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,86	12,67	30	12,67	14,63	12	88,27	12,49	0,50	71,88	371,06	459,33	153,11
29,8		15	15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	14,96	12,64	30	12,64	14,85	12	89,55	12,49	0,50	72,38	373,68	463,23	154,41
30	15		15	L	Lempung	15	1,71	1,71	0,71	15,07	12,61	30	12,61	15,07	12	90,87	12,49	0,50	72,88	376,30	467,17	155,72
30,2		15,8	15,8	L	Lempung	15,8	1,71	1,71	0,708	15,18	13,26	31,6	13,26	15,29	12	92,25	12,49	0,50	73,39	379,03	471,28	157,09
30,4		16,6	16,6	L	Lempung	16,6	1,71	1,71	0,708	15,28	13,90	33,2	13,90	15,53	12	93,69	12,50	0,50	73,89	381,86	475,55	158,52
30,6		17,4	17,4	L	Lempung	17,4	2,00	2,00	1	15,42	14,52	34,8	14,52	15,78	12	95,17	12,52	0,50	74,39	384,81	479,98	159,99
30,8		18,2	18,2	L	Lempung	18,2	2,00	2,00	1	15,57	15,14	36,4	15,14	16,03	12	96,71	12,54	0,50	74,90	387,86	484,57	161,52
31		19	19	L	Lempung	19	2,00	2,00	1	15,72	15,76	38	15,76	16,27	12	98,14	12,56	0,50	75,40	391,02	489,16	163,05
31,2		19,8	19,8	L	Lempung	19,8	2,00	2,00	1	15,87	16,37	39,6	16,37	16,49	12	99,46	12,58	0,50	75,90	394,28	493,74	164,58
31,4		20,6	20,6	L	Lempung	20,6	2,00	2,00	1	16,02	16,98	41,2	16,98	16,69	12	100,68	12,61	0,50	76,40	397,65	498,33	166,11
31,6		21,4	21,4	L	Lempung	21,4	2,00	2,00	1	16,17	17,59	42,8	17,59	16,88	12	101,79	12,65	0,50	76,91	401,12	502,91	167,64
31,8		22,2	22,2	L	Lempung	22,2	2,00	2,00	1	16,32	18,19	44,4	18,19	17,04	12	102,80	12,68	0,50	77,41	404,70	507,50	169,17
32	23		23	L	Lempung	23	2,00	2,00	1	16,47	18,79	46	18,79	17,19	12	103,70	12,72	0,50	77,91	408,38	512,08	170,69
32,2		23,4	23,4	L	Lempung	23,4	2,00	2,00	1	16,62	19,06	46,8	19,06	17,32	12	104,50	12,77	0,50	78,41	412,10	516,60	172,20
32,4		23,8	23,8	L	Lempung	23,8	2,00	2,00	1	16,77	19,32	47,6	19,32	17,44	12	105,20	12,81	0,50	78,92	415,87	521,06	173,69
32,6		24,2	24,2	L	Lempung	24,2	2,00	2,00	1	16,92	19,59	48,4	19,59	17,54	12	105,79	12,85	0,50	79,42	419,68	525,47	175,16
32,8		24,6	24,6	L	Lempung	24,6	2,00	2,00	1	17,07	19,85	49,2	19,85	17,62	12	106,28	12,90	0,50	79,92	423,54	529,82	176,61
33		25	25	L	Lempung	25	2,00	2,00	1	17,22	20,11	50	20,11	17,72	12	106,88	12,94	0,50	80,42	427,45	534,33	178,11
33,2		25,4	25,4	L	Lempung	25,4	2,00	2,00	1	17,37	20,37	50,8	20,37	17,84	12	107,60	12,99	0,50	80,93	431,39	538,99	179,66
33,4		25,8	25,8	L	Lempung	25,8	2,00	2,00	1	17,52	20,63	51,6	20,63	17,97	12	108,41	13,04	0,50	81,43	435,39	543,80	181,27
33,6		26,2	26,2	L	Lempung	26,2	2,00	2,00	1	17,67	20,89	52,4	20,89	18,11	12	109,22	13,09	0,50	81,93	439,42	548,64	182,88
33,8		26,6	26,6	L	Lempung	26,6	2,00	2,00	1	17,82	21,14	53,2	21,14	18,24	12	110,01	13,14	0,50	82,44	443,50	553,51	184,50
34	27		27	L	Lempung	27	2,00	2,00	1	17,97	21,40	54	21,40	18,37	12	110,78	13,19	0,50	82,94	447,62	558,40	186,13
34,2		26,3	26,3	L	Lempung	26,3	2,00	2,00	1	18,12	20,78	52,6	20,78	18,49	12	111,54	13,24	0,50	83,44	451,64	563,18	187,73
34,4		25,6	25,6	L	Lempung	25,6	2,00	2,00	1	18,27	20,17	51,2	20,17	18,62	12	112,29	13,28	0,50	83,94	455,55	567,84	189,28
34,6		24,9	24,9	L	Lempung	24,9	2,00	2,00	1	18,42	19,56	49,8	19,56	18,74	12	113,03	13,32	0,50	84,45	459,36	572,39	190,80
34,8		24,2	24,2	L	Lempung	24,2	2,00	2,00	1	18,57	18,95	48,4	18,95	18,86	12	113,75	13,35	0,50	84,95	463,06	576,81	192,27
35		23,5	23,5	L	Lempung	23,5	2,00	2,00	1	18,72	18,35	47	18,35	18,95	12	114,33	13,38	0,50	85,45	466,66	580,99	193,66



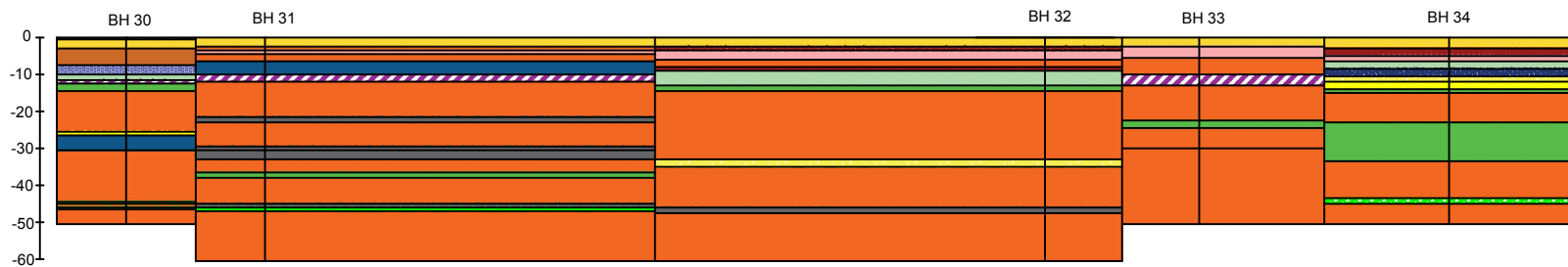
35,2		22,8	22,8	L	Lempung	22,8	2,00	2,00	1	18,87	17,75	45,6	17,75	19,03	12	114,76	13,41	0,50	85,95	470,15	584,91	194,97
35,4		22,1	22,1	L	Lempung	22,1	2,00	2,00	1	19,02	17,16	44,2	17,16	19,07	12	115,04	13,43	0,50	86,46	473,54	588,58	196,19
35,6		21,4	21,4	L	Lempung	21,4	2,00	2,00	1	19,17	16,57	42,8	16,57	19,10	12	115,23	13,45	0,50	86,96	476,83	592,07	197,36
35,8		20,7	20,7	L	Lempung	20,7	2,00	2,00	1	19,32	15,98	41,4	15,98	19,12	12	115,34	13,47	0,50	87,46	480,02	595,37	198,46
36	20	20	20	L	Lempung	20	2,00	2,00	1	19,47	15,39	40	15,39	19,13	12	115,37	13,48	0,50	87,96	483,11	598,48	199,49
36,2		20,8	20,8	L	Lempung	20,8	2,00	2,00	1	19,62	15,96	41,6	15,96	19,12	12	115,31	13,49	0,50	88,47	486,30	601,61	200,54
36,4		21,6	21,6	L	Lempung	21,6	2,00	2,00	1	19,77	16,53	43,2	16,53	19,09	12	115,16	13,51	0,50	88,97	489,58	604,74	201,58
36,6		22,4	22,4	L	Lempung	22,4	2,00	2,00	1	19,92	17,09	44,8	17,09	19,05	12	114,93	13,53	0,50	89,47	492,96	607,90	202,63
36,8		23,2	23,2	L	Lempung	23,2	2,00	2,00	1	20,07	17,65	46,4	17,65	19,00	12	114,62	13,55	0,50	89,98	496,44	611,06	203,69
37		24	24	L	Lempung	24	2,00	2,00	1	20,22	18,21	48	18,21	18,93	12	114,20	13,58	0,50	90,48	500,01	614,21	204,74
37,2		24,8	24,8	L	Lempung	24,8	2,00	2,00	1	20,37	18,76	49,6	18,76	18,84	12	113,66	13,61	0,50	90,98	503,68	617,34	205,78
37,4		25,6	25,6	L	Lempung	25,6	2,00	2,00	1	20,52	19,31	51,2	19,31	18,74	12	113,02	13,64	0,50	91,48	507,44	620,46	206,82
37,6		26,4	26,4	L	Lempung	26,4	2,00	2,00	1	20,67	19,86	52,8	19,86	18,64	12	112,44	13,68	0,50	91,99	511,29	623,73	207,91
37,8		27,2	27,2	L	Lempung	27,2	2,00	2,00	1	20,82	20,41	54,4	20,41	18,55	12	111,90	13,71	0,50	92,49	515,24	627,14	209,05
38	28	28	28	L	Lempung	28	2,00	2,00	1	20,97	20,95	56	20,95	18,47	12	111,41	13,75	0,50	92,99	519,28	630,69	210,23
38,2		27,8	27,8	L	Lempung	27,8	2,00	2,00	1	21,12	20,74	55,6	20,74	18,40	12	110,98	13,79	0,50	93,49	523,28	634,26	211,42
38,4		27,6	27,6	L	Lempung	27,6	2,00	2,00	1	21,27	20,53	55,2	20,53	18,33	12	110,59	13,83	0,50	94,00	527,25	637,84	212,61
38,6		27,4	27,4	L	Lempung	27,4	2,00	2,00	1	21,42	20,33	54,8	20,33	18,28	12	110,25	13,86	0,50	94,50	531,18	641,43	213,81
38,8		27,2	27,2	L	Lempung	27,2	2,00	2,00	1	21,57	20,12	54,4	20,12	18,23	12	109,96	13,90	0,50	95,00	535,08	645,04	215,01
39		27	27	L	Lempung	27	2,00	2,00	1	21,72	19,92	54	19,92	18,20	12	109,80	13,93	0,50	95,50	538,94	648,74	216,25
39,2		26,8	26,8	L	Lempung	26,8	2,00	2,00	1	21,87	19,72	53,6	19,72	18,20	12	109,77	13,96	0,50	96,01	542,77	652,53	217,51
39,4		26,6	26,6	L	Lempung	26,6	2,00	2,00	1	22,02	19,52	53,2	19,52	18,21	12	109,86	13,99	0,50	96,51	546,56	656,41	218,80
39,6		26,4	26,4	L	Lempung	26,4	2,00	2,00	1	22,17	19,32	52,8	19,32	18,21	12	109,86	14,02	0,50	97,01	550,32	660,18	220,06
39,8		26,2	26,2	L	Lempung	26,2	2,00	2,00	1	22,32	19,12	52,4	19,12	18,20	12	109,78	14,04	0,50	97,52	554,04	663,82	221,27
40	26	26	26	L	Lempung	26	2,00	2,00	1	22,47	18,92	52	18,92	18,17	12	109,61	14,07	0,50	98,02	557,73	667,34	222,45
40,2		25,6	25,6	L	Lempung	25,6	2,00	2,00	1	22,62	18,58	51,2	18,58	18,13	12	109,36	14,09	0,50	98,52	561,36	670,72	223,57
40,4		25,2	25,2	L	Lempung	25,2	2,00	2,00	1	22,77	18,24	50,4	18,24	18,07	12	109,02	14,12	0,50	99,02	564,93	673,95	224,65
40,6		24,8	24,8	L	Lempung	24,8	2,00	2,00	1	22,92	17,90	49,6	17,90	18,00	12	108,60	14,13	0,50	99,53	568,45	677,05	225,68
40,8		24,4	24,4	L	Lempung	24,4	2,00	2,00	1	23,07	17,56	48,8	17,56	17,92	12	108,10	14,15	0,50	100,03	571,91	680,00	226,67
41		24	24	L	Lempung	24	2,00	2,00	1	23,22	17,23	48	17,23	17,83	12	107,55	14,17	0,50	100,53	575,31	682,85	227,62

41,2		23,6	23,6	L	Lempung	23,6	2,00	2,00	1	23,37	16,90	47,2	16,90	17,73	12	106,96	14,18	0,50	101,03	578,65	685,60	228,53
41,4		23,2	23,2	L	Lempung	23,2	2,00	2,00	1	23,52	16,57	46,4	16,57	17,63	12	106,32	14,19	0,50	101,54	581,94	688,25	229,42
41,6		22,8	22,8	L	Lempung	22,8	2,00	2,00	1	23,67	16,24	45,6	16,24	17,54	12	105,77	14,20	0,50	102,04	585,17	690,94	230,31
41,8		22,4	22,4	L	Lempung	22,4	2,00	2,00	1	23,82	15,91	44,8	15,91	17,46	12	105,32	14,21	0,50	102,54	588,34	693,66	231,22
42	22		22	L	Lempung	22	2,00	2,00	1	23,97	15,58	44	15,58	17,40	12	104,96	14,22	0,50	103,04	591,46	696,42	232,14
42,2		22,2	22,2	L	Lempung	22,2	2,00	2,00	1	24,12	15,68	44,4	15,68	17,36	12	104,69	14,23	0,50	103,55	594,59	699,28	233,09
42,4		22,4	22,4	L	Lempung	22,4	2,00	2,00	1	24,27	15,78	44,8	15,78	17,33	12	104,51	14,23	0,50	104,05	597,75	702,25	234,08
42,6		22,6	22,6	L	Lempung	22,6	2,00	2,00	1	24,42	15,88	45,2	15,88	17,31	12	104,41	14,24	0,50	104,55	600,91	705,33	235,11
42,8		22,8	22,8	L	Lempung	22,8	2,00	2,00	1	24,57	15,98	45,6	15,98	17,31	12	104,41	14,25	0,50	105,05	604,10	708,51	236,17
43		23	23	L	Lempung	23	2,00	2,00	1	24,72	16,08	46	16,08	17,31	12	104,40	14,26	0,50	105,56	607,30	711,70	237,23
43,2		23,2	23,2	L	Lempung	23,2	2,00	2,00	1	24,87	16,18	46,4	16,18	17,30	12	104,38	14,27	0,50	106,06	610,52	714,90	238,30
43,4		23,4	23,4	L	Lempung	23,4	2,00	2,00	1	25,02	16,27	46,8	16,27	17,30	12	104,35	14,28	0,50	106,56	613,76	718,11	239,37
43,6		23,6	23,6	L	Lempung	23,6	2,00	2,00	1	25,17	16,37	47,2	16,37	17,30	12	104,34	14,29	0,50	107,07	617,01	721,35	240,45
43,8		23,8	23,8	L	Lempung	23,8	2,00	2,00	1	25,32	16,47	47,6	16,47	17,30	12	104,34	14,30	0,50	107,57	620,28	724,62	241,54
44	24		24	L	Lempung	24	2,00	2,00	1	25,47	16,56	48	16,56	17,30	12	104,37	14,31	0,50	108,07	623,56	727,93	242,64
44,2		24,5	24,5	L	Lempung	24,5	2,00	2,00	1	25,62	16,86	49	16,86	17,31	12	104,41	14,32	0,50	108,57	626,90	731,31	243,77
44,4		25	25	L	Lempung	25	2,00	2,00	1	25,77	17,16	50	17,16	17,32	12	104,46	14,34	0,50	109,08	630,29	734,75	244,92
44,6		25,5	25,5	L	Lempung	25,5	2,00	2,00	1	25,92	17,46	51	17,46	17,33	12	104,54	14,35	0,50	109,58	633,72	738,26	246,09
44,8		26	26	L	Lempung	26	2,00	2,00	1	26,07	17,76	52	17,76	17,35	12	104,63	14,37	0,50	110,08	637,21	741,84	247,28
45		26,5	26,5	L	Lempung	26,5	2,00	2,00	1	26,22	18,05	53	18,05	17,38	12	104,85	14,38	0,50	110,58	640,75	745,60	248,53
45,2		27	27	L	Lempung	27	2,00	2,00	1	26,37	18,35	54	18,35	17,44	12	105,21	14,40	0,50	111,09	644,34	749,55	249,85
45,4		27,5	27,5	L	Lempung	27,5	2,00	2,00	1	26,52	18,64	55	18,64	17,53	12	105,71	14,42	0,50	111,59	647,98	753,69	251,23
45,6		28	28	L	Lempung	28	2,00	2,00	1	26,67	18,93	56	18,93	17,62	12	106,26	14,44	0,50	112,09	651,67	757,93	252,64
45,8		28,5	28,5	L	Lempung	28,5	2,00	2,00	1	26,82	19,22	57	19,22	17,72	12	106,87	14,46	0,50	112,59	655,40	762,28	254,09
46	29		29	L	Lempung	29	2,00	2,00	1	26,97	19,51	58	19,51	17,83	12	107,54	14,49	0,50	113,10	659,19	766,73	255,58
46,2		28,7	28,7	L	Lempung	28,7	2,00	2,00	1	27,12	19,26	57,4	19,26	17,95	12	108,26	14,51	0,50	113,60	662,93	771,19	257,06
46,4		28,4	28,4	L	Lempung	28,4	2,00	2,00	1	27,27	19,01	56,8	19,01	18,08	12	109,04	14,53	0,50	114,10	666,63	775,67	258,56
46,6		28,1	28,1	L	Lempung	28,1	2,00	2,00	1	27,42	18,76	56,2	18,76	18,22	12	109,87	14,55	0,50	114,61	670,29	780,16	260,05
46,8		27,8	27,8	L	Lempung	27,8	2,00	2,00	1	27,57	18,51	55,6	18,51	18,36	12	110,76	14,56	0,50	115,11	673,91	784,67	261,56
47		27,5	27,5	L	Lempung	27,5	2,00	2,00	1	27,72	18,27	55	18,27	18,42	12	111,13	14,58	0,50	115,61	677,48	788,62	262,87

47,2		27,2	27,2	L	Lempung	27,2	2,00	2,00	1	27,87	18,02	54,4	18,02	18,49	12	111,52	14,60	0,50	116,11	681,01	792,53	264,18
47,4		26,9	26,9	L	Lempung	26,9	2,00	2,00	1	28,02	17,78	53,8	17,78	18,55	12	111,90	14,61	0,50	116,62	684,51	796,41	265,47
47,6		26,6	26,6	L	Lempung	26,6	2,00	2,00	1	28,17	17,54	53,2	17,54	18,61	12	112,26	14,62	0,50	117,12	687,96	800,21	266,74
47,8		26,3	26,3	L	Lempung	26,3	2,00	2,00	1	28,32	17,30	52,6	17,30	18,66	12	112,57	14,63	0,50	117,62	691,36	803,93	267,98
48	26		26	L	Lempung	26	2,00	2,00	1	28,47	17,06	52	17,06	18,71	12	112,84	14,64	0,50	118,12	694,73	807,57	269,19
48,2		26,7	26,7	L	Lempung	26,7	2,00	2,00	1	28,62	17,47	53,4	17,47	18,74	12	113,06	14,66	0,50	118,63	698,17	811,23	270,41
48,4		27,4	27,4	L	Lempung	27,4	2,00	2,00	1	28,77	17,89	54,8	17,89	18,77	12	113,22	14,67	0,50	119,13	701,68	814,90	271,63
48,6		28,1	28,1	L	Lempung	28,1	2,00	2,00	1	28,92	18,30	56,2	18,30	18,79	12	113,33	14,69	0,50	119,63	705,26	818,59	272,86
48,8		28,8	28,8	L	Lempung	28,8	2,00	2,00	1	29,07	18,71	57,6	18,71	18,80	12	113,37	14,70	0,50	120,13	708,91	822,28	274,09
49		29,5	29,5	L	Lempung	29,5	2,00	2,00	1	29,22	19,12	59	19,12	18,79	12	113,33	14,72	0,50	120,64	712,63	825,96	275,32
49,2		30,2	30,2	L	Lempung	30,2	2,00	2,00	1	29,37	19,53	60,4	19,53	18,77	12	113,21	14,74	0,50	121,14	716,41	829,62	276,54
49,4		30,9	30,9	L	Lempung	30,9	2,00	2,00	1	29,52	19,93	61,8	19,93	18,73	12	112,99	14,76	0,50	121,64	720,27	833,26	277,75
49,6		31,6	31,6	L	Lempung	31,6	2,00	2,00	1	29,67	20,33	63,2	20,33	18,70	12	112,82	14,79	0,50	122,15	724,20	837,02	279,01
49,8		32,3	32,3	L	Lempung	32,3	2,00	2,00	1	29,82	20,73	64,6	20,73	18,69	12	112,72	14,81	0,50	122,65	728,19	840,91	280,30
50	33		33	L	Lempung	33	2,00	2,00	1	29,97	21,13	66	21,13	18,68	12	112,69	14,84	0,50	123,15	732,25	844,94	281,65

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*





- |                                |                             |                             |                          |
|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| ■ BETON                        | ▨ LANAU LEMPUNG PASIR HALUS | ■ LEMPUNG LANAU PASIR HALUS | ■ LEMPUNG KERIKIL PASIR  |
| ■ TIMBUNAN                     | ■ LANAU BERPASIR HALUS      | ■ LEMPUNG LANAU KERIKIL     | ■ LEMPUNG BERPASIR HALUS |
| ■ PASIR HALUS BERLANAU LEMPUNG | ■ LEMPUNG                   | ■ BATU KERIKIL LEMPUNG      | ■ LEMPUNG BERKULIT       |
| ■ PASIR LANAU KERIKIL          | ■ LEMPUNG LANAU             | ■ LEMPUNG SEDIKIT KERIKIL   | ■ LEMPUNG BERPASIR KULIT |



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

Tugas Akhir

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD  
 Musta'in Arif, ST. MT

NAMA & NRP MAHASISWA

Rosa Irdiana  
 0311154000039

NAMA GAMBAR

Stratigrafi Tanah

SKALA

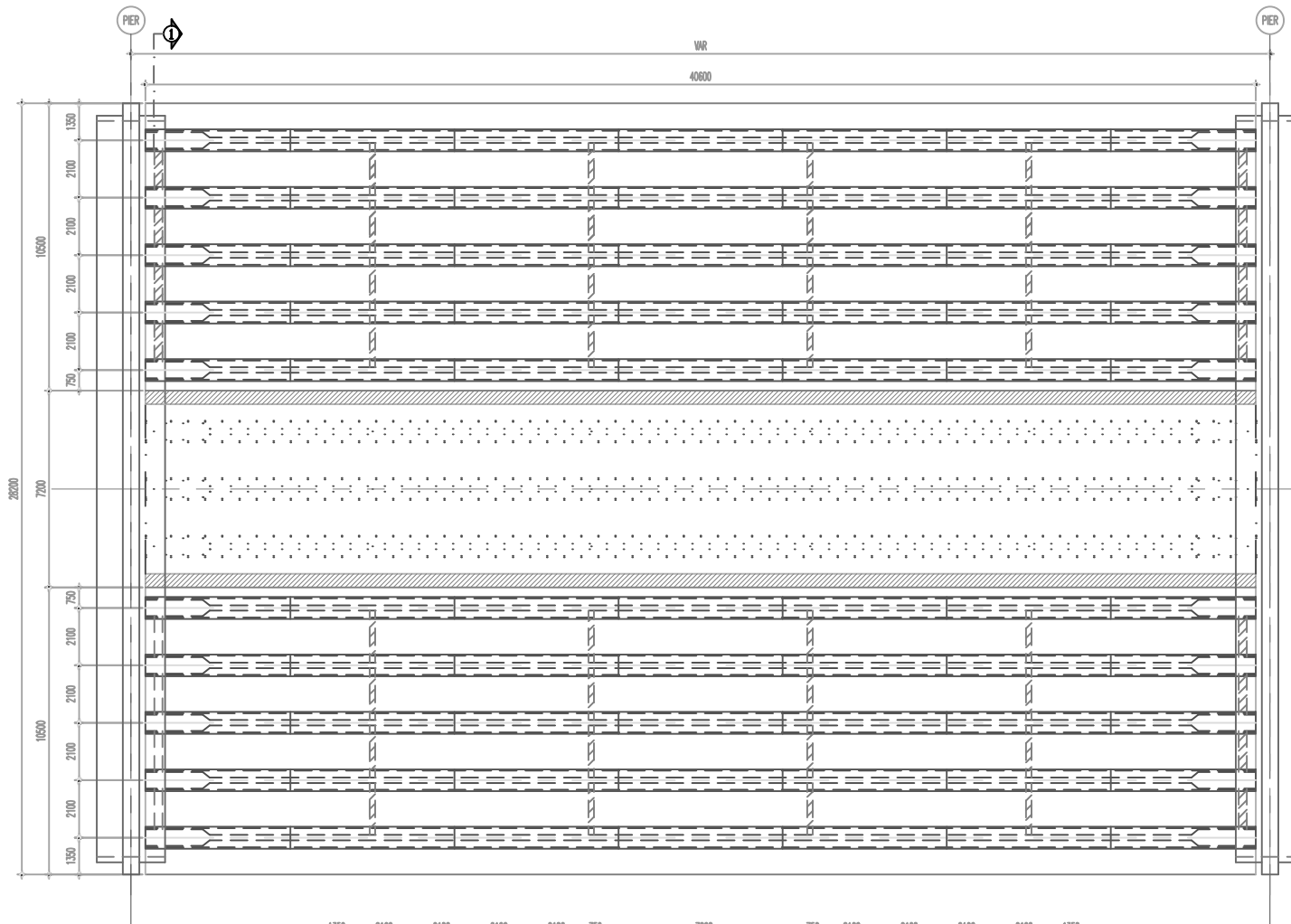
1 : 2000

NO. LEMBAR

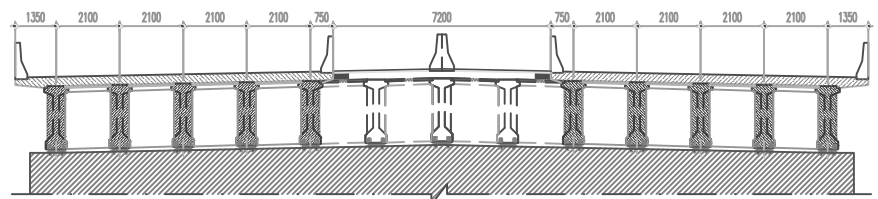
1

JML. LEMBAR

14



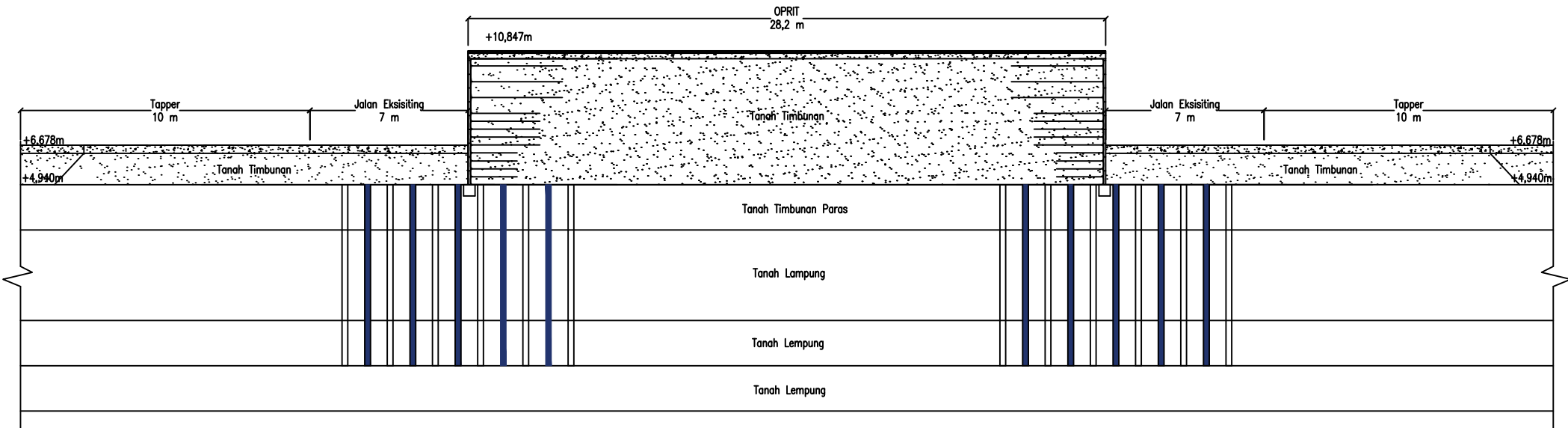
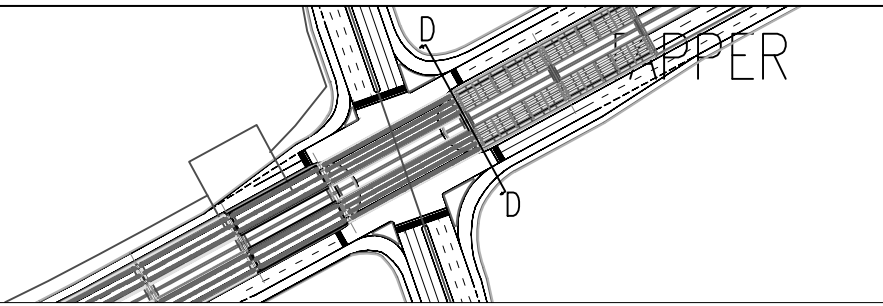
Girder Plan  
Skala 1:250




Section Pier  
Skala 1:250



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
	Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Girder	1 : 250	2	14




 Potongan Melintang Oprit dan Tapper D-D  
 Skala 1:250



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

Tugas Akhir

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD  
 Musta'in Arif, ST. MT

NAMA & NRP MAHASISWA

Rosa Irdiana  
 0311154.0000039

NAMA GAMBAR

Potongan Melintang  
 Oprit dan Tapper

SKALA

1 : 250

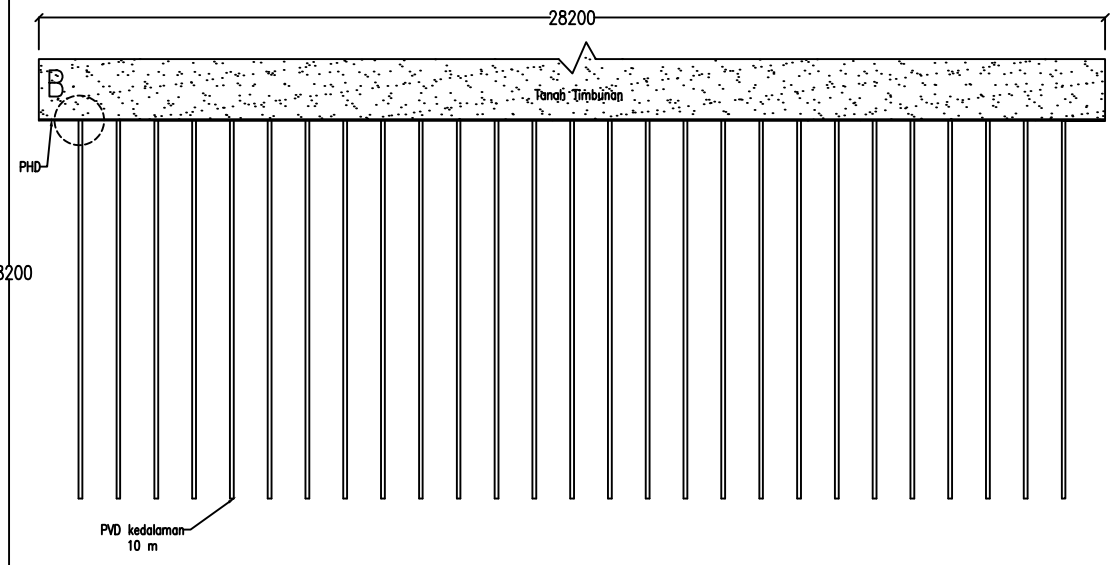
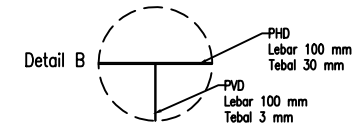
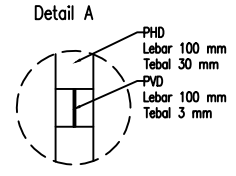
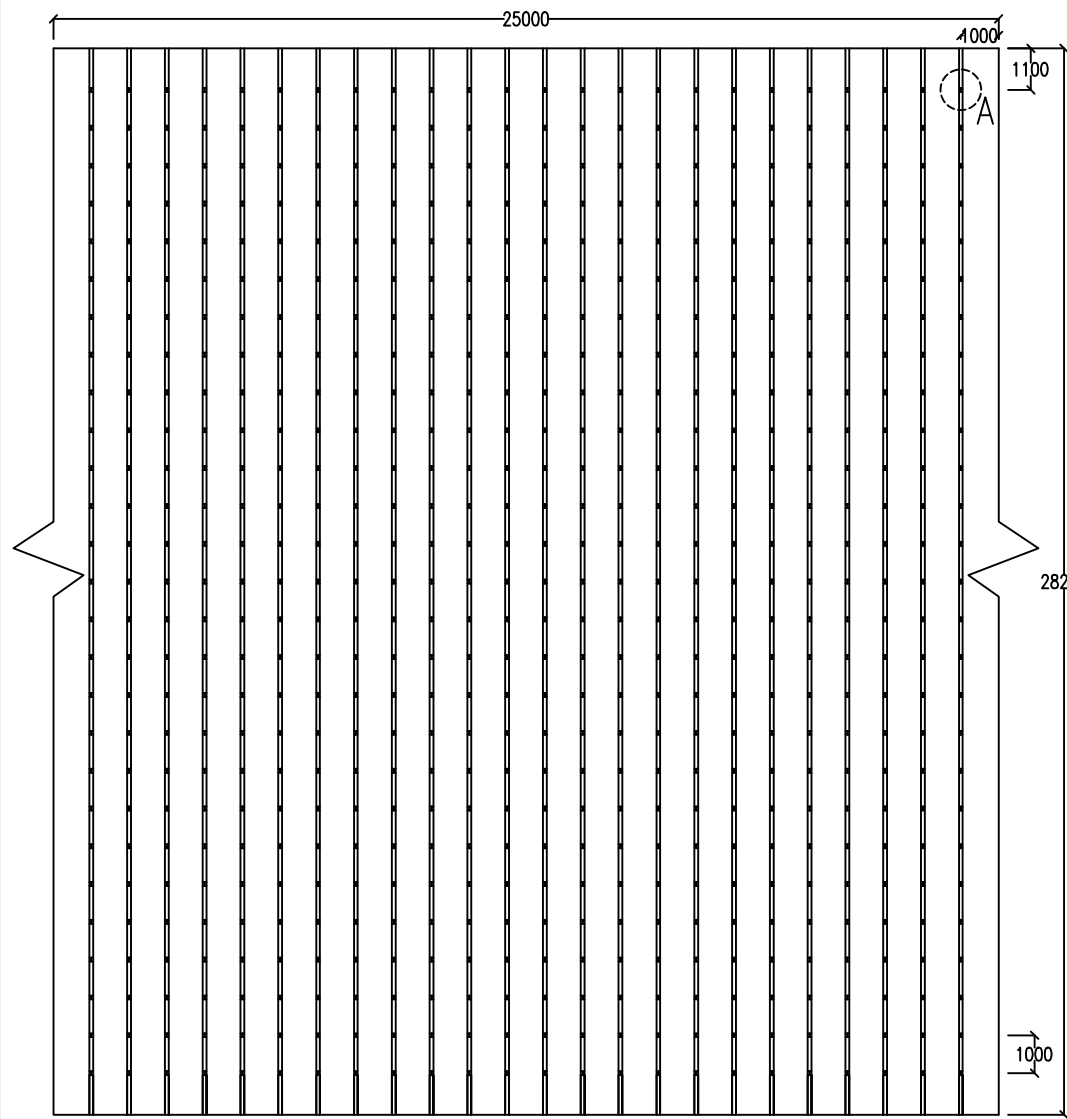
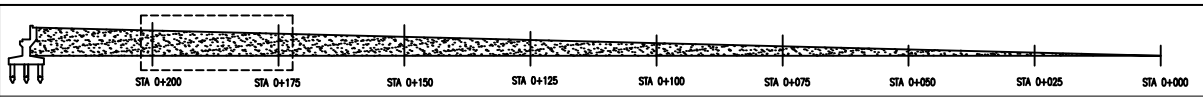
NO. LEMBAR

3

JML. LEMBAR

14

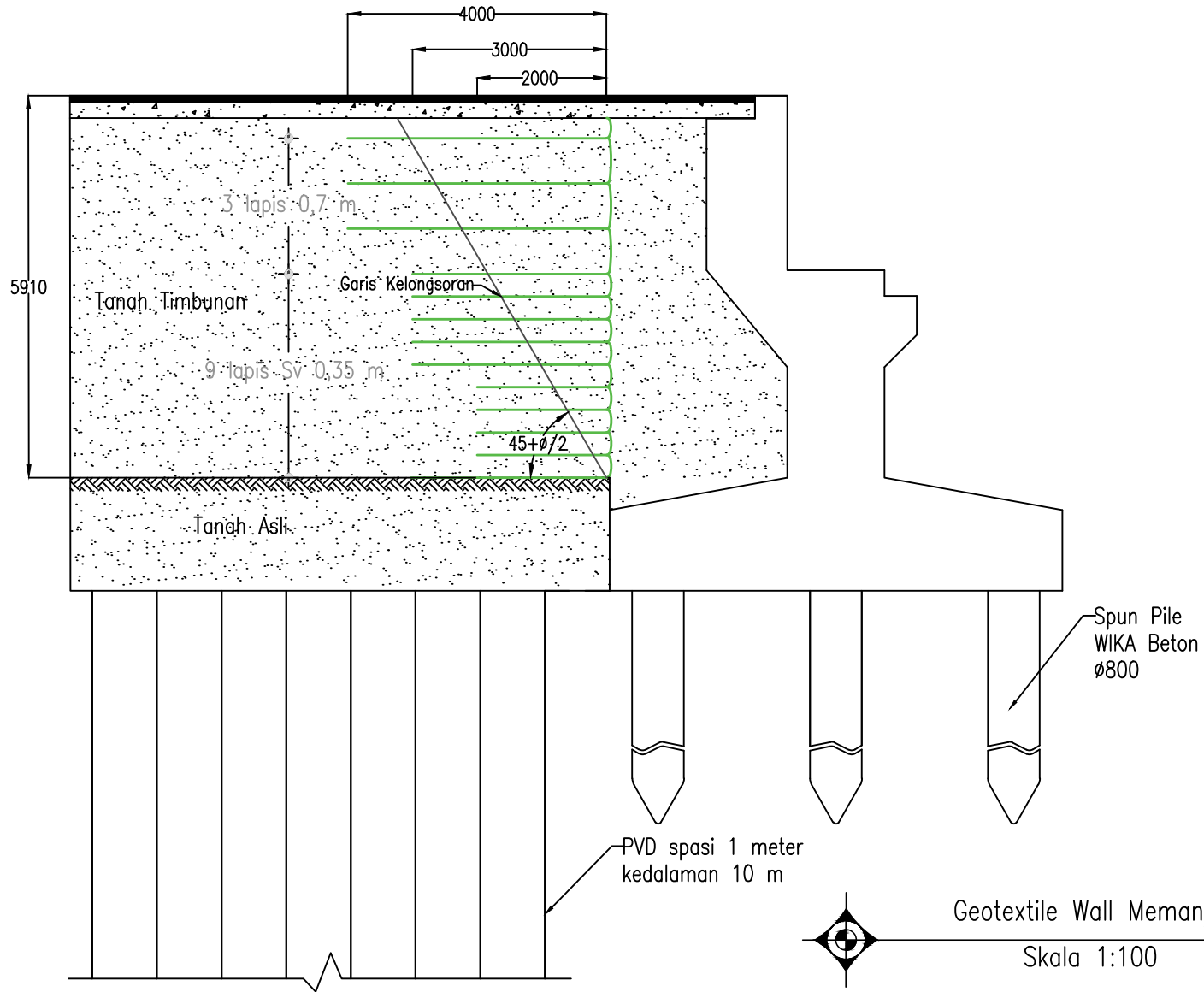
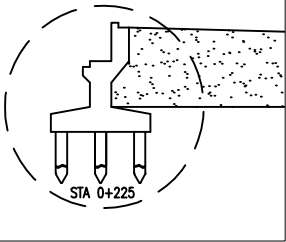




Pemasangan PVD pada Timbunan (STA 0+175 – STA 0+200)  
 Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
	Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Contoh Perencanaan PVD pada Oprit Timbunan	1 : 200	4	13



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
 LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
 NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

Tugas Akhir

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD  
 Musta'in Arif, ST. MT

NAMA & NRP MAHASISWA

Rosa Irdiana  
 0311154.0000039

NAMA GAMBAR

Perkuatan  
 Geotextile Wall  
 Memanjang

SKALA

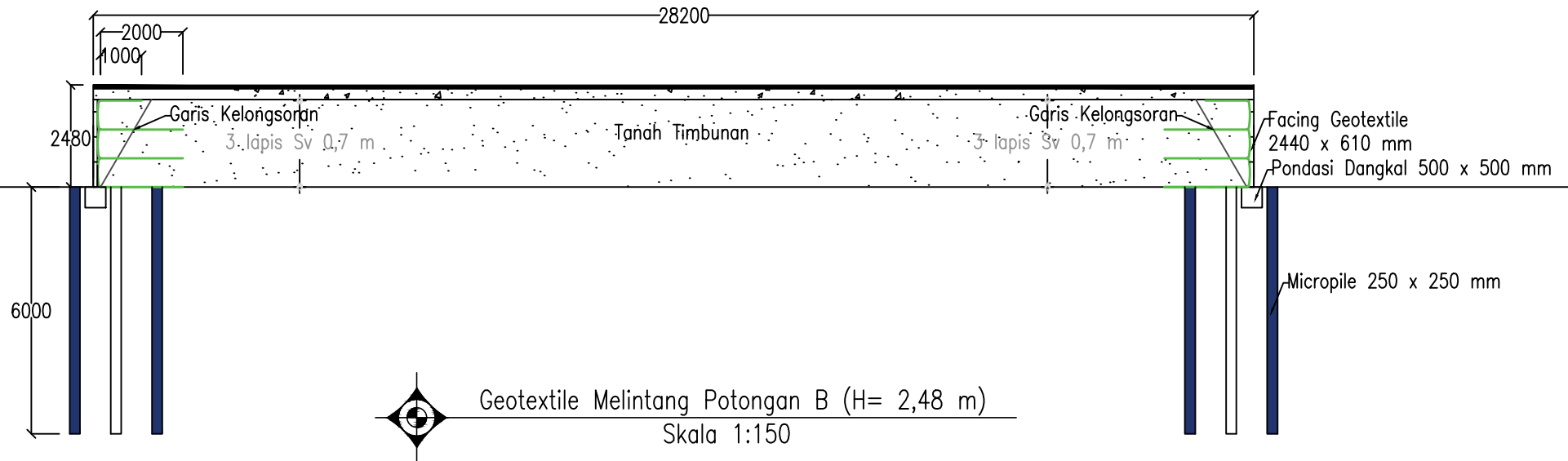
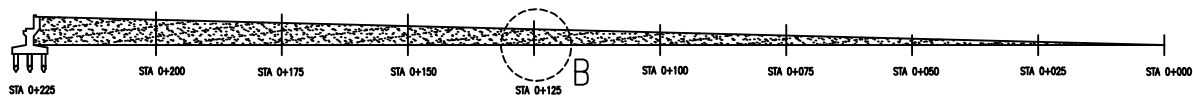
1 : 75

NO. LEMBAR

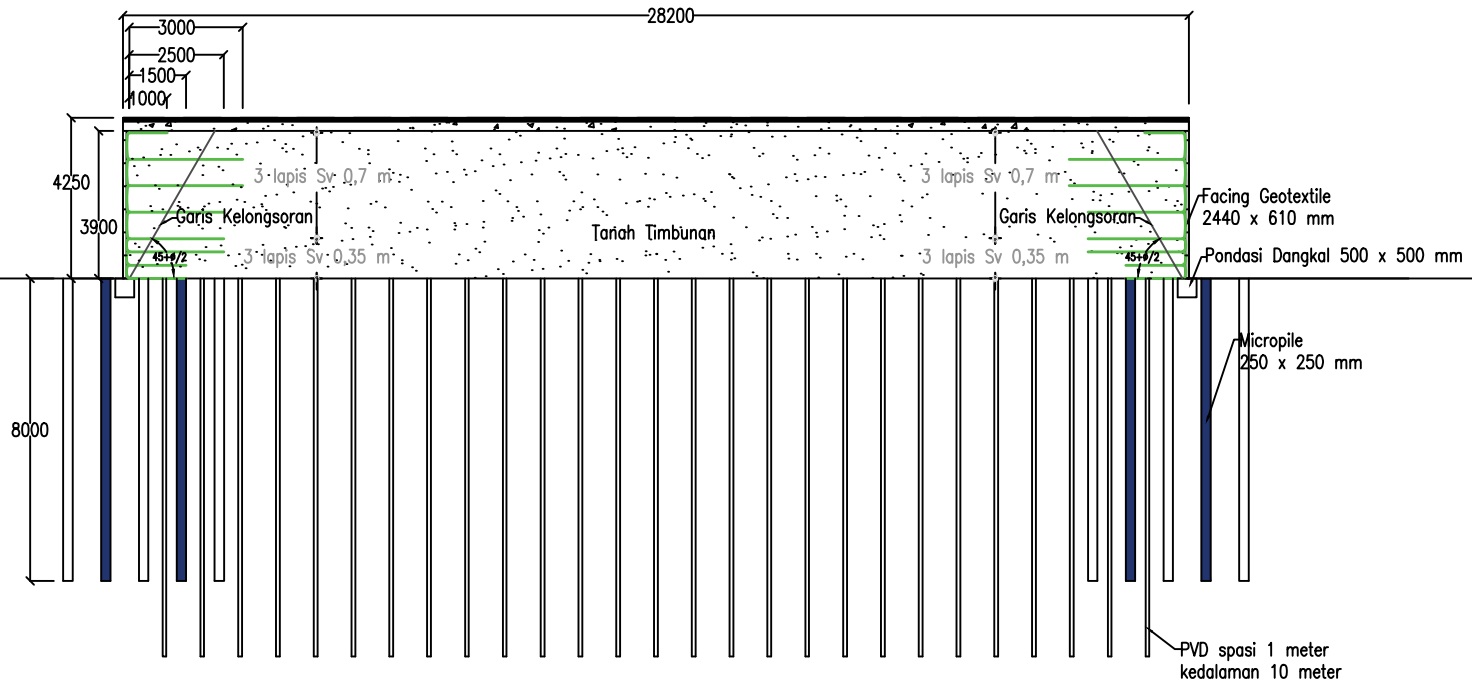
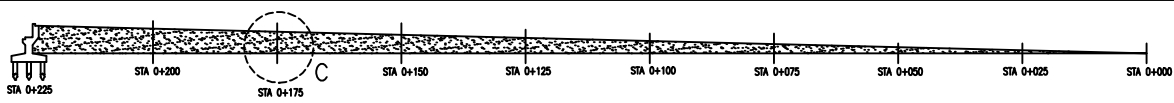
5

JML. LEMBAR

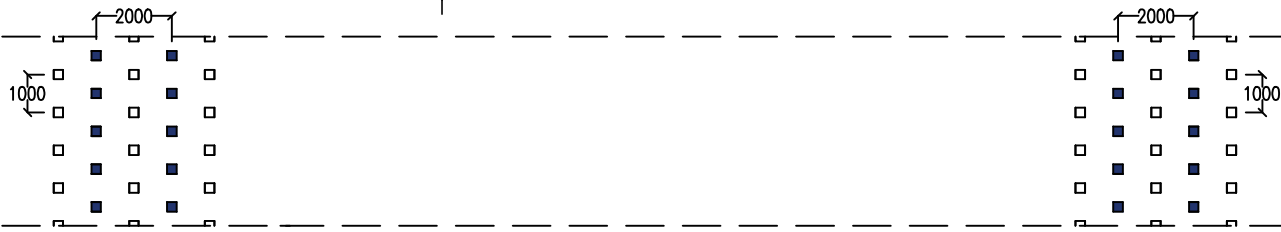
14



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
	Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Perkuatan <i>Geotextile Wall</i> Melintang Potongan B	1 : 150	6	14



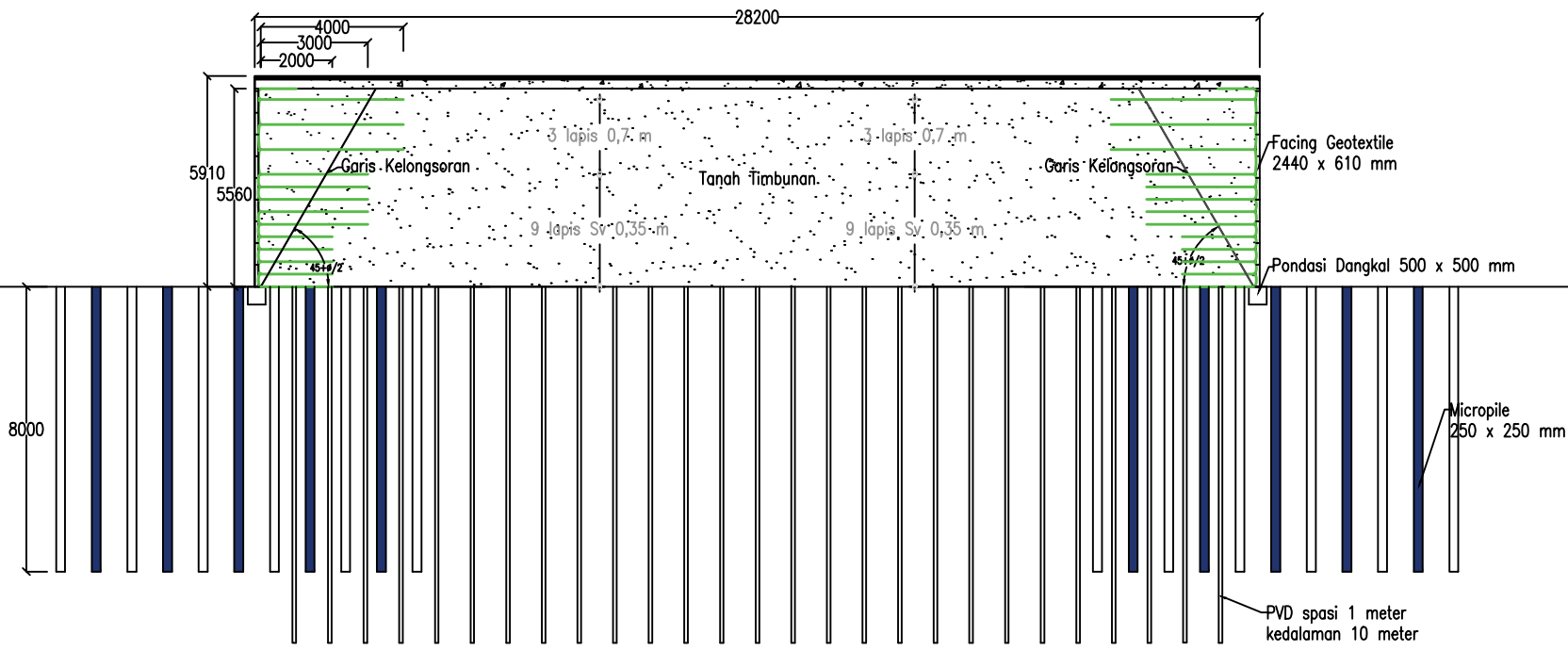
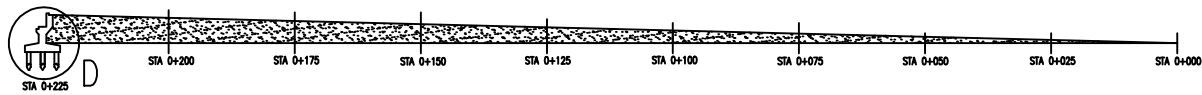
Geotextile Melintang Potongan C (H= 4,25 m)  
Skala 1:200



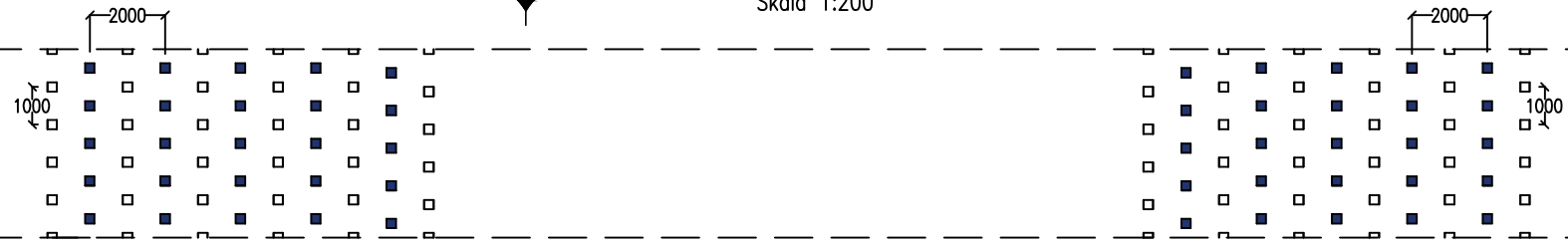
Tampak Atas Micropile Potongan C dengan Geotextile  
Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
	Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Perkuatan Geotextile Wall Melintang Potongan C	1 : 200	7	14

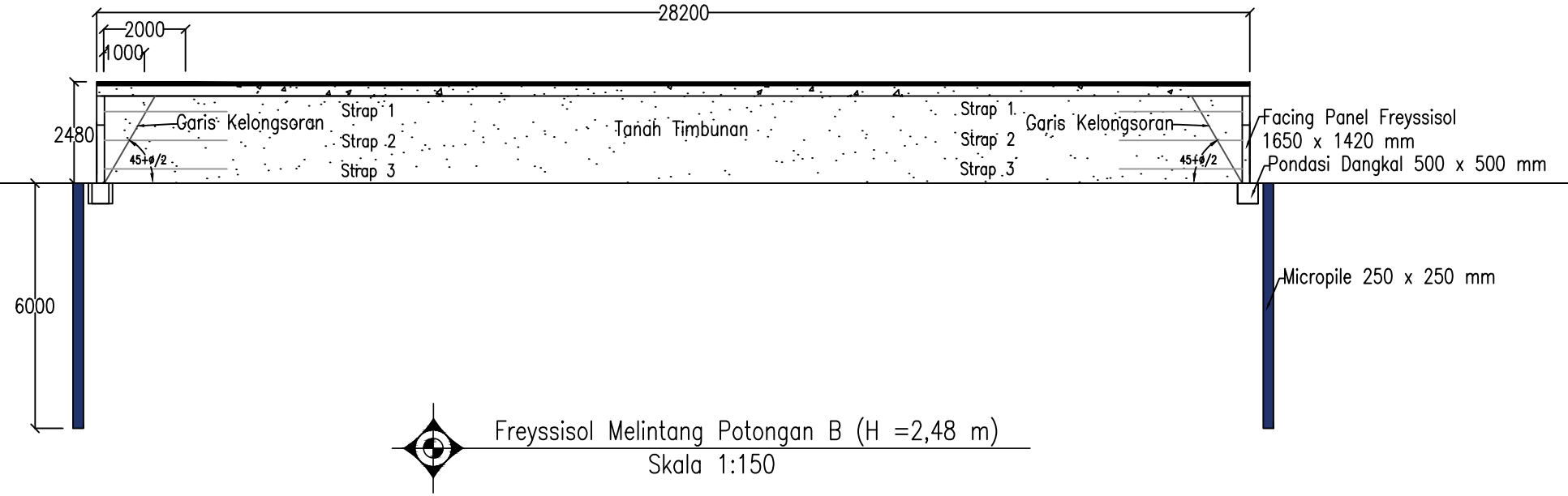
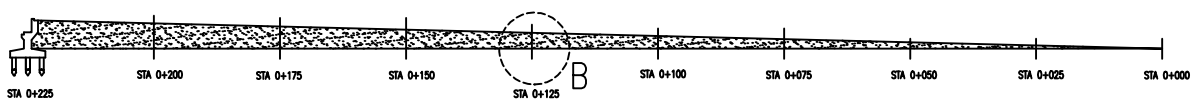


Geotextile Melintang Potongan D (H = 5,91 m)  
Skala 1:200



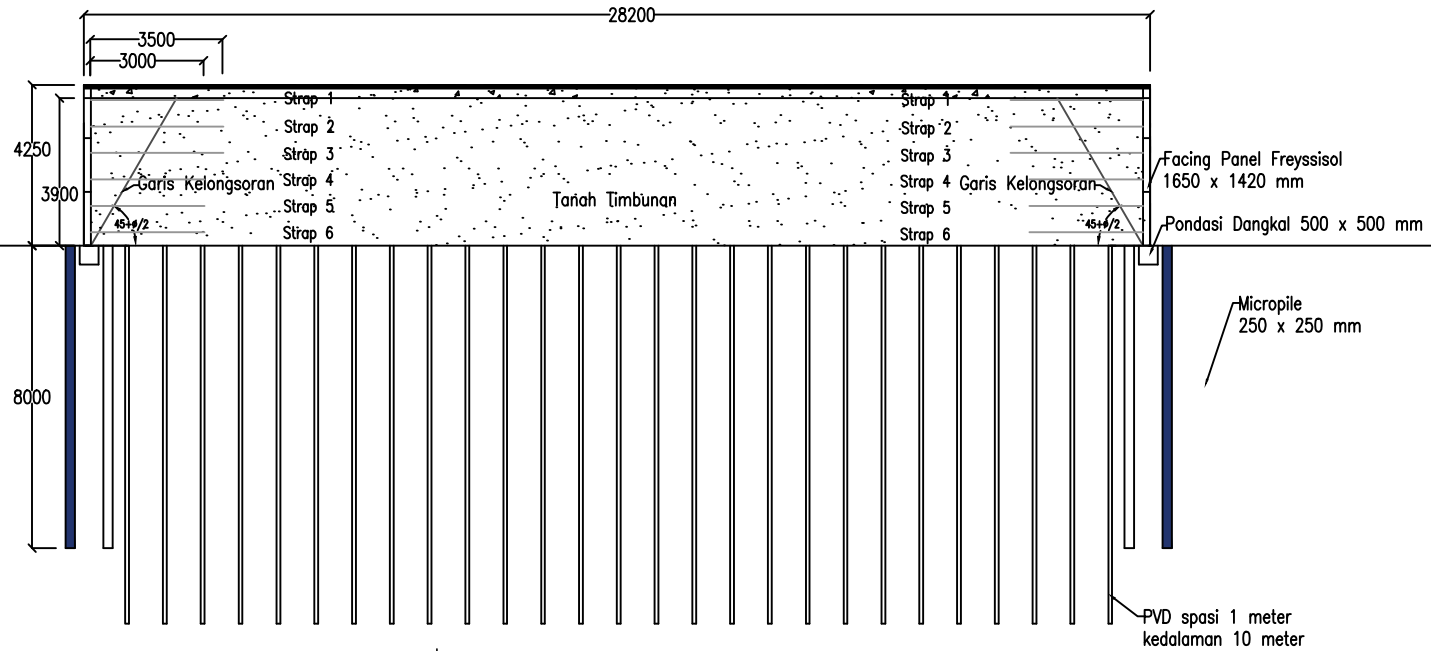
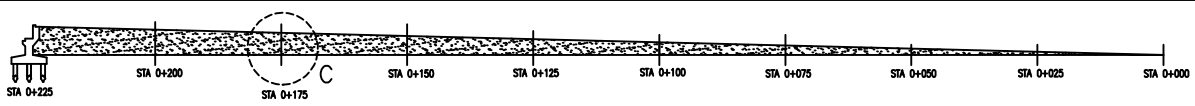
Tampak Atas Micropile Potongan D dengan Geotextile  
Skala 1:200

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Perkuatan <i>Geotextile</i> Wall Melintang Potongan D	1 : 200	8	14

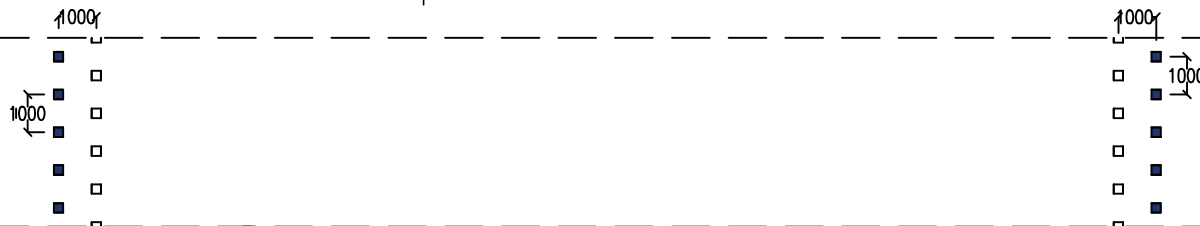


Tampak Atas Micropile Potongan B dengan Freyssisol  
Skala 1:150

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Perkuatan Freyssisol Potongan B	1 : 150	9	14



Freyssisol Melintang Potongan C (H = 4,25 m)  
Skala 1:200



Tampak Atas Micropile Potongan C dengan Freyssisol  
Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

Tugas Akhir

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD  
Musta'in Arif, ST. MT

NAMA & NRP MAHASISWA

Rosa Irdiana  
0311154.0000039

NAMA GAMBAR

Perkuatan Freyssisol  
Potongan C

SKALA

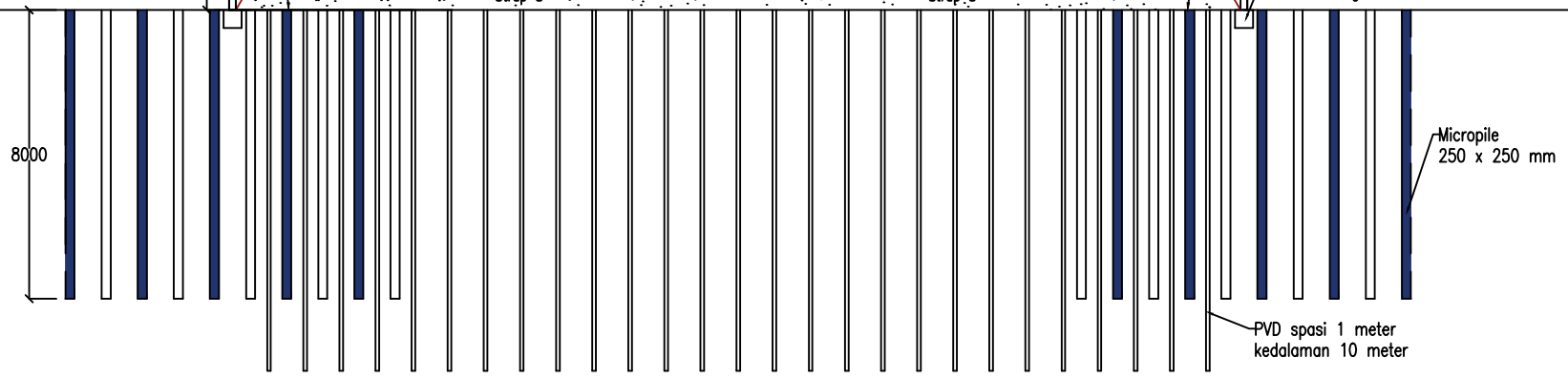
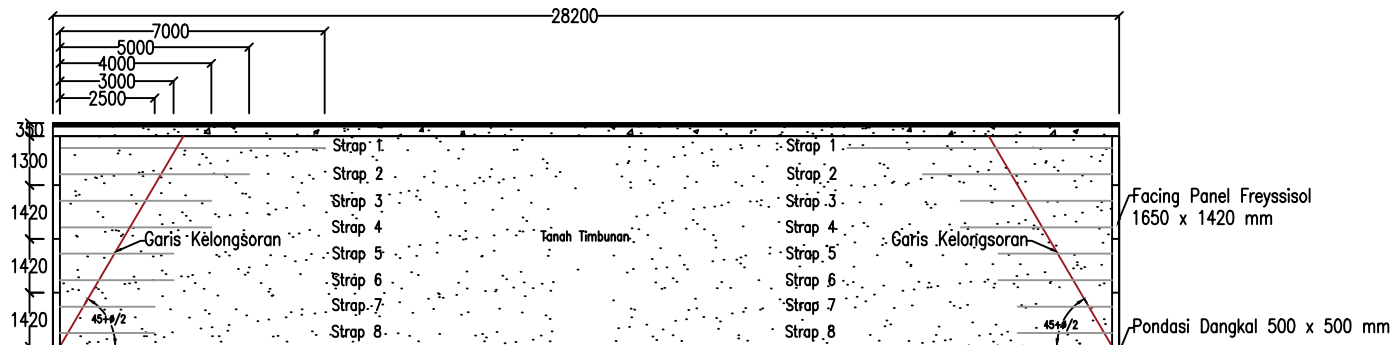
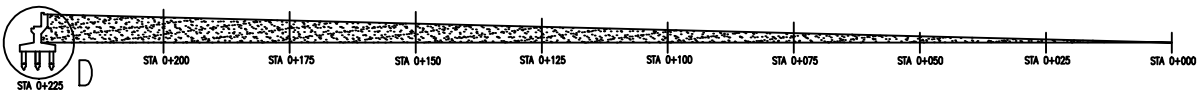
1 : 200

NO. LEMBAR

10

JML. LEMBAR

14



Freyssisol Melintang Potongan D (H = 5,91 m)  
Skala 1:200

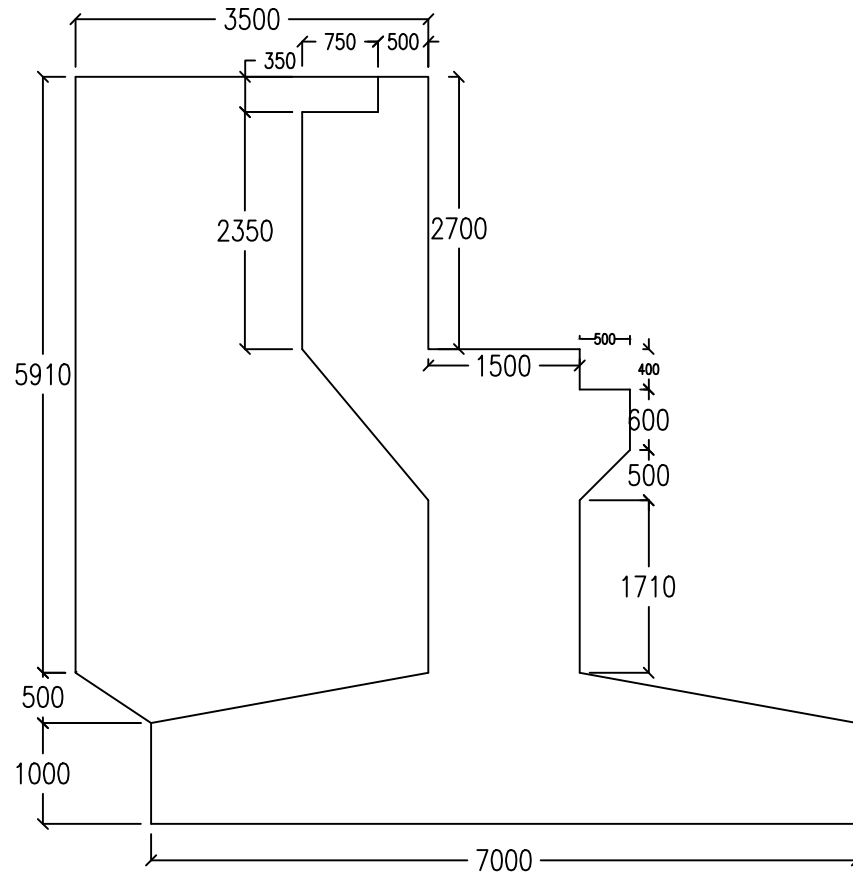


Tampak Atas Micropile Potongan D dengan Freyssisol  
Skala 1:200



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
	Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Perkuatan Freyssisol Potongan D	1 : 200	11	14





Dimensi Abutmen

Skala 1:75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

DOSEN PEMBIMBING

NAMA & NRP MAHASISWA

NAMA GAMBAR

SKALA

NO. LEMBAR

JML. LEMBAR

Tugas Akhir

Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD  
Musta'in Arif, ST. MT

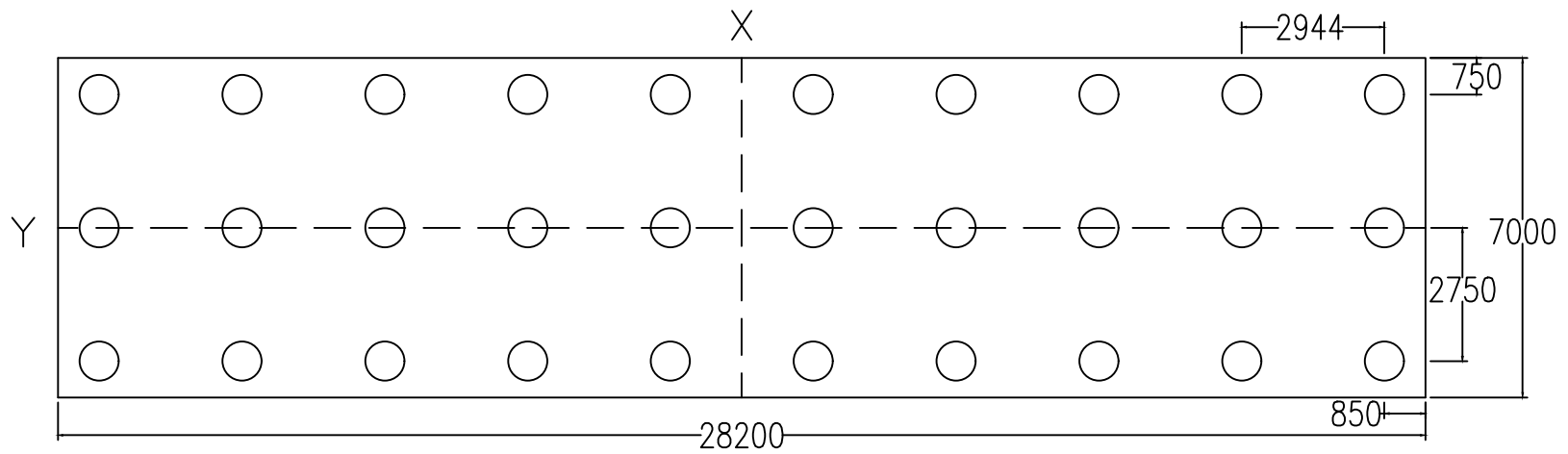
Rosa Irdiana  
0311154.0000039


Dimensi Abutmen


1 : 75

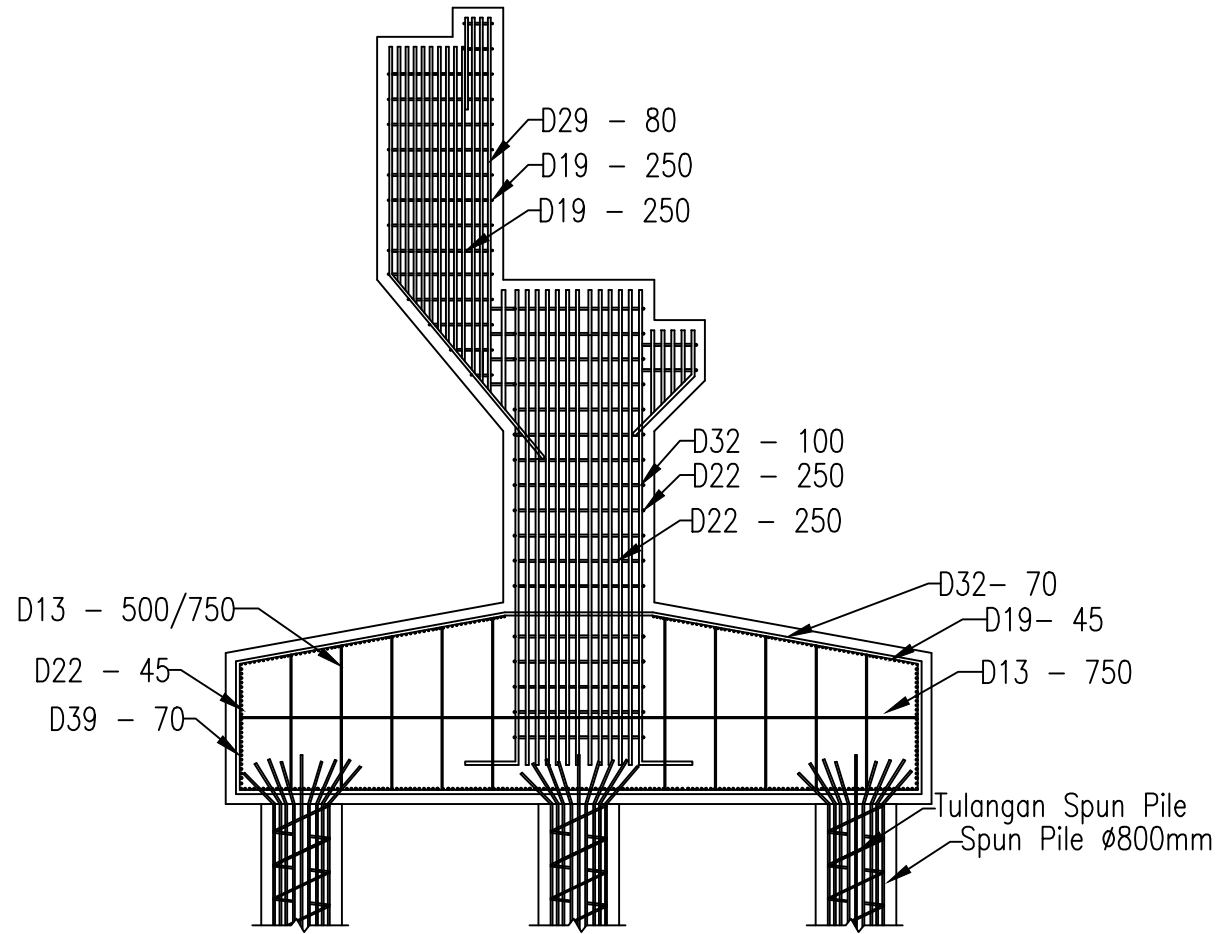
12

14




 Denah Tiang Pancang  
 Skala 1:150

	DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA	NAMA TUGAS	DOSEN PEMBIMBING	NAMA & NRP MAHASISWA	NAMA GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR	JML. LEMBAR
		Tugas Akhir	Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD Musta'in Arif, ST. MT	Rosa Irdiana 0311154.0000039	Denah Tiang Pancang	1 : 150	13	14



Tulangan Abutmen

Skala 1:75



DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL  
LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER SURABAYA

NAMA TUGAS

Tugas Akhir

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Noor endah, MSc. PhD  
Musta'in Arif, ST. MT

NAMA & NRP MAHASISWA

Rosa Irdiana  
0311154.0000039

NAMA GAMBAR

Tulangan Abutmen

SKALA

1 : 75

NO. LEMBAR

14

JML. LEMBAR

14



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Moor Endah, M.Sc. Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Rosa Indiana
NRP	: 03111540000039
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Oprit Timbunan, Pondasi, dan Tapper pada Flyover Terminal Teluk Lamong Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 06 November 2018
NO. SP-MMTA	: 086167

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	04/01 19	- Penjelasan Data Tanah - Penampang /potongan oprit	- Grafik parameter Tanah	<u>uwa</u>
2.	07/01 19	- Grafik parameter Tanah	- parameter dikelompokkan	<u>uwa</u>
3.	08/01 19	- pengelompokan parameter	- Hasil	<u>uwa</u>
4.	24/01 19	- Hasil pengelompokan	- Rekap parameter	<u>uwa</u>
5.	29/01 19	- Rekap parameter	- Hkritis	<u>uwa</u>
6.	11/03 19	- Xstable Hkritis	- cek lagi	<u>uwa</u>
7.	15/03 19	- Xstable - perhitungan PVD	- cek lagi x stable - cek penondaan	<u>uwa</u>
8.	20/03 19	- Xstable ok - Hkritis. korelasi	- Timbunan bertahap	<u>uwa</u>
9.	26/03 19	- Timbunan bertahap	- perbaiki rumus Sc untuk oc dan Hc	<u>uwa</u>
10.	27/03 19	- Timbunan bertahap	- cek grafik Sc vs tahap	<u>uwa</u>
11.	28/03 19	- Tahapan penimbunan	- Tahapan sesuaikan dengan Spasi perkuatan	<u>uwa</u>
12.	03/04 19	- pemampatan Tapper	- cek pemampatan Sc < 2 cm/tahun tanpa pvd	<u>uwa</u>
13.	05/04 19	- Tapper - pemampatan oprit	- cek Hkritis dan Hfinal	<u>uwa</u>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Prof. Ir. Moor Endah, M.Sc. Ph.D
NAMA MAHASISWA	: Rara Indiana
NRP	: 0311154000039
JUDUL TUGAS AKHIR	: perencanaan opril Timbunan, Pondasi dan Tapper pada Flyover Terminal Teluk Lamong Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 06 Nopember 2018
NO. SP-MMTA	: 086167

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
14	08/04 <sup>19</sup>	- Tapper	- Tapper ok - coba cari $\gamma$ dan e baru untuk pemampatan pavement dan traffic	moor -
15	12/04 <sup>19</sup>	- perhitungan $\gamma$ dan e baru	- cek pemampatan	moor -
16	16/04 <sup>19</sup>	- perkuatan geotextile	- cek lagi!	moor -
17	19/04 <sup>19</sup>	- perkuatan geotextile - perkuatan freyrsisol	- cek lagi!	moor -
18	23/04 <sup>19</sup>	- perkuatan geotextile - perkuatan freyrsisol	- cek lagi!	moor -
19	26/04 <sup>19</sup>	- sesuaikan perhitungan dengan spesifikasi freyrsisol	- sesuaikan spek.	moor -
20	29/04 <sup>19</sup>	- freyrsisol dan overall	- cek overall - tambah micropile	moor -
21	03/05 <sup>19</sup>	- overall - Laporan	- cek overall sampai ok - Benahi Laporan	moor -
22	16/05 <sup>19</sup>	- Gambar abotmen	- cek lagi	moor -



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Musta'in Arif, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: Rosa Indiana
NRP	: 03111540000039
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Oprit Timbunan, Pondasi dan Tapper pada Flyover Terminal Teluk Lamong Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 06 Nopember 2018
NO. SP-MMTA	: 086167

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	17/01 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Beban struktur atas flyover</li> <li>- Tahapan perhitungan abutmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan beban abutmen</li> <li>- Kombinasi pembebanan</li> </ul>	<i>Musta</i>
2.	08/02 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kombinasi pembebanan abutmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cek beban pelaksanaan</li> <li>- pastikan asal rumus <math>\rightarrow</math> meyerhoff</li> <li>- cek cara NAVFAC dan Thomlinson (<math>Z_f=0</math> atau lainnya)</li> </ul>	<i>Musta</i>
3.	18/02 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- perhitungan daya dukung tanah Luciano De court</li> <li>- perhitungan lateral tiang dengan NAVFAC</li> <li>- pembebanan abutmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perbaiki cara Court</li> <li>- perhitungan lateral NAVFAC hanya untuk sdh jenis tanah</li> <li>- Tulangan abutmen</li> <li>- Korelasi tanah (sesuaikan SPT dan jenis tanah)</li> <li>- Cari teori jika pakai geotextile tekanan tanah = 0</li> </ul>	<i>Musta</i>
4.	27/02 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan daya dukung metode Luciano Decourt</li> <li>- Perhitungan gaya lateral tiang metode Thomlinson</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan daya dukung tanah per 2m</li> <li>- Cek lagi parameter <math>\delta \rightarrow</math> logis atau tidak</li> <li>- Cek Nrata-rata <math>N_{cl}</math> pakai koreksi</li> <li>- Bandingkan meyerhoff dan de court</li> </ul>	<i>Musta</i>



PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS  
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



Form AK/TA-04  
rev01

NAMA PEMBIMBING	: Mustain Arif, ST.MT
NAMA MAHASISWA	: Rosa Indiana
NRP	: 03111540000039
JUDUL TUGAS AKHIR	: Perencanaan Oprit Timbunan, Pondasi, Tapper pada Flyover Terminal Teluk Lamong Surabaya
TANGGAL PROPOSAL	: 06 Nopember 2018
NO. SP-MMTA	: 086167

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
5.	04/03 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Perhitungan per 2m-an sesuai SPT</li> <li>- perbandingan meyerhoff dan Luciano de court</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek perhitungan metode Thornlinson</li> <li>- Daya dukung dibuat 0,2m</li> <li>- Grafik disebelahkan Op dan Os (Grafik per 2m-an)</li> </ul>	<i>Mute</i>
6.	05/03 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Daya dukung setiap 0,2 m</li> <li>- perhitungan tulangan abutmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coba pakai tiang miring (lateral meningkat)</li> <li>- cek lagi tulangan</li> </ul>	<i>Mute</i>
7.	12/03 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tiang miring</li> <li>- Kombinasi beban abutmen</li> <li>- Tulangan abutmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek perhitungan</li> </ul>	<i>Mute</i>
8.	18/03 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Perhitungan kontrol lateral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek sampai oke!</li> <li>- Gambar abutmen</li> </ul>	<i>Mute</i>
9.	26/03 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gambar abutmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- lengkapi dimensi dan keterangan</li> </ul>	<i>Mute</i>
10.	16/05 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tulangan abutmen</li> <li>- oprit dan perkuatan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek puncture</li> <li>- cek apakah harus PVD</li> </ul>	<i>Mute</i>
11.	21/05 19	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cek puncture</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hicrits ok</li> </ul>	<i>Mute</i>

## BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Rosa Irdiana. Lahir di Gresik pada tanggal 19 Agustus 1997. Penulis menempuh pendidikan formal di TK PIKPG, SDNU 1 Terate Gresik, SMP Negeri 1 Gresik, dan SMA Negeri 1 Gresik. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Gresik pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Departemen Teknik Sipil FTSLK-ITS melalui jalur SNMPTN.

Di Jurusan Teknik Sipil, penulis mengambil judul Tugas Akhir di bidang Geoteknik. Pada masa perkuliahan penulis aktif dalam berorganisasi di bidang kemahasiswaan. Penulis menjadi pengurus LE-HMS FTSP ITS sebagai staf Departemen Sosial Masyarakat, serta Sekretaris Departemen Sosial Masyarakat HMS FTSP ITS pada tahun ketiga. Penulis dapat dihubungi melalui *email* [rosa.irdiana@gmail.com](mailto:rosa.irdiana@gmail.com).