

29/6/2007/H/07



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember



RSS  
624. 451 363  
Pra  
5-1  
2007

TUGAS AKHIR - PS 1380

**SISTEM ALTERNATIF PERENCANAAN  
PERKUATAN TANAH PADA TIMBUNAN TINGGI  
OVERPASS MAYANGAN, PROBOLINGGO  
(METODE KOMBINASI GEOTEXTILE-SHEETPILE  
DAN GEOGRID-BOX CULVERT)**

**FRISTO ARI PRAYOGO**  
NRP. 3101 100 052

**Dosen Pembimbing**  
Ir. Suwarno, MEng

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2007

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	28-2-2007
Terima Duri	H
No. Agenda Prp.	227756



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**FINAL PROJECT - PS 1380**

**ALTERNATIVES DESIGN OF REINFORCED SOIL  
SYSTEM FOR HIGH EMBANKMENT ON  
MAYANGAN OVERPASS, PROBOLINGGO  
(WITH COMBINATIONS GEOTEXTILE-SHEET PILE  
AND GEOGRID-BOX CULVERT)**

**FRISTO ARI PRAYOGO  
NRP. 3101 100 052**

**Academic Supervisor  
Ir. Suwarno, MEng**

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Institute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2007**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**SISTEM ALTERNATIF PERENCANAAN  
PERKUATAN TANAH  
PADA TIMBUNAN TINGGI OVERPASS MAYANGAN,  
PROBOLINGGO**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik**

**Pada**

**Bidang Studi Geoteknik**

**Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

**Oleh :**

**FRISTO ARI PRAYOGO**

**Nrp. 3101 100 052**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :**



**SURABAYA,  
FEBRUARI 2007**

# SISTEM ALTERNATIF PERENCANAAN PERKUATAN TANAH PADA TIMBUNAN TINGGI OVERPASS MAYANGAN PROBOLINGGO

Nama Mahasiswa : FRISTO ARI PRAYOGO  
NRP : 3101.100.052  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. SUWARNO, M.Eng

## ABSTRAK

Overpass adalah bagian dari fly over yang merupakan terusan dari 2 ujung fly over. Overpass merupakan salah satu cara untuk menanggulangi permasalahan lalu lintas yang terjadi saat ini. Pembangunan timbunan tinggi pada overpass Mayangan ini diperlukan perencanaan yang matang dan perencanaan yang tepat. Hal itu dikarenakan konstruksinya yang sangat tinggi. Konstruksi tersebut memiliki dimensi Panjang =  $\pm 140$  m, L = 20 m,  $H_{\text{timbunan}} = \pm 10$  m, timbunan tegak  $90^\circ$ , lokasinya berada di sekitar Pelabuhan Mayangan Probolinggo. Pada penulisan tugas akhir ini akan direncanakan dengan 2 alternatif timbunan yaitu : struktur *Goegrid-Box culvert*, kombinasi *Sheet Pile* dan *Geotextile*, pada timbunan tidak digunakan *granular soil*, tetapi menggunakan beberapa komposisi tanah urugan tanah, serta dilakukan perhitungan konsolidasi tanah dasar dengan menggunakan PVD dan preloading untuk mempercepat waktu konsolidasi selain itu juga dihitung Rencana Anggaran Biaya dari tiap – tiap alternatif guna menganalisa biaya, dan pelaksanaan dari alternatif manakah yang paling proporsional untuk dilaksanakan .

Dari analisa didapatkan untuk alternatif 1 dengan kombinasi sheet pile dengan geotextile dibutuhkan biaya sebesar Rp 7.933.930.609,97 yang terdiri dari jenis Pekerjaan Tanah, pemasangan sheet pile dan perkuatan tanah. Untuk alternative 2 kombinasi struktur geogrid dan box culvert dibutuhkan biaya sebesar Rp. 5.361.562.234,88 yang terdiri dari jenis Pekerjaan Tanah, pemancangan minipile, pengecoran box culvert dan perkuatan tanah

**Kata Kunci :** Timbunan tinggi, Geogrid, Geotextile, Sheet Pile, , PVD, Box culvert, dan biaya pelaksanaan.



**ALTERNATIVES DESIGN of  
REINFORCED SOIL SYSTEM  
FOR HIGH EMBANKMENT ON MAYANGAN  
OVERPASS  
PROBOLINGGO**

**Name** : FRISTO ARI PRAYOGO  
**NRP** : 3101.100.052  
**Department** : Civil Engineering Department Faculty of  
Civil Engineering and Planning - ITS  
**Academic Supervisor** : Ir. SUWARNO, M.Eng

**ABSTRACT**

Overpass is a part of fly over which connected between 2 end points of fly over. Overpass is another way to solve the traffics problem that happen now days. The development of high embankment on Mayangan overpass, needed an accurate design, because it's developed in high construction. The construction has length of  $\pm 140$  m, the width is 20 m, and the height of embankment is  $\pm 10$  m, with vertical slope of  $90^{\circ}$ , the location of this embankment is around of Mayangan Harbour, Probolinggo. In this final Project, will be designed with 2 alternatives which are : Geogrid structure - Box Culvert and combination between sheet pile and geotextile. In this embankment, granular material will not be used for overall embankment, it also was designed the PVD and preloading to speed up consolidation time and also need to calculate estimation cost of each alternatives and to conclude which is most proportional alternative can be used.

The result of this analysis is that from alternative 1 which is combining between sheet pile with geotextile has an estimated cost is Rp. 7.933.930.609,97 such as soil Works t, sheet pile erection and reinforced soil system. For alternative 2 which is combining of geogrid structure and box culvert is has an estimated cost is Rp. 5.361.562.234,88 such as soil works, mini pile, box culvert and reinforced soil system.

**Keywords** : High Embankment, Geogrid, Geotextile, Sheetpile, PVD, Box Culvert, and cost estimated.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillahirobbil'alamin atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Dalam Tugas Akhir ini dibahas tentang Perencanaan Alternatif Sistem Perkuatan Tanah pada Timbunan Tinggi Overpass Mayangan-Probolinggo dengan dua alternative yaitu struktur geogrid – box culvert dan kombinasi sheet pile - geotextile.

Tersusunnya makalah Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang sangat membantu. Tidak terkira banyaknya bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak, baik disadari maupun tidak disadari. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu Saya yang telah mendidik saya dan segala pengorbanan beliau untuk saya sampai saat ini.
2. Tuhan Yang Maha Esa, yang tidak pernah membiarkan penulis melangkah seorang diri. Bimbingan dan anugerah yang tak terkira banyaknya, yang disediakan setiap hari.
3. Ir.Suwarno M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc selaku dosen wali.
5. Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, MSc. PhD. selaku ketua jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
6. Seseorang disana yang telah menjadi segalanya buat saya dalam kondisi apapun
7. Saudara Sigit Eltanto atas printer Epson C 45nya yang direlakan untuk saya bajak sampai selesai, suwun yo Git !!

8. Agung Slamet dan Farid atas kamar dan komputernya buat menyelesaikan TA A5 yang syah.
9. StakeHolder CV. BUCPT : Ady, Arief" sipit" Budianto, Sigit, Elfin" Qechenk", Ikromi Kaji Botak, Heri Wijoyo go supatgo, Hadid Jembrong, Muklis "RT", Rudi Tecnic ( suwun Sarane )
10. Teman-teman S-44 yang telah memberikan dukungan dan warna dalam kehidupan di kampus serta bantuan tenaganya.
11. Serta semua pihak yang telah membantu baik secara lansung maupun tidak lansung.

Penulis berusaha menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya, namun penulis juga menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Sumbangan saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan penulis dalam memberikan kesempurnaan penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat sebesar-besarnya bagi pembaca dan khususnya rekan-rekan Teknik Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Surabaya, Februari 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
ABSTRAK	
ABSTRACT	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan .....	3
1.3. Maksud dan Tujuan .....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4

### BAB II DASAR TEORI

2.1. Pemampatan Tanah ( penurunan lapisan tanah) .....	9
2.1.1 Penurunan Konsolidasi.....	9
2.1.2 Tinggi Timbunan .....	14
2.2. Vertical Drain .....	15
2.2.1 Fungsi Vertikal Drain.....	16
2.2.2 Waktu Konsolidasi Vertikal Drain.....	17
2.2.3 Kenaikan Daya Dukung Tanah Akibat Pemampatan Tanah.....	20
2.3. Konsep Dasar Reinforced Soil System.....	22
2.3.1 Tekanan Tanah Lateral.....	23
2.3.2 Koefisien Tekanan Tanah Menurut Teori Rankine.....	26
2.3.3 Persamaan Tekanan Tanah Ke samping.....	26
2.3.4 Pengaruh Beban Merata Di atas Tanah Urugan....	29
2.3.5 Sheet Pile.....	29

2.3.6 Geosynthetics.....	30
2.3.7 Metode Tie Back.....	39
2.4. Kriteria Pemilihan Alternatif .....	48
2.5. Spesifikasi Bahan.....	50

### **BAB III METODOLOGI**

3.1. Identifikasi Masalah.....	53
3.2. Studi Literatur.....	53
3.3. Data dan Parameter Desain.....	55
3.3.1 Data yang Diperlukan.....	55
3.3.2 Pengolahan Data-data perencanaan.....	55
3.4. Analisa Perhitungan.....	55
3.4.1 Kombinasi Geotextile dan Sheet Pile.....	56
3.4.2 Struktur Geogrid dan Box Culvert.....	56
3.5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan .....	56
3.6. Kesimpulan.....	56

### **BAB IV ANALISA PERHITUNGAN**

4.1. Umum .....	61
4.2. Perencanaan Vertikal Drain.....	62
4.2.1. Perhitungan Penurunan Total.....	63
4.2.2. Merencanakan kedalaman PVD.....	69
4.2.3. Perhitungan Settlement akibat Pemakaian PVD....	71
4.2.4. Peninjauan Jarak PVD dengan Waktu Konsolidasi.....	76
4.3 <b>Perencanaan Kombinasi Sheet Pile + Geotextile</b>	
4.3.1. Perencanaan Sheet pile Beton .....	83
4.3.2. Perencanaan Geotextile.....	89
4.4 <b>Perencanaan Geogrid dan Box Culvert</b>	
4.4.1. Perhitungan Panjang Geogrid yang Terpasang.....	99
4.4.2. Perencanaan Box Culvert.....	104
4.4.3. Perencanaan Minipile 30 x 30 cm.....	113

<b>4.5 Metode Pelaksanaan dan Rencana Anggaran Biaya</b>	
4.5.1. Kombinasi Sheet Pile - Geotextile.....	120
4.5.2. Rencana Anggaran Biaya Kombinasi Sheet pile Geotextile.....	125
4.5.3. Kombinasi Struktur Geogrid – Box culvert.....	126
4.5.4. Rencana Anggaran Biaya Struktur Geogrid – Box culvert.....	133

## **BAB V REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN**

<b>5.1. Kombinasi Sheet Pile – Geotextile.....</b>	<b>135</b>
5.1.1 Perencanaan PVD.....	135
5.1.2 Perencanaan Kedalaman dan Dimensi Sheet Pile.....	144
5.1.3 Perencanaan Pemasangan Geotextile.....	144
<b>5.2. Geogrid – Box Culvert.....</b>	<b>144</b>
5.2.1 Perencanaan Geogrid.....	147
5.2.2 Perencanaan Box Culvert.....	149
5.2.3 Perencanaan Minipile.....	150
5.2.4 Rencana Anggaran Biaya.....	155

## **BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1. Kesimpulan.....	159
6.2. Saran.....	159

<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>161</b>
----------------------------	------------

<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>163</b>
----------------------	------------



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gbr 1.1.</b> Peta Indonesia dan Lokasi.....	5
<b>Gbr 1.2.</b> Detail Lokasi Proyek.....	5
<b>Gbr 1.3.</b> Layout Timbunan Overpass.....	6
<b>Gbr 1.4.</b> Cross Section Overpass Mayangan.....	6
<b>Gbr 2.1.a</b> Karakteristik Konsolidasi Tanah Terkonsolidasi Normal.....	7
<b>Gbr 2.1.b</b> Karakteristik Konsolidasi Tanah Terkonsolidasi Lebih.....	7
<b>Gbr 2.2</b> Hubungan antar Tinggi Timbunan dengan Settlement .....	15
<b>Gbr 2.3</b> Konsolidasi arah Vertikal.....	16
<b>Gbr 2.4</b> Konsolidasi arah Horizontal.....	16
<b>Gbr 2.5</b> Pola susunan bujur sangkar $D= 1,13.S$ .....	16
<b>Gbr 2.6</b> Pola susunan segitiga $D= 1,05.S$ .....	16
<b>Gbr 2.7</b> Konsep dasar Sistem Perkuatan Tanah .....	20
<b>Gbr 2.8</b> Diagram Tekanan Tanah Aktif .....	22
<b>Gbr 2.9</b> Diagram Tekanan Tanah Pasif .....	22
<b>Gbr 2.10</b> Diagram Tekanan Tanah Aktif Rankine untuk Tanah Berpasir .....	24
<b>Gbr 2.11</b> Distribusi tekanan tanah Lateral .....	33
<b>Gbr 2.12</b> Dasar perencanaan Tegangan tarik dan panjang penjangkaran .....	33
<b>Gbr 2.13</b> Stabilitas Eksternal .....	36
<b>Gbr 3.1</b> Diagram Alir Metodologi.....	38
<b>Gbr 3.2</b> Diagram Alir untuk Perbaikan Tanah Dasar.....	38
<b>Gbr 3.3</b> Diagram Alir untuk Alternatif 1.....	39
<b>Gbr 3.4</b> Diagram Alir untuk Alternatif 2.....	40
<b>Gbr 4.1</b> Grafik Hubungan antara Hinital dan Settlement lapisan terkonsolidasi seluruhnya (akibat Q timbunan).....	60

<b>Gbr 4.2</b> Grafik Hubungan antara Hinitial dan Settlement lapisan terkonsolidasi seluruhnya(akibatQ timbunan).....	60
<b>Gbr 4.3</b> Grafik Hubungan antara derajat konsolidasi dengan waktu tanpa PVD .....	61
<b>Gbr 4.4</b> Tiang Pancang Bulat Tengah ( <i>Middle Pile</i> ) .....	62
<b>Gbr 4.5</b> Tulangan spiral .....	72
<b>Gbr 4.6</b> Tulangan spiral .....	73
<b>Gbr 4.7</b> Tulangan spiral .....	75
<b>Gbr 5.1</b> Cara Menampilkan Perintah <i>Excel's Solver</i> .....	86
<b>Gbr 5.2</b> DataBase tipe, keuntungan, koefisien penyimpanan tiang pancang .....	87
<b>Gbr 5.3</b> Implementasi awal fungsi tujuan ( <i>objective function</i> )... 88	
<b>Gbr 5.4</b> Implementasi awal fungsi kendala ( <i>constraint function</i> ).....	88
<b>Gbr 5.5</b> Kotak dialog <i>solver parameter</i> .....	91
<b>Gbr 5.6</b> Kotak dialog <i>solver option</i> .....	92
<b>Gbr 5.7</b> Kotak dialog <i>add constraint</i> .....	92
<b>Gbr 5.8</b> Kotak dialog <i>solver parameter</i> .....	93
<b>Gbr 5.9</b> Kotak dialog <i>solver result</i> .....	93
<b>Gbr 5.10</b> Kotak dialog <i>show trial solution</i> .....	94
<b>Gbr 5.11</b> Hasil perhitungan solusi optimum ( <i>answer report</i> ) .....	95
<b>Gbr 5.12</b> Hasil perhitungan sensitivitas ( <i>sensitivity report</i> ) .....	96
<b>Gbr 5.13</b> Bagan alir pemodelan LP dengan <i>Microsoft Excel's Solver</i> .....	67
<b>Gbr 5.14</b> Bagan alir penyelesaian LP dengan <i>Microsoft Excel's Solver</i> .....	98
<b>Gbr 6.1</b> Memasukkan jumlah dan jarak grid pada model 3D frame.....	104
<b>Gbr 6.2</b> Tampilan dari model 3D frame.....	112
<b>Gbr 6.3</b> Bidang Kelongsoran yang terjadi untuk timbunan bentang 22 m dan tinggi 10 m.....	112
<b>Gbr 6.4</b> Grafik Hubungan antara ketinggian timbunan dan jarak pematangan geogrid tipe SR 80 dan SR 110.....	121
<b>Gbr 6.5</b> Grafik Hubungan antara ketinggian timbunan dan	

jarak pematangan geogrid tipe SR 80 dan SR 110.....	120
<b>Gbr 6.6</b> Potongan melintang Box Culvert.....	131
<b>Gbr 6.7</b> Grafik Hubungan Waktu Konsolidasi dengan jarak pemasangan PVD dengan pola Segitiga.....	132

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Hubungan antara bentuk dan fungsi geosynthetic.....	12
<b>Tabel 2.2</b> Nilai faktor reduksi.....	18
<b>Tabel 2.3</b> Spesifikasi geotextile.....	19
<b>Tabel 2.4</b> Spesifikasi geogrid.....	20
<b>Tabel 2.5</b> Perhitungan Settlement untuk Beban timbunan.....	21
<b>Tabel 2.6</b> Perhitungan Settlement untuk Beban timbunan + Lalu lintas.....	21
<b>Tabel 4.1</b> Kedalaman PVD sesuai dengan Kedalaman $\frac{2}{3} S_c$ total.....	30
<b>Tabel 4.2</b> Perhitungan $S_c$ dan $U$ akibat PVD 15 m.....	33
<b>Tabel 4.3</b> Perhitungan $S_c$ dan $U$ dibawah PVD.....	34
<b>Tabel 4.4</b> Perhitungan Penurunan Setelah Pemasangan PVD.....	34
<b>Tabel 4.5</b> Perhitungan $H$ Initial dan $H$ Final Setelah Pemasangan PVD.....	35
<b>Tabel 4.6</b> Tabel Diameter Equivalent & Fungsi Hambatan akibat Jarak Antar PVD dengan Pola Pemasangan PVD.....	36
<b>Tabel 4.7</b> Derajat Konsolidasi Horizontal, $U_h$ , $S = 1.0$ m.....	36
<b>Tabel 4.8</b> Derajat Konsolidasi Horizontal, $U_h$ , dengan Variasi $S$ .....	37
<b>Tabel 4.9</b> Derajat Konsolidasi Vertikal.....	37
<b>Tabel 4.10</b> Derajat Konsolidasi Rata – Rata akibat PVD.....	38
<b>Tabel 4.11</b> Jarak Maksimum Geotextile untuk Tinggi Timbunan 10 m.....	39
<b>Tabel 4.12</b> Momen Resistance yang Dihasilkan Geotextile.....	43
<b>Tabel 4.13</b> Momen Resistance yang Dihasilkan Geotextile Arah Melintang.....	45
<b>Tabel 4.14</b> Kebutuhan Jumlah Geotextile Arah Melintang.....	45

<b>Tabel 4.17</b>	<b>Pembebanan (Beban Mati dan Beban Hidup) .....</b>	<b>98</b>
<b>Tabel 4.18</b>	<b>Output SAP 2000 untuk Struktur Slab.....</b>	<b>113</b>
<b>Tabel 4.19</b>	<b>Penulangan untuk Struktur Slab.....</b>	<b>122</b>
<b>Tabel 4.20</b>	<b>Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Pile Ø 40 cm.....</b>	<b>126</b>
<b>Tabel 4.21</b>	<b>Perhitungan untuk Kedalaman Pile.....</b>	<b>127</b>
<b>Tabel 4.22</b>	<b>Analisa Harga Satuan Urugan Biasa .....</b>	<b>137</b>
<b>Tabel 4.23</b>	<b>Analisa Harga Satuan Lapis Pondasi Sirtu Kelas A .....</b>	<b>137</b>
<b>Tabel 4.24</b>	<b>Analisa Harga Satuan Lapis Pondasi Agregat Kelas A.....</b>	<b>138</b>
<b>Tabel 5.1</b>	<b>Volume pada Awal dan Akhir Umur Rencana.....</b>	<b>144</b>
<b>Tabel 5.2</b>	<b>Perhitungan Lintas Ekuivalen Permukaan (LEP)....</b>	<b>144</b>
<b>Tabel 5.3</b>	<b>Perhitungan Lintas Ekuivalen Akhir (LEA).....</b>	<b>144</b>
<b>Tabel 5.4</b>	<b>Perhitungan Settlement untuk Beban <math>q = 4 \text{ t/m}^2</math> ...</b>	<b>145</b>
<b>Tabel 5.5</b>	<b>Perhitungan H Initial dan H Final Setelah Pemasangan PVD.....</b>	<b>147</b>
<b>Tabel 5.6</b>	<b>Kebutuhan Jumlah Geotextile Arah Melintang....</b>	<b>149</b>
<b>Tabel 5.7..</b>	<b>Pembebanan untuk struktur Slab.....</b>	<b>149</b>
<b>Tabel 5.8</b>	<b>Output SAP 2000 untuk Struktur Slab.....</b>	<b>150</b>
<b>Tabel 5.9</b>	<b>Perhitungan Tulangan.....</b>	<b>153</b>
<b>Tabel 5.10</b>	<b>Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Pile Ø 40 cm.....</b>	<b>154</b>
<b>Tabel 5.11</b>	<b>Perhitungan untuk Kedalaman Pile .....</b>	<b>156</b>
<b>Tabel 5.12</b>	<b>Analisa Harga Satuan Urugan Biasa.....</b>	<b>157</b>
<b>Tabel 5.13</b>	<b>Analisa Harga Satuan Lapis Pondasi Sirtu A.....</b>	<b>157</b>
<b>Tabel 5.14</b>	<b>Analisa Harga Satuan Lapis Pondasi Agregat Kelas</b>	
<b>Tabel 5.15</b>	<b>Analisa Biaya untuk Metode Flexible Pavement.....</b>	<b>159</b>
<b>Tabel 5.16.</b>	<b>Analisa Harga Satuan Pekerjaan Beton K-350.....</b>	<b>160</b>
<b>Tabel 5.17.</b>	<b>Analisa Harga Satuan Tiang Pancang Bulat Ø 40 cm.....</b>	<b>160</b>
<b>Tabel 5.18.</b>	<b>Analisa Harga Satuan Box Culvert....</b>	<b>160</b>
<b>Tabel 5.19</b>	<b>Analisa Biaya untuk Metode Geogrid – Box Culvert.....</b>	<b>161</b>

## BAB I PENDAHULUAN

### I. LATAR BELAKANG

Pertumbuhan volume kendaraan yang tidak seimbang dengan fasilitas jalan yang tersedia mengakibatkan kemacetan dan masalah – masalah lalu lintas lainnya, sedangkan lahan yang tersedia untuk menambah fasilitas tersebut saat ini juga sangat terbatas sehingga perlu dicarikan alternatif penyelesaian lainnya untuk mengatasi permasalahan diatas terutama di kota – kota besar.

Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan diatas adalah pembangunan *fly over* ( jalan layang ). Pada perencanaan *fly over* pada dasarnya tidak memerlukan lahan / area yang luas karena *fly over* dapat dibangun diatas lahan / jalan lama yang sudah ada, sehingga tidak diperlukan pembebasan lahan yang luas dan biaya yang besar pula. Yang paling perlu diperhatikan dalam perencanaannya adalah pertimbangan kesesuaian desain perencanaan dan tata kota yang sudah ada.

Overpass adalah bagian atas dari konstruksi *fly over*, overpass yang terletak tepat didepan pintu masuk Pelabuhan Mayangan Probolinggo ini akan direncanakan menggunakan timbunan dengan metode Reinforcement Soil System, lokasinya berbatasan dengan; sebelah utara : Jalan Raya Mayangan; sebelah selatan : Jalan Raya Mayangan; sebelah barat : Jalan existing pelabuhan ; sebelah timur : rel kereta. Dengan gambaran layout lokasi seperti diatas maka diperlukan perencanaan desain yang matang dengan desain yang kuat, aman serta memenuhi kebutuhan keindahan estetika struktur timbunan tersebut.

Dengan panjang  $\pm 140$  m, lebar 20 m, dengan posisi timbunan tegak  $90^{\circ}$  dan ketinggian timbunan mencapai  $\pm 10$  m, serta dengan kondisi tata letak overpass tersebut, maka dalam tugas akhir ini akan direncanakan 2 alternatif sistem perkuatan tanah untuk perencanaan timbunan tinggi tersebut yaitu dengan



struktur kombinasi *Geogrid – Box Culvert* dan kombinasi *Sheet Pile* dengan *Geotextile*, yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan konstruksi yang direncanakan.

Alternatif Pertama adalah Kombinasi antara Sheet Pile dan Geotextile, geotextile juga merupakan salah satu geosynthetics yang berbentuk lembaran menyerupai kain atau bahan textile, dipasang lembaran tiap layer dan dilipat sesuai ketebalan layer rencana seperti tanah yang terbungkus. Sheet Pile yang digunakan adalah sheet pile beton karena lebih tahan lama, kuat, tidak mudah patah dan tahan korosi dari pengaruh kondisi dan cuaca udara bebas. Sheet Pile digunakan sebagai facing dan penahan tanah dengan cara ditanam dan tidak memerlukan konstruksi bawah tanah seperti pilecap dan tiang pancang. Tahapan alternatif pertama ini meliputi perencanaan PVD (*Prefabrication Vertical Drain*) untuk mempercepat proses konsolidasi pada saat preloading, perencanaan jumlah dan jarak pemasangan geotextile, dan perencanaan dimensi sheet pile yang dibutuhkan.

Alternatif Kedua adalah Geogrid yaitu salah satu jenis geosynthetics yang berbentuk seperti anyaman dalam grid yang besar – besar menyerupai bentuk jaring yang terbuat dari serat sintesis ( seperti : polypropylene, polyethylene, polyester, dll ). Geogrid ini dipilih karena pemasangannya mudah dan tidak memerlukan alat berat,serta memiliki bentuk estetika yang prima, direncanakan dipasang pada tiap layer tanah sehingga mampu mengikat tanah menjadi satu – kesatuan utuh yang kuat, struktur ini menggunakan facing berupa block beton (multiblock) yang berbentuk seperti kubus guna mengikat lembaran – lembaran geogrid yang terpasang. Tahapan perencanaan alternatif ini antara lain perencanaan PVD (*Prefabrication Vertical Drain*), karena ketinggian struktur melebihi desain aman untuk struktur geogrid maka tinggi timbunan akan dikurangi dengan pemasangan Box Tunnel beton, perencanaan minipile, dan perencanaan struktur geogrid beserta dinding multiblock.

Data – data yang dibutuhkan untuk perencanaan pada tugas akhir ini meliputi data tanah asli hasil dari tes tanah yang telah dilakukan, data tanah urugan yang akan digunakan untuk timbunan, data – data beban lalu lintas, beban alat – alat berat pada saat pengerjaan, data spesifikasi minipile, data spesifikasi PVD, dan geosynthetics.

Untuk menentukan alternatif terbaik dan paling memungkinkan untuk pelaksanaan konstruksi timbunan tinggi pada overpass tersebut perlu dibandingkan dengan banyak hal antara lain : kekuatan dan kestabilan konstruksi, analisa biaya, kemudahan pelaksanaan dan alternatif yang paling memungkinkan untuk dibangun dengan kondisi existing yang ada.

## II. PERMASALAHAN

Dari uraian latar belakang diatas, maka permasalahan yang timbul dan dibahas dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana merencanakan kebutuhan geogrid dan multiblock untuk struktur overpass tersebut ?
2. Bagaimana merencanakan kebutuhan dan dimensi box tunnel dan minipile ?
3. Bagaimana merencanakan panjang Sheet Pile beton dan jumlah geotextile untuk ketinggian dinding penahan tanah dengan  $H = 10 \text{ m}$  ?
4. Bagaimana melakukan kontrol safety faktor pada saat pelaksanaan pemadatan timbunan ?
5. Bagaimana merencanakan perbaikan tanah dasar menggunakan PVD sebagai vertikal drain dan pentahapan preloading pada perencanaan timbunan tersebut ?
6. Berapa biaya dan waktu yang dibutuhkan tiap alternatif untuk pekerjaan timbunan tersebut ?

### III. TUJUAN

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung jumlah lembaran dan jarak pemasangan geogrid serta merencanakan facing multiblock untuk mencapai ketinggian aman untuk konstruksi geogrid ( $\pm 6$  m).
2. Merencanakan box tunnel untuk ketinggian sisa dari konstruksi geogrid ( $\pm 4$  m) dan minipile untuk kekuatan konstruksi gabungan tersebut.
3. Merencanakan panjang, dimensi Sheet Pile beton dan jumlah lembaran serta jarak pemasangan geotextile untuk ketinggian dinding penahan tanah dengan  $H = 10$  m, bentang 20 m.
4. Melakukan kontrol safety faktor pada saat pelaksanaan pemadatan timbunan terhadap beban yang bekerja diatas timbunan.
5. Menghitung besar dan waktu penurunan yang terjadi akibat penggunaan PVD dan pentahapan preloading.
6. Menghitung dan menganalisa biaya dan waktu yang dibutuhkan tiap alternatif untuk pekerjaan timbunan tersebut

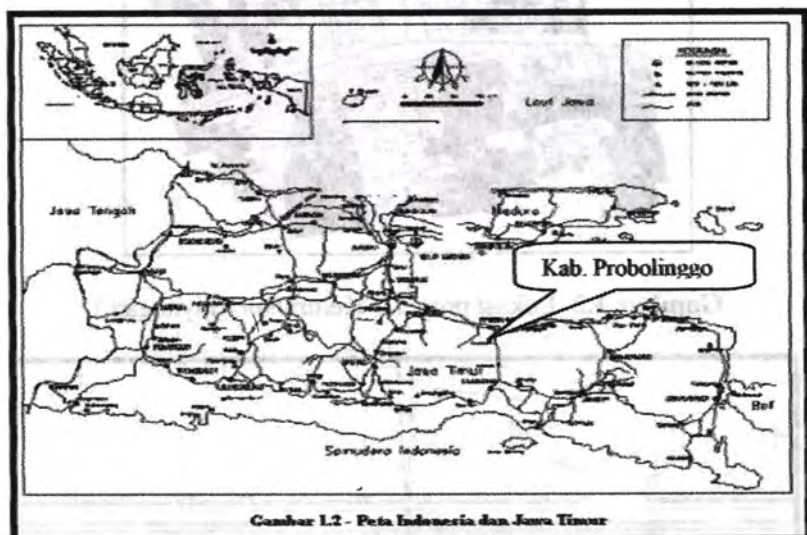
### IV. BATASAN MASALAH

Agar tidak terjadi penyimpangan dan permasalahan tidak meluas dalam pembahasan, maka perlu dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Tidak Merencanakan Geometrik dan perkerasan jalan diatas timbunan.
2. Data tanah yang digunakan adalah data tanah sekunder



3. Beban perkerasan jalan dan beban kendaraan diatas timbunan dianggap sebagai beban terbagi merata.
4. Tidak Merencanakan superstructure overpass
5. Tidak membandingkan dengan alternatif lain diluar alternatif dalam tugas akhir ini.

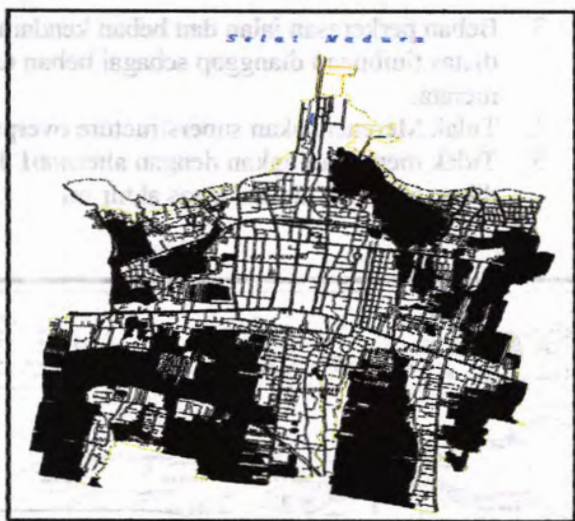


Gambar 1.2 - Peta Indonesia dan Jawa Timur

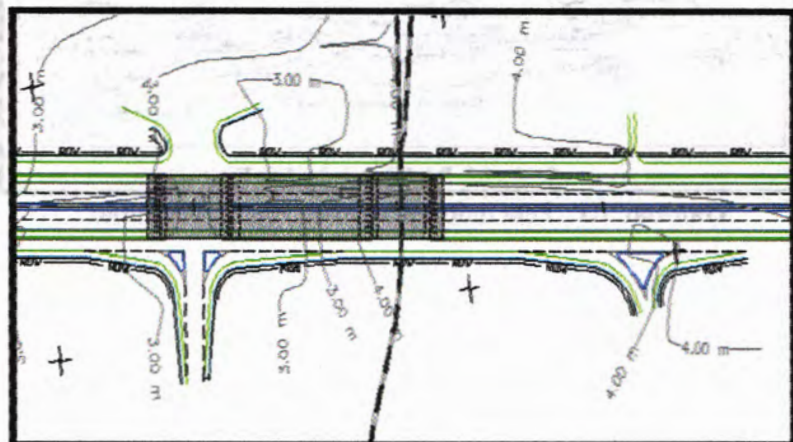
Gambar 1.1 Peta Indonesia ( inset ) dan Jawa Timur



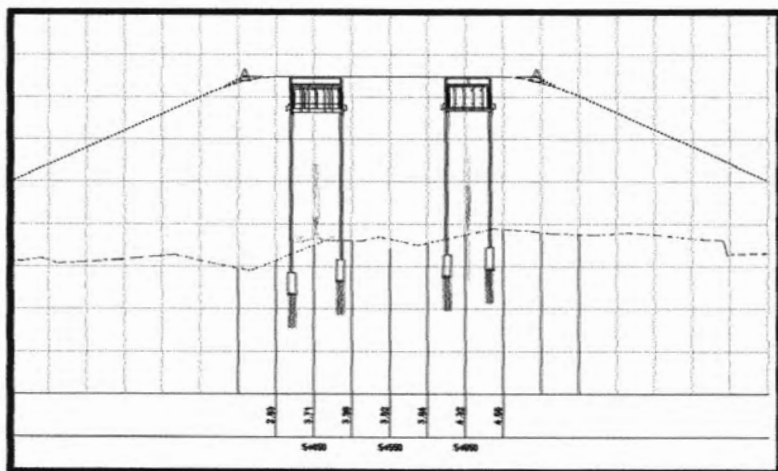




**Gambar 1.2** Lokasi proyek ( Kelurahan Mayangan )



**Gambar 1.3** Layout Timbunan Overpass



**Gambar 1.4** Cross section Overpass Mayangan





” Halaman ini sengaja dikosongkan ”

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. PEMAMPATAN TANAH (*penurunan lapisan tanah*)

Penambahan beban pada suatu permukaan tanah dapat menyebabkan lapisan tanah dibawahnya mengalami pemampatan. Pemampatan tersebut disebabkan oleh adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel, keluarnya air atau udara dari dalam pori. Semua faktor tersebut mempunyai hubungan dengan keadaan tanah yang bersangkutan. Secara umum, penurunan (*Settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi dalam dua kelompok besar (Braja M. Das, jilid 2) yaitu :

1. *Immediate settlement* (Penurunan Segera),  
Penurunan yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan penurunan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.
2. *Consolidation settlement*  
Penurunan yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah.

#### 2.1.1. PENURUNAN KONSOLIDASI

Bilamana suatu lapisan tanah jenuh air diberi penambahan beban, maka tekanan air pori naik secara mendadak. Pada tanah yang sangat tembus air (*permeable*), air dapat mengalir dengan cepat sehingga pengaliran air pori keluar sebagai akibat kenaikan tekanan air pori dapat selesai dengan cepat. Keluarnya air dari dalam pori selalu disertai dengan berkurangnya volume tanah, berkurangnya volume tanah tersebut dapat menyebabkan penurunan lapisan tanah itu. Karena air pori di dalam tanah berpasir dapat mengalir keluar dengan cepat, maka penurunan segera dan penurunan konsolidasi terjadi bersamaan.

Bilamana suatu lapisan tanah lempung jenuh air yang memampat diberi penambahan tegangan, maka penurunan (settlement) akan terjadi dengan segera. Koefisien rembesan lempung adalah sangat kecil dibanding dengan koefisien rembesan pasir, sehingga penambahan tekanan air pori yang disebabkan oleh pembebanan akan berkurang secara lambat laun dalam waktu yang sangat lama. Jadi untuk tanah lempung lembek perubahan volume yang disebabkan oleh keluarnya air dari dalam pori akan terjadi sesudah penurunan segera. Penurunan konsolidasi tersebut biasanya jauh lebih besar dan lebih sangat lambat serta lama dibanding dengan penurunan segera.

Apabila penekanan suatu lapisan tanah bergantung pada waktu, pengaruhnya disebut penurunan konsolidasi. Teori umum termasuk konsep tekanan pori dan tegangan efektif adalah salah satu hal yang dikembangkan pada awalnya oleh Terzaghi (Joseph E. Bowles, 1986). Teori konsolidasi Terzaghi membuat asumsi-asumsi sebagai berikut :

1. Tanah adalah, dan tetap akan jenuh ( $S=100\%$ ). Penurunan konsolidasi dapat diperoleh buat tanah yang tidak jenuh, tetapi ramalan waktu terjadinya penurunan sangat tidak dapat dipercaya.
2. Air dan butiran tanah tidak dapat ditekan
3. Terdapat hubungan linier di antara tekanan yang bekerja dan perubahan volume
4. Koefisien permeabilitas  $k$  merupakan suatu konstanta. Ini mungkin benar dilapangan, tetapi pada laboratorium mungkin akan terdapat kesalahan-kesalahan yang besar yang mungkin berhubungan dengan asumsi yang cenderung untuk menghasilkan kesalahan dalam menentukan waktu penurunan terjadi.
5. Hukum darcy dianggap berlaku ( $v = k \cdot i$ )
6. Terdapat temperature yang constant. Perubahan temperature dari sekitar 10 sampai 20 °C (masing-masing merupakan temperatur lapangan dan laboratorium) menghasilkan sekitar 30 % perubahan dalam viskositas

air. Pentinglah bahwa percobaan dilaboratorium dilakukan pada temperatur yang diketahui besarnya, paling baik sama dengan temperatur di lapangan)

7. Konsolidasi merupakan konsolidasi satu dimensi (vertikal), sehingga tidak terdapat aliran air lateral ataupun pergerakan tanah. Ini benar-benar terjadi pada percobaan di laboratorium dan pada umumnya juga berlaku di lapangan.
8. Contoh-contoh merupakan contoh tanah tidak terganggu. Ini merupakan masalah utama sebab bagaimanapun telitinya contoh itu diambil, ini sebenarnya telah tidak terbebani lagi oleh tanah yang berada di atasnya, pada keadaan dilapangan. Disamping itu muka air statis tekanan pori akan hilang. Dalam tanah-tanah yang peka, kesalahan-kesalahan besar mungkin akan diperbuat, dalam tanah-tanah yang lainnya mungkin akan lebih berkurang.

Penurunan konsolidasi dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1, sebagai berikut :

$$S = H \frac{\Delta e}{1 + e_o} \dots\dots\dots (2.1)$$

Untuk tanah yang terkonsolidasi secara normal, dimana tegangan overburden efektif pada saat ini adalah merupakan tegangan maksimum yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan (lihat Gambar 2.1(a)). maka  $\Delta e$  yang terjadi adalah sesuai dengan Persamaan 2.2;

$$\Delta e = C_c [ \log (p_o + \Delta p) - \log p_o ] \dots\dots\dots (2.2)$$

sehingga dengan mensubstitusikan Persamaan 2.2 ke Persamaan 2.1, maka didapat Persamaan 2.3 untuk menghitung besar penurunan konsolidasi yang akan terjadi untuk tanah yang terkonsolidasi secara normal.

$$S = \frac{C_c \cdot H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$



Untuk tanah yang tebal, adalah lebih teliti bila lapisan tanah tersebut dibagi menjadi beberapa sub lapisan dan perhitungan penurunan dilakukan secara terpisah untuk tiap-tiap sub lapisan. Jadi penurunan total dari seluruh lapisan tanah tersebut adalah

$$S = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{C_c H_i}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_{oi} + \Delta p_i}{p_{oi}} \right) \dots \dots \dots (2.4)$$

dimana :  $H_i$  = tebal sub-lapisan i  
 $p_{oi}$  = tekanan efektif overburden untuk sub-lapisan i  
 $\Delta p_i$  = penambahan tekanan untuk sub-lapisan i

Untuk lapisan tanah yang terkonsolidasi lebih, dimana tegangan overburden efektif saat ini adalah lebih kecil daripada tegangan yang pernah dialami oleh tanah yang bersangkutan sebelumnya. Tegangan efektif yang pernah dialami sebelumnya itu dinamakan prakonsolidasi (preconsolidation pressure) (lihat Gambar 2.1 (b)). maka  $\Delta e$  yang terjadi adalah sesuai dengan Persamaan 2.5,

$$\Delta e = C_s [ \log (p_o + \Delta p) - \log p_o ] \dots \dots \dots (2.5)$$

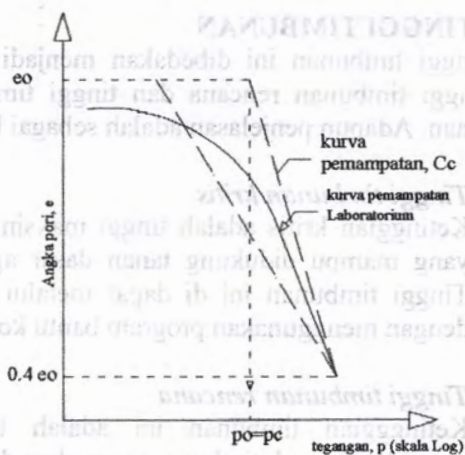
dari Persamaan 2.1 dan Persamaan 2.5 sehingga didapat :

$$S = \frac{C_s H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

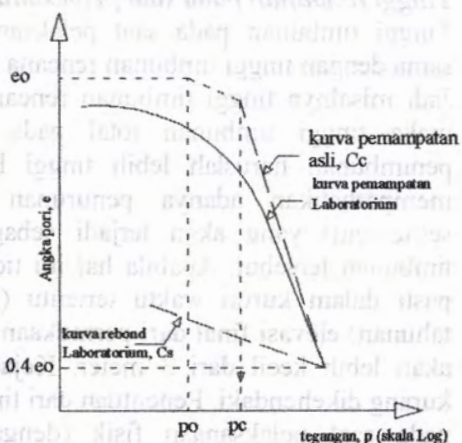
Apabila  $p_o + \Delta p > p_c$

$$S = \frac{C_s H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_c}{p_o} \right) + \frac{C_c H}{1 + e_o} \log \left( \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \right) \dots \dots (2.7)$$

dimana :  $C_c$  = Indeks kompresi dari lapisan tanah  
 $C_s$  = Indeks mengembang dari lapisan tanah  
 $p_c$  = effective past overburden pressure



Gambar 2.1(a) Karakteristik Konsolidasi Lempung yang Terkonsolidasi Normal



Gambar 2.1 (b) Karakteristik Konsolidasi Lempung yang Terkonsolidasi Lebih



## 2.1.2. TINGGI TIMBUNAN

Tinggi timbunan ini dibedakan menjadi tinggi timbunan kritis, tinggi timbunan rencana dan tinggi timbunan pada saat pelaksanaan. Adapun penjelasan adalah sebagai berikut :

### *Tinggi timbunan kritis*

Ketinggian kritis adalah tinggi maksimal dari timbunan yang mampu didukung tanah dasar agar tidak sliding. Tinggi timbunan ini di dapat melalui analisa stabilitas dengan menggunakan program bantu komputer STABLE

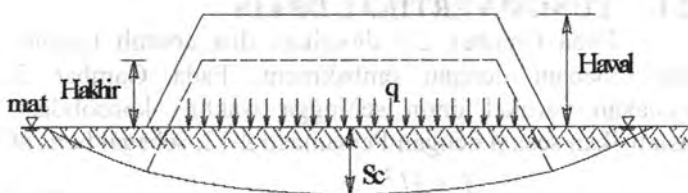
### *Tinggi timbunan rencana*

Ketinggian timbunan ini adalah tinggi final dari permukaan tanah timbunan yang akan direncanakan.

### *Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan*

Tinggi timbunan pada saat pelaksanaan fisik tidaklah sama dengan tinggi timbunan rencana (lihat Gambar 2.2). Jadi misalnya tinggi timbunan rencana adalah 3 meter, maka tinggi timbunan total pada saat pelaksanaan penimbunan haruslah lebih tinggi lagi, yaitu dengan memperhatikan adanya penurunan tanah asli (soil settlement) yang akan terjadi sebagai akibat adanya timbunan tersebut. Apabila hal itu tidak dipatuhi, maka pasti dalam kurun waktu tertentu (bisa bulanan, bisa tahunan) elevasi final dari permukaan hasil penimbunan akan lebih kecil dari 3 meter. Kejadian ini tentunya kurang dikehendaki. Penentuan dari tinggi timbunan final pada saat pelaksanaan fisik (dengan memperhatikan adanya settlement), dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.10 sebagai berikut :





Gambar 2.2 Hubungan antara Tinggi Timbunan dengan Settlement

mula-mula :

$$q_{awal} = H_{awal} \times \gamma_{timbunan} \dots\dots\dots (2.8)$$

Setelah mengalami konsolidasi

$$q_{akhir} = q = (H_{awal} - S_c) \gamma_{timbunan} + S_c (\gamma_{sat} - 1)$$

dengan menganggap  $\gamma_{timbunan} = \gamma_{sat}$  timbunan, maka

$$q = H_{awal} \cdot \gamma_{sat} - S_c \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\text{sehingga } H_{awal-i} = \frac{q_i + S_{ci}}{\gamma_{sat}} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$H_{akhir-i} = H_{awal-i} - S_{ci} \dots\dots\dots (2.11)$$

## 2.2. DRAINAGE VERTICAL (VERTIKAL DRAIN)

Kecepatan konsolidasi yang rendah pada tanah-tanah lempung dan tanah yang mudah mampat lainnya, dapat dipercepat dengan menggunakan bahan (material) yang ditanam secara vertikal. Drainage ini memberikan lintasan air pori yang lebih pendek ke arah horizontal. Jarak drainase arah horizontal yang lebih pendek menambah kecepatan proses konsolidasi beberapa kali lebih cepat. Disamping itu, dengan adanya pemercepatan waktu konsolidasi yang terjadi maka kenaikan kekuatan tanah dasar juga meningkat akibat kenaikan harga  $C_u$  yang dalam waktu yang relatif singkat.

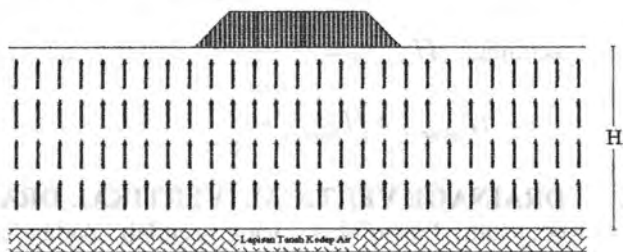
### 2.2.1. FUNGSI VERTIKAL DRAIN

Pada Gambar 2.3 diberikan dua contoh kondisi tanah yang dibebani dengan embakment. Pada Gambar 2.3 (a) digunakan vertikal drain sehingga waktu konsolidasi dapat diasumsikan sesuai dengan Persamaan 2.12, sebagai berikut :

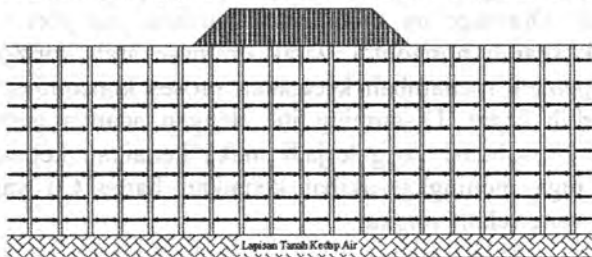
$$t = \frac{T \times H^2}{C_v} \dots \dots \dots (2.12)$$

dimana harga H adalah tebal keseluruhan tanah lunak yang memampat dibawah embakment

Pada Gambar 2.3 (b) tanah dipasang vertikal drain dengan jarak S. bila terjadi konsolidasi, maka panjang "drainage path" (yang semula H dengan aliran arah vertikal (lihat Gambar 2.3 (a)) berubah menjadi  $\frac{1}{2} D$  (lihat Gambar 2.3 (b)) dan arah drainage horizontal. Harga D adalah diameter ekivalen pengaruh aliran satu vertikal drain. Harga D kira-kira sama dengan S.



Gambar 2.3 (a) Konsolidasi dalam Arah Vertikal



Gambar 2.3 (b) Konsolidasi dalam Arah Horizontal

Bila misalnya  $H = 10$  meter dan  $S = 1.2$  meter maka dapat dihitung bahwa waktu konsolidasi dengan adanya vertikal drain menjadi jauh lebih kecil daripada tanpa vertikal drain.

$$t_1 = \frac{100T}{C_v} \quad \text{dan} \quad t_2 = \frac{0.36T}{C_h} \dots\dots\dots(2.13)$$

pada umumnya harga  $C_h$  berkisar antara 1 sampai 3 kali  $C_v$ . Bila menganggap  $C_h = 2C_v$  maka waktu  $t_2$  akan kira-kira 0.0013 x waktu  $t_1$ . Sehingga dengan adanya vertikal drain akan sangat memperpendek waktu konsolidasi primer tanah yang memampat. Fungsi utama vertikal drain memang terutama untuk mempercepat waktu konsolidasi primer.

Vertikal drain dalam tanah dapat berbentuk bermacam-macam, tetapi dikenal 2 (dua) bentuk utama, yaitu :

- a. Bentuk sand kolom  
Vertikal drain ini dibuat dari tiang-tiang pasir yang dimasukkan kedalam tanah dengan bantuan pipa yang bergetar.
- b. Bentuk prefabricated vertical drain (PVD)  
PVD terbuat dari bahan-bahan yang dibuat dari pabrik dan bahan ini dapat mengalirkan air dengan baik.

### 2.2.2. WAKTU KONSOLIDASI VERTIKAL DRAIN

Sistem drainase vertikal sangat efektif untuk mempercepat konsolidasi dari tanah kompresif (seperti lempung atau lempung berlanau) sehingga memperpendek periode konstruksi. Sistem drainase vertikal telah dijelaskan oleh Baron (1948) berdasarkan teori aliran pasir vertikal yang menggunakan asumsi teori Terzaghi tentang konsolidasi linier satu dimensi.

Teori Baron menjelaskan beberapa anggapan sebagai berikut :

- a. Lempung jenuh air dan homogen
- b. Semua regangan tekan (Compressive Strain) dalam tanah bekerja arah vertikal saja.
- c. Aliran air pori horizontal, tidak ada aliran vertikal

- d. Kebenaran hukum Darcy tentang koefisien permeabilitas ( $k$ ) pada semua lokasi
- e. Air dan butiran tanah relatif tak termampatkan dibanding dengan kemampumampatan struktur susunan partikel tanah lempung
- f. Beban tambahan pada mulanya diterima oleh air pori sebagai tegangan air pori
- g. Pada vertikal drain tidak terjadi tegangan pori yang melebihi tegangan hidrostatik
- h. Daerah pengaruh aliran dari setiap drain berbentuk silinder.

Teori ini menetapkan hubungan antara waktu, diameter drain, jarak antara drain, koefisien konsolidasi dan rata-rata derajat konsolidasi. Penentuan waktu konsolidasi dari teori ini dikembangkan oleh Hansbom (1979) menjadi persamaan :

$$t = \left( \frac{D^2}{8C_h} \right) (2F(n)) \ln \left( \frac{1}{1-U_h} \right) \dots\dots\dots(2.14)$$

dimana :

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

$D$  = Diameter equivalent dari lingkaran yang terpengaruh PVD

$C_h$  = Koefisien konsolidasi aliran horizontal

$F(n)$  = Faktor tahanan akibat jarak antara PVD  
 $= \ln(d/dw) - 3/4 \dots\dots\dots(2.15)$

dimana  $dw$  = diameter equivalent vertikal drain  
 (lihat Gambar 2.4)

$U_h$  = derajat konsolidasi arah horizontal

dengan memasukkan harga  $t$  tertentu, dapat dicari harga

$U_h$  pada lapisan tanah yang dipasang PVD.



Selain konsolidasi arah horizontal, juga terjadi konsolidasi arah vertikal  $U_v$ . Harga  $U_v$  dicari dengan Persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$T_v = \frac{t C_v}{(H_{dr})^2} \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana :

$H_{dr}$  = panjang PVD

$C_v$  = harga  $C_v$  tanah pada lapisan setebal panjang PVD

$t$  = waktu sembarang yang dipilih

harga  $U_v$  dicari dengan rumus :

$$\text{untuk } U_v \text{ antara } 0 \text{ s/d } 60 \% \rightarrow U_v = \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(2.17 \text{ (a)})$$

$$\text{untuk } U_v > 60 \% \rightarrow U_v = \left( 100 - 10^a \right) \% \dots\dots\dots(2.17 \text{ (b)})$$

dimana :

$$a = \frac{1.781 - T_v}{0.933}$$

derajat konsolidasi rata-rata  $\bar{U}$  dapat dicari dengan cara :

$$\bar{U} = (1 - (1 - U_h) \cdot (1 - U_v)) \times 100 \% \dots\dots\dots(2.18)$$

### 2.2.3. KENAIKAN DAYA DUKUNG TANAH AKIBAT PEMAMPATAN TANAH

Tanah yang mengalami penurunan akibat dibebani juga akan menjadi mampat. Tanah yang memampat ini akan menjadi kokoh sehingga daya dukung tanahnya meningkat. Pemampatan terbesar dari tanah lempung, dan tanah lunak pada umumnya adalah akibat konsolidasi yang berlangsung sebagai fungsi dari waktu. Jadi secara lambat laun tanah lunak yang memampat akan berubah menjadi lebih padat dan lebih kuat dari semula.

Dari pengamatan dan penelitian diketahui adanya hubungan antara kekuatan geser undrained ( $C_u$ ) dengan tegangan tanah vertikal efektif yang bekerja pada tanah lempung. Hasil penelitian yang terbaru oleh Ardana & Mochtar (1999) memberikan penurunan yang lebih sesuai dengan kondisi dilapangan yaitu sebagai berikut :

- a. untuk harga Plasticity Index, PI tanah < 120 %

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.1899 - 0.0016 \text{ PI})\sigma'_p \dots (2.19)$$

- b. untuk harga Plasticity Index, PI tanah > 120 %

$$C_u \text{ (kg/cm}^2\text{)} = 0.0737 + (0.0737 - 0.00004 \text{ PI})\sigma'_p \dots (2.20)$$

dimana : harga  $\sigma'_p$  dalam  $\text{kg/cm}^2$

Untuk tanah yang sedang mengalami konsolidasi, harga  $\sigma'_p$  berubah sesuai dengan waktu. Secara umum harga  $\sigma'_p$  dapat dicari dengan cara berikut :

$$\text{Derajat konsolidasi} = U \%$$

$$\sigma'_p = \left( \frac{p'_o + \Delta p'}{p'_o} \right)^U \cdot p'_o \dots (2.21)$$

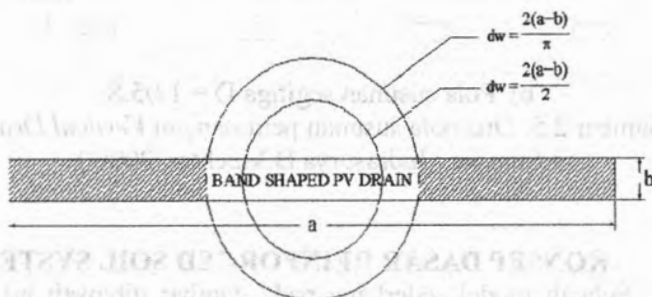
$$\text{Bila } U = 100 \% = 1 \rightarrow \sigma'_p = p'_o + \Delta p'$$

$$U < 100 \% \rightarrow \sigma'_p < p'_o + \Delta p'$$

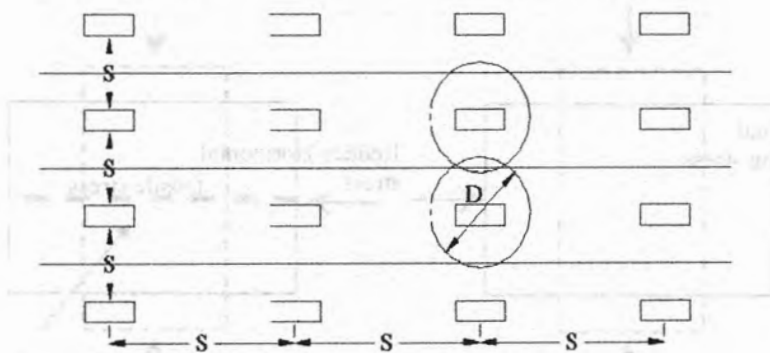
Dengan adanya kenaikan harga  $C_u$  dari tanah lempung setelah mengalami pemampatan, umumnya kondisi yang paling berbahaya bagi tanah lempung yang lunak bila dibebani dengan timbunan tanah adalah pada awal-awal umur timbunan. Sering dijumpai keadaan dalam perencanaan bahwa dengan kekuatan



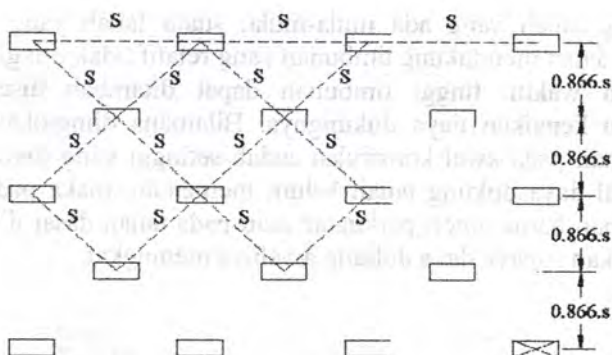
dukung tanah yang ada mula-mula, suatu tanah yang lembek hanya dapat mendukung timbunan yang relatif tidak tinggi. Tetapi dengan waktu, tinggi timbunan dapat ditambah disesuaikan dengan kenaikan daya dukungnya. Bilamana diinginkan tinggi timbunan pada awal konstruksi sudah setinggi yang disyaratkan, padahal daya dukung tanah belum memenuhi, maka pada dasar timbunan harus diberi perkuatan atau pada tanah dasar dilakukan perbaikan supaya daya dukung awalnya meningkat.



Gambar 2.4 Diameter Equivalent PVD  
( Sumber : Indrasurya B Mochtar, 2000 )



a). Pola susunan bujur sangkar  $D = 1,13.S$ .

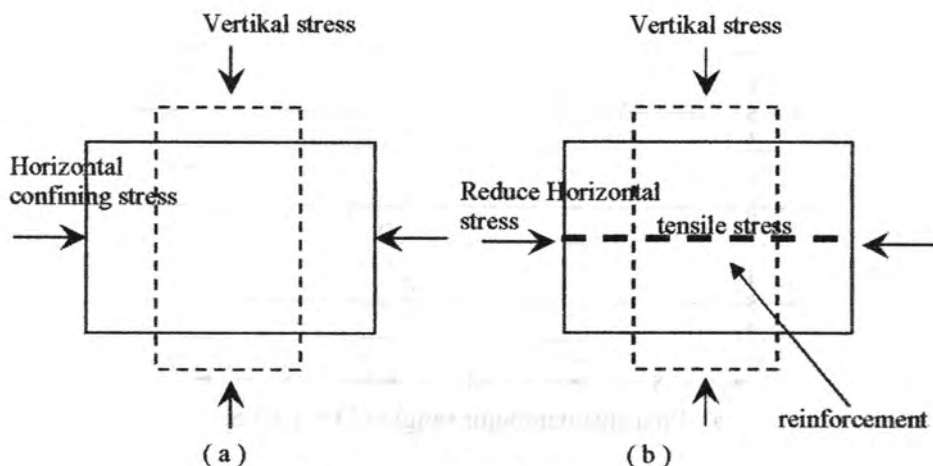


b). Pola susunan segitiga  $D = 1,05.S$ .

Gambar 2.5. Dua pola susunan pemasangan *Vertical Drain*.  
( Sumber : Indrasurya B Mochtar, 2000 )

### 2.3. KONSEP DASAR REINFORCED SOIL SYSTEM

Sebuah model sederhana pada gambar dibawah ini dapat digunakan untuk menjelaskan konsep dasar reinforced soil



Gambar 2.6 Konsep Dasar Sistem Perkuatan tanah  
( Sumber : Indrasurya B Mochtar, 2000 )

Pada Gambar 2.6 (a) merupakan elemen tanah dengan tegangan vertikal tanah yang seragam. gaya tegangan vertikal itu mendesak elemen dan mengerakkan tegangan horizontal di sekitar elemen. Besarnya tegangan horizontal ini berhubungan langsung dengan kemampuan ekspansi lateral elemen.

Pada elemen tanah yang sama yang telah diperkuat pada Gambar 2.6 (b), dimana interaksi antara tanah dan reinforcement menyebabkan gaya tegangan tarik pada reinforcement. Gaya tegangan tarik dengan pengurangan tegangan horizontal disekitar tanah menyebabkan keseimbangan pada elemen tanah. Kontribusi dari reinforcement untuk kestabilan elemen tanah dipengaruhi oleh regangan lateral, kekakuan reinforcement dan tipe tanah. Singkatnya, tujuan dari reinforcement soil adalah mentransfer mayoritas tegangan confining horizontal kepada reinforcement untuk membuat masa tanah stabil.

Perkuatan tanah yang bersifat stabil sangat cocok untuk berbagai konstruksi, antara lain :

1. *retaining wall*
2. *break water*
3. *abutment jembatan*
4. *blastwall*

### **2.3.1. TEKANAN TANAH LATERAL**

Tekanan tanah lateral adalah sebuah parameter perencanaan yang sangat penting dalam sejumlah persoalan yang berhubungan dengan teknik pondasi dan system perkuatan tanah, seperti retaining wall dan sheet pile, galian yang diperkokoh maupun tidak (*braced dan unbraced excavation*). Semua ini memerlukan perkiraan tekanan lateral secara kuantitatif pada pekerjaan konstruksi, baik untuk analisa perencanaan maupun untuk analisa stabilitas.

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya.

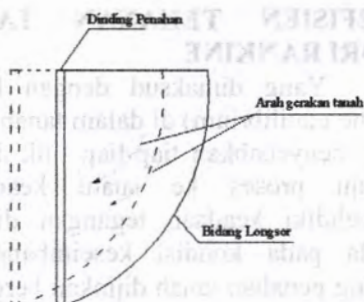
### 2.3.1.1 TEKANAN TANAH LATERAL SAAT DIAM

Tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selama proses pengendapannya tanah mengalami konsolidasi akibat pengaruh tekanan di atasnya (*overburden*) yang menimbulkan perubahan bentuk ke arah lateral.

Akibat waktu yang cukup lama, konsolidasi ke arah vertikal dan horisontal tidak terjadi sehingga tanah menjadi stabil karena tidak ada perubahan letak (*displacement*). Akibatnya tidak ada tegangan geser yang bekerja pada bidang vertikal maupun horisontal disebarkan tempat lapisan tanah.

### 2.3.1.2 TEKANAN TANAH AKTIF

Jika dinding turap mengalami pergerakan ke arah luar dari tanah urugan dibelakangnya, maka tanah urugan tersebut akan bergerak longsor kebawah dan menekan dinding penahannya seperti contoh pada gambar 2.7. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada waktu lubang dibuka maka tanah disekelilingnya akan serentak berpindah secara menyamping (*lateral*) sepanjang bidang gelincirnya menuju lubang yang dibuka tersebut. Maka setiap alat yang digunakan untuk menahan tanah disekeliling lubang tersebut seolah-olah mendorong tanah yang tergelincir kembali ke posisinya. Jadi tekanan *tanah aktif* adalah gaya yang cenderung untuk mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya.

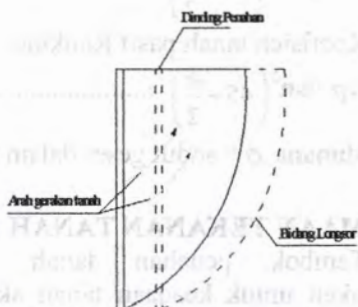


Gambar 2.7. Diagram Tekanan Tanah Aktif.

( Sumber : Analisa Penulis )

### 2.3.1.3 TEKANAN TANAH PASIF

Jika Suatu gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah urugannya, maka tekanan tanah dalam kondisi seperti ini disebut Tekanan Tanah Pasif seperti diperlihatkan pada gambar 2.8. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan tanah terhadap urugannya, yaitu gaya yang dibutuhkan untuk menahan gerakan dinding penahan sebelum mengalami keruntuhan.



Gambar 2.8. Diagram Tekanan Tanah Pasif

( Sumber : Analisa Penulis )

### 2.3.2. KOEFISIEN TEKanan TANAH MENURUT TEORI RANKINE

Yang dimaksud dengan keseimbangan plastis (plastic equilibrium) di dalam tanah adalah suatu keadaan yang menyebabkan tiap-tiap titik di dalam massa tanah menuju proses ke suatu keadaan runtuh. Rankine menyelidiki keadaan tegangan di dalam tanah yang berada pada kondisi keseimbangan plastis. Apabila dinding penahan tanah diizinkan bergerak menjauhi massa tanah secara perlahan-lahan, maka tegangan utama arah horisontal akan berkurang secara terus menerus. Akhirnya kondisi keseimbangan plastis akan dicapai bilakelonggran di dalam tanah terjadi. Keadaan tersebut dinamakan *kondisi aktif menurut Rankine*. Apabila tembok di dorong secara perlahan lahan ke arah masuk ke dalam massa tanah, maka tegangan utama  $\sigma_h$  akan bertambah secara terus menerus. Pada keadaan ini keruntuhan akan terjadi yang saat ini kita kenal sebagai *kondisi pasif menurut Rankine*.

Koefisien tanah aktif Rankine ,

$$K_a = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.22)$$

Koefisien tanah pasif Rankine ,

$$K_p = \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (2.23)$$

dimana  $\phi$  = sudut geser dalam tanah

### 2.3.3. PERSAMAAN TEKanan TANAH KE SAMPING

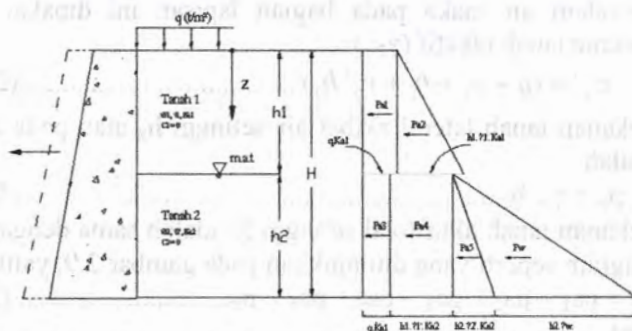
Tembok penahan tanah pada umumnya direncanakan untuk keadaan tanah aktif, yaitu keadaan dimana gaya lateral yang dapat mengakibatkan kelongsoran pada tanah urugan dibelakang struktur penahan tanah. Perpindahan lateral mengakibatkan tekanan urugan menjadi berkurang dan menjadi nilai aktif (Joseph E Bowles, 1980). Tekanan tanah ke samping



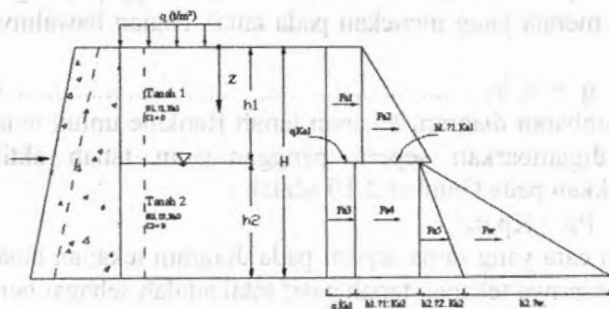
disebabkan oleh tekanan tanah di belakang struktur penahan serta akibat berat beban mati dan hidup di atas timbunan yang diterima oleh tanah tersebut.

### 2.3.3.1 TANAH BERPASIR

Ditinjau suatu dinding penahan tanah dengan tanah urugan yang berupa tanah pasir ( $C=0$ ) yang di atasnya terdapat beban terbagi merata  $q$  (Gambar 2.9). Muka air tanah terdapat pada kedalaman  $h_1$  dari permukaan tanah dan di bawahnya terdapat tanah pasir 2,



Gambar 2.9. Diagram Tekanan Tanah Aktif Rankine untuk tanah berpasir  
( Sumber : Braja M Das,1990 )



Gambar 2.10. Diagram Tekanan Tanah Pasif Rankine untuk tanah berpasir



- Pada kedalaman  $z = 0$ , tekanan aktif efektif dinding  

$$p_a = K_a \cdot q \dots \dots \dots (2.24)$$
- Pada kedalaman  $z = h_1$ , karena tanah tidak terendam air maka tekanan vertikal total sama dengan tekanan vertikal efektif yaitu :

$$\sigma_h = \sigma_v' = (q + \gamma_1 \cdot h_1) \dots \dots \dots (2.25)$$

- Tekanan tanah aktif pada bagian dinding setinggi  $h_1$  adalah  

$$p_a = p_a' = K_a (q + \gamma_1 \cdot h_1) \dots \dots \dots (2.26)$$
- Pada kedalaman  $z = h_1 + h_2 = H$ , karena tanah setebal  $h_2$  terendam air maka pada bagian lapisan ini dipakai berat volume tanah efektif ( $\gamma_2'$ ) :

$$\sigma_v' = (q + \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2' \cdot h_2) \dots \dots \dots (2.27)$$

- Tekanan tanah lateral akibat air setinggi  $h_2$  atau pada  $z = H$  adalah

$$p_w = \gamma_w \cdot h_2 \dots \dots \dots (2.28)$$

- Tekanan tanah aktif total setinggi  $H$  adalah sama dengan luas diagram seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.9, yaitu :

$$P_a = p_{a1} + p_{a2} + p_{a3} + p_{a4} + p_{a5} + p_w \dots \dots \dots (2.29)$$

atau

$$P_a = q \cdot h_1 K_a + \gamma_1 h_1 K_a + 1/2 \gamma_1 h_1^2 K_a + \gamma_1 h_1 h_2 K_a + 1/2 \gamma_2' h_2^2 K_a + 1/2 \gamma_w h_2^2$$

Apabila tekanan tanah setebal  $h_1$  dianggap sebagai beban terbagi merata yang menekan pada tanah bagian bawahnya maka :

$$q' = \gamma_1 h_1 \dots \dots \dots (2.30)$$

Penggambaran diagram tekanan tanah Rankine untuk tanah pasif dapat digambarkan seperti penggambaran tanah aktif yang ditunjukkan pada Gambar 2.10 adalah :

$$P_p = K_p \sigma_v'$$

Dengan cara yang sama seperti pada diagram tekanan tanah aktif, maka besarnya tekanan tanah pasif total adalah sebagai berikut :

$$P_a = p_{p1} + p_{p2} + p_{p3} + p_{p4} + p_{p5} + p_w$$

atau

$$P_a = q \cdot h_1 K_{p1} + \gamma_1 h_1 K_{p1} + 1/2 \gamma_1 h_1^2 K_{p1} + \gamma_1 h_1 \cdot h_2 K_{p2} + 1/2 \gamma_2^2 h_2^2 K_{p2} + 1/2 \gamma_w h_2^2$$

Dimana :

- $P_a$  = Tekanan Tanah aktif total ( ton)  
 $P_p$  = Tekanan Tanah Pasif total ( ton)  
 $p_a$  = Tekanan Tanah aktif (t/m)  
 $p_p$  = Tekanan Tanah pasif (t/m)  
 $K_a$  = Koefisien tekanan tanah aktif  
 $K_p$  = Koefisien tekanan tanah aktif  
 $\gamma$  = Berat volume tanah ( t/m<sup>3</sup>)

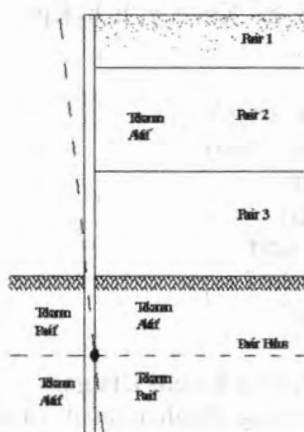
#### 2.3.4. Pengaruh Beban Merata di atas Tanah Urugan

Tanah urugan dibelakang dinding penahan tanah kadang-kadang dipengaruhi oleh beban terbagi merata. Dengan menganggap beban terbagi rata  $q$  sebagai beban tanah setebal  $h_s$  dengan berat volume tanah  $\gamma_1$  maka tinggi lapisan tanah  $h_s$  (gambar 2.11). Tekanan tanah arah lateral pada kedalaman  $h_s$  akan sebesar :

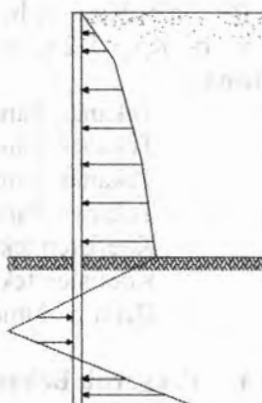
$$\begin{aligned}
 p_a &= h_s \cdot \gamma \cdot K_a \\
 &= q \cdot K_a \dots\dots\dots(2.31)
 \end{aligned}$$

#### 2.3.5. SHEET PILE

Sheet pile adalah konstruksi yang dapat menahan tekanan tanah disekelilingnya, mencegah terjadinya kelongsoran . Sheet pile yang sering digunakan adalah sheet pile dengan tiang tegak, biasanya terbuat dari beton ataupun baja. Berikut ini adalah gambar distribusi tekanan tanah yang terjadi sepanjang bagian sheet pile



Gambar 2.11.a  
Tekanan Tanah Lateral



Gambar 2.11.b  
Distribusi Tekanan Tanah

## 2.3.6. GEOSYNTHETIC

### 2.3.3.1 Umum

Geosynthetic adalah bahan sintesis yang digunakan dalam pekerjaan teknik yang berhubungan dengan tanah. Pada penggunaannya berbentuk geomembran, geolinier, geolemen, georid dan geocomposit. Bentuk-bentuk tersebut timbul karena fungsinya yang beragam yaitu sebagai *drainage*, *filtration*, *separation*, *protection and erosion control* dan *reinforcement*.

Pengertian geosynthetic menurut ICI Fibres (1986) adalah "a synthetics material used in a soil (geo) environment. Jadi semua bahan-bahan sintesis yang digunakan dalam pekerjaan teknik bangunan dan bahan tersebut dalam lingkungan tanah dapat disebut sebagai geosynthetic. Selain dari itu, istilah geosynthetic juga diperuntukkan bagi yang terbuat bahan-bahan lain yang bukan dari bahan sintesis yang sebelumnya juga banyak orang untuk maksud-maksud yang hampir sama dengan

salah satu fungsi geosynthetic, misalnya sebagai geotekstile, sering digunakan ayaman bamboo dan rerumputan sebagai lapisan penguat di bawah timbunan tanah atau badan jalan. Meskipun dapat dianggap sebagai lapisan geotekstile, yang disebut terakhir tidak dapat sebagai geosynthetic.

Pada perkembangannya timbul bermacam-macam bentuk geosynthetic sesuai dengan fungsi dan penggunaannya. Dari berbagai variasi bentuk geosynthetic sesuai dengan fungsi dan penggunaannya. Dari berbagai variasi bentuk geosynthetic tersebut, dapat digolongkan beberapa bentuk dasar yaitu (ICI Fibres, 1986):

1. Geotekstile  
Yaitu yang berbentuk menyerupai bahan tekstile (rajutan seperti bahan kain).
2. Geomembran  
Yaitu yang berbentuk lapisan tipis yang kedap air dan berfungsi menyerupai membrane.
3. Geolinier element  
Yaitu yang berbentuk berupa lajur-lajur tunggal berdiri sendiri-sendiri, baik berwujud pipih maupun seperti pipa yang umumnya berfungsi untuk memperkuat tanah.
4. Geogrid  
Yaitu yang berbentuk seperti ayaman dalam grid-grid besar yang menyerupai bentuk jarring (net).
5. Geocomposite  
Yaitu bahan sintetis yang terdiri dari dua atau lebih kombinasi dari bahan-bahan geosynthetic yang berbeda, atau bahan synthetic yang bentuknya tidak sama termasuk dalam empat bentuk diatas. Bentuk geocomposite juga dikenla sebagai bentuk *hybrid*.

Bahan dasar geosynthetic pada umumnya adalah serat sintetis seperti *polypropylene*, *polyethylene*,

*polyester* dan *polyamid*. Namun demikian, serat buatan seperti *cellulose* dan *rayon* juga banyak digunakan. Sebagian dari manufaktur bahan geosynthetic bahkan juga menggunakan bahan serat alam seperti kapas dan jute (bahan karung goni) sebagai bahan campuran serat. Keunggulan bahan serat dibanding dengan bahan-bahan yang lain adalah terutama ketahanan terhadap pelapukan/umur yang merupakan syarat utama bagi bahan-bahan konstruksi dalam tanah (harus tanah lama).

Dari fungsinya, bahan geosynthetic umumnya digunakan untuk lima tujuan dasar yaitu untuk fungsi :

1. *Drainage*, sebagai pengalir air tanah yang baik
2. *Filtration*, sebagai penyaring dan penahan partikel tanah halus supaya tidak terbawa oleh aliran rembesan tanah.
3. *Separation*, sebagai pemisah dua lapisan (tanah dengan tanah, atau tanah dengan cairan) supaya tidak tercampur.
4. *Protection and erosion*, sebagai pencegah erosi dan penggerusan.
5. *Reinforcement*, sebagai penguat dan pemegang tanah.

Pada pelaksanaannya, geosynthetic hampir selalu digunakan untuk lebih dari satu fungsi, kecuali geolinier element yang berfungsi hanya untuk reinforcement saja. Untuk itu dapat diringkas bermacam-macam aplikasi geosynthetic berdasarkan bentuk dan fungsinya seperti pada Tabel 2.1.



Tabel 2.1 Hubungan antara Bentuk dan Fungsi Geosynthetic

Bentuk		Fungsi	
1	Geotekstile	a)	Reinforcement
		b)	Filtration
		c)	Separation
		d)	Surface Protection and Erosion
		e)	Drainage
2	Geomembran	a)	Separation
		b)	Reinforcement
3	Geogrid	a)	Reinforcement
		b)	ErosionControl
4	Geolinier		Reinforcement
5	Geocomposite	a)	Drainage
		b)	ErosionControl
		c)	Filtration
		d)	Reinforcement

### 2.3.3.2 Karakteristik Teknik untuk Perencanaan

Untuk perencanaan perlu diketahui bagaimana memilih bahan geosynthetic. Pilihan tersebut umumnya didasarkan karakteristik teknik bahan geosynthetic. Karakteristik teknik tersebut meliputi antara lain karakteristik fisis, mekanis dan hidrolis.

#### ➤ Karakteristik Fisis

Karakteristik fisis meliputi berat, ketebalan dan berat satuan atau bert jenis dari bahan geosynthetic tersebut. Berat dan ketebalan bahan biasanya merupakan satu bagian dari kekuatan bahan. Makin tinggi kekuatan bahan biasanya juga makin berat dan tebal bahannya. Berat jenis bahan kadang-kadang diperlukan untuk mengetahui apakah bahan tersebut tenggelam atau mengapung dalam air. Hal ini terutama pekerjaan dalam air.

Selain karakteristik pokok diatas, beberapa pembuatn bahan geosynthetic juga memberikan karakteristik tambahan seperti : lebar gulungan untk bahan geotekstile, titik leleh bahan, panjang bahan per gulungan, temperature lapangan





maksimu/minimum yang disarankan untuk aplikasi bahan geotekstile dan lain-lain.

### ➤ **Karakteristik Mekanis**

Karakteristik mekanis merupakan karakteristik yang sangat penting didalam perencanaan. Karakteristik mekanis ini meliputi :

#### c. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)

Yaitu besarnya gaya untuk menarik bahan geosynthetic sampai putus. Sifat ini diperlukan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya/tegangan tarik. Biasanya juga diberikan besarnya panjang/lebar (oloran) pada saat tarik maksimum.

Karena aplikasinya bermacam-macam di lapangan, bahan geotekstile dan geomembrane disyaratkan untuk dilengkapi berbagai macam kekuatan tarik dari bermacam-macam test tarik, diantaranya (ICI Fibres, 1986) :

- 50 mm Grap Tensile : untuk menentukan kuat tarik bahan dengan lebar sempit.
- Grab Tensile Strength : untuk mengetahui kemampuan bahan geotekstile dalam menyebarkan muatan (tarik) terpusat dengan arah yang sejajar lembaran geotekstile.
- Wide Width Tensile Strength : memberikan kemampuan tarik bahan dengan deformasi lateral sekecil-kecilnya.

Test ini biasanya dilakukan pada lembaran 200 mm sampai dengan 1000 mm.

d. Kekuatan Pecah (*Burst Strength*)

Yang dimaksud dengan kekuatan pecah disini adalah kekuatan bahan dalam menerima beban terpusat dalam arah tegak lurus lembaran geotekstile. Beban terpusat ini dapat berupa *bursting load* atau *puncturing load*. *Bursting load* terjadi bila geotekstile harus menerima beban terpusat pada luasan yang relatif sempit, arah tegak lurus lembaran geotekstile. Pada umumnya kemungkinan *bursting* terjadi pada lengkungan-lengkungan diantara batuan atau lubang kecil.

*Puncturing load* (beban coblos) adalah beban tegak lurus lembaran akibat muatan yang berujung runcing yang cenderung mencoblos lembaran. Kekuatan bahan terhadap coblosan merupakan bagian dari kekuatan robek (*Tear Strength*)

e. Kekuatan Robek (*Tear Strength*)

Kekuatan robek perlu diketahui untuk mendapatkan ketahanan bahan terhadap menjalarnya robekan dalam kondisi menahan tensile. *Tear Strength* juga diperlukan untuk menahan beban coblosan

Untuk maksud tersebut, maka *Tear Strength* diberikan dari hasil test :

1. Trapezoidal *Tear Strength*, test ini dilakukan dengan menarik bahan yang sudah robek dengan pola tertentu. Kekuatan robek merupakan gaya dimana robekan mulai menjalar keseluruh lembaran.

2. Cone Drop Test, test dilakukan dengan menjatuhkan sebuah kerucut berujung runcing tegak lurus lembaran yang dijepit sisinya. Test ini untuk mendapatkan kekuatan coblos dari bahan geotekstile, meniru coblosan di lapangan.

➤ **Karakteristik Hidrolis**

Karakteristik hidrolis bahan geosynthetics diperlukan apabila bahan tersebut diperlukan sebagai filter dan drainage, perlu diketahui karakteristik terlebih dahulu. Termasuk Aparent Opening Size (AOS), dimana bahan berwujud sebagai penyaring. Untuk AOS pada  $O_{95}$  artinya diameter tersebut merupakan diameter lubang yang relatif terbesar pada filter geotekstile sedemikian rupa sehingga 95 % dari lubang-lubang filter yang lain mempunyai diameter yang lebih kecil dari  $O_{95}$  tersebut. Disamping  $O_{95}$  juga dikenal  $O_{50}$  yang biasanya disebut sebagai Equivalent Opening Size ( $EOS = O_{50}$ ). Permiabilitas dan transmissivity juga merupakan karakteristik hidrolis dari bahan geosynthetic.

Selain dari tiga karakteristik teknik tersebut diatas, untuk geomembrane biasanya juga diberikan hal-hal antara lain :

- Ketahanan terhadap berbagai bahan kimia
- Ketahanan terhadap senyawa ozone
- Ketahanan terhadap tekanan hidrolis
- Ketahanan terhadap penyerapan air

### 2.3.3.3 Geosynthetic sebagai Reinforcement

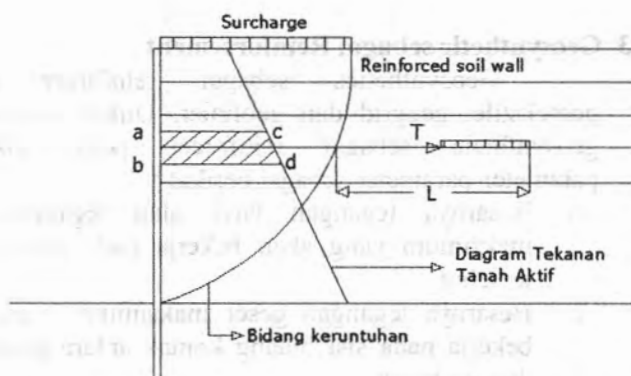
Geosynthetics sebagai reinforcer adalah geotekstile, geogrid dan geolinier. Untuk perencanaan geosynthetic sebagai reinforcer perlu diketahui parameter-parameter sebagai berikut :

- o Besarnya tegangan tarik atau tegangan tarik maksimum yang akan bekerja pada geosynthetic tersebut
- o Besarnya tegangan geser maksimum yang akan bekerja pada sisi bidang kontak antara geotekstile dengan tanah.

Gaya / tegangan tarik maksimum diperlukan untuk mendapatkan jenis geotekstile yang sesuai, sedangkan tegangan geser maksimum untuk menentukan "*minimum length of embedment* ", jarak minimum masuknya geosynthetics kedalam tanah yang stabil dari bahan geosyntheticis. Bila jarak minimum tersebut memenuhi, bahan geosynthetics tersebut tidak akan tercabut keluar tanah akibat tegangan tanah akibat tegangan tarik yang bekerja.

Sebagai contoh untuk desain diberikan kondisi suatu tembok penahan tanah dengan sistem reinforced soil pada Gambar 2.10 menggunakan geolinier element (*strip element*). Gaya T pada setiap element geolinier diketahui dengan cara sebagai berikut :

$$T = \text{besarnya tegangan aktif pada bidang } ab \\ = (\text{luas diagram tegangan tanah aktif } abcd) \times (\text{lebar horizontal panel dinding}).$$



Gambar 2.12. Dasar Perencanaan Tegangan Tarik dan Panjang Lengan Penjangkaran Pada Sistem Perkuatan Tanah  
( Sumber : Braja M Das,1990 )

Kemudian dari keseimbangan gaya yang bekerja pada element geolinier didapat:

$$T_{\max} \text{ geser} \times \text{luas permukaan bahan geolinier} = T \times SF \dots \dots \dots (2.32)$$

Harga  $\tau_{\max}$  dapat dicari dari :

$$\tau_{\max} = \sigma \dots \dots \dots (2.33)$$

Dimana :

$\sigma_v'$  = tegangan vertikal efektif dari overburden pressure di kedalaman tanah tersebut

$C_g$  = koefisien geser antar bahan geolinier element dengan tanah

Jadi luas permukaan geolinier diluar bidang kelongsoran (A) dapat dicari :

$$A = \frac{SF \times T}{\sigma_v' \times C_g} \dots \dots \dots (2.34)$$

Bila  $d$  adalah lebar bahan geolinier element, maka :

$$L \times d = \frac{SF \times T}{\sigma_v \times C_g} \dots\dots\dots(2.35)$$

Prinsip serupa dapat diterapkan pada sistem-sistem reinforcement oleh geosynthetics yang lain seperti misalnya pada Websol System, Geosynthetics dibawah embakment dan lain-lain.

### 2.3.7. METODE TIE BACK

Semua jenis struktur yang penting untuk diperhatikan adalah kestabilannya, termasuk juga struktur dinding tanah. Kestabilan dinding tanah meliputi

#### ➤ Kestabilan Overall

Momen penggerak yang terjadi pada suatu timbunan adalah berat tanah timbunan yang mempengaruhi untuk longsor dikalikan jarak pusat berat tanah tersebut terhadap pusat rotasi garis kelongsoran abutment. Sedangkan momen penahan adalah tegangan geser tanah yang terjadi ditambah dengan perkuatan tambahan yang dihasilkan oleh adanya geotekstile dikalikan dengan jarak geotekstile terhadap titik pusat garis kelongsoran abutment jembatan tersebut. Seperti diberikan pada Persamaan 2.25 untuk momen penggerak dan Persamaan 2.26 untuk momen penahan.

$$M_D = \sum_{\text{titik-a}}^{\text{titik-o}} g h (dL) L = \int g h L dL \dots\dots\dots(2.36)$$

$$M_R = \sum_{\text{titik-a}}^{\text{titik-g}} \tau_i R dL + S T = \int \tau_i R dL + S T \dots\dots\dots(2.37)$$

Selisih momen penggerak ( $M_D$ ) yang sesuai dengan SF yang direncanakan dengan momen penggerak ( $M_D$ ) yang sesuai dengan SF yang ada merupakan momen



( $\Delta M_R$ ) yang perlu ditahan oleh bahan geotekstile sebagai pemerkuat kestabilan yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta M_R = (SF_{rencana} - SF_{stable}) \times M_D \dots\dots\dots(2.38)$$

➤ **Kestabilan Eksternal**

Untuk menjaga kestabilan eksternal dinding tanah akibat beban surcharge perlu diperhatikan gaya-gaya eksternal yang bekerja pada sistem reinforced soil. Adapun perumusan untuk kontrol kestabilan eksternal adalah sebagai berikut :

1. Stabilitas terhadap sliding

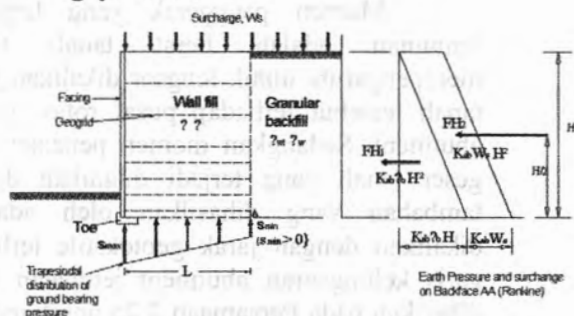
misal :

gaya tekanan tanah aktif =  $H_1$

gaya tekanan aktif surcharge =  $H_2$

gaya vertikal gravitasi =  $W$

gaya tahan =  $R$



Gambar 2.13 Gambar Stabilitas Eksternal

$$H_1 = \frac{1}{2} \cdot K_{ab} \cdot \gamma_b \cdot H^2$$

$$H_2 = K_{ab} \cdot W_s \cdot H$$

$W$  = gaya berat dinding tanah + gaya beban surcharge

$$= \gamma_w \cdot H \cdot L + W_s \cdot L$$

$$R = \mu \cdot W$$

$$= \mu \cdot (\gamma_w \cdot H \cdot L + W_s \cdot L)$$

untuk menjaga kestabilan terhadap sliding digunakan perumusan :

Faktor keamanan terhadap sliding = (gaya tahan terhadap sliding) / (gaya sliding)

$$FS = \frac{\mu(\gamma_w \cdot H \cdot L + W_s \cdot L)}{(K_{ab} \gamma_b H^2 / 2) + K_{ab} W_s H}$$

$$= \frac{2\mu(\gamma_w H + W_s)}{K_{ab}(\gamma_b H + 2W_s) \left(\frac{H}{L}\right)} \dots\dots\dots(2.39)$$

dimana :

FS = faktor keamanan sliding ( $\geq 2$ )

$\mu$  = koefisien gesekan dasar blok reinforced soil = 0.5

$\gamma_w$  = berat jenis tanah wallfill

$\gamma_b$  = berat jenis tanah backfill

H = tinggi dinding tanah

$W_s$  = beban surcharge

$K_{ab}$  = koefisien tekanan tanah aktif tanah backfill

L = panjang geogrid/geotekstile

#### ➤ Bearing failure

Untuk menjaga kestabilan terhadap bearing digunakan perumusan :

Momen akibat gaya horizontal

$$(M) = H_1 \cdot H/3 + H_2 \cdot H/2$$

$$= 1/6 \cdot K_{ab} \cdot H^2 \cdot (\gamma_b \cdot H + 3W_s)$$

tegangan tanah dasar akibat beban gravitas

$$i(\sigma_v) = V_1/L + V_2/L$$

$$= \gamma_w \cdot H + W_s$$

$$\sigma_{\max} = \sigma_v + M/W$$

$$\sigma_{\max} = (\gamma_w H + W_s) + K_{ab} (\gamma_b H + 3 W_s) (H/L)^2$$

$$\leq \bar{\sigma}_{\text{subsoil}} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$\sigma_{\min} = (\gamma_w H + W_s) - \gamma_b H + 3 W_s (H/L)^2 > 0 \dots\dots\dots(2.41)$$

keterangan :

$\sigma_{\max}$  = tegangan maksimum pada tanah dasar

$\sigma_{\min}$  = tegangan minimum pada tanah dasar

$\gamma_w$  = berat jenis tanah wallfill

$\gamma_b$  = berat jenis tanah backfill

$W_s$  = beban surcharge

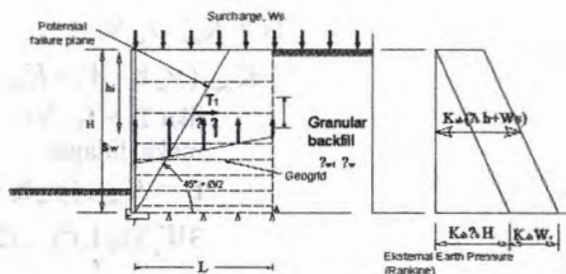
$K_{ab}$  = koefisien tekanan tanah aktif tanah backfill

L = panjang geotekstile

### ➤ **Kestabilan Internal**

Untuk menjaga kestabilan internal digunakan perumusan sebagai berikut :

1. Stabilitas terhadap tegangan tarik geotekstile akan mengalami tegangan tarik akibat beratnya sendiri dari timbunan dan beban surcharge. Tegangan tarikan dievaluasi secara terpisah dan kemudian dibandingkan dengan tegangan tarik total dari geotekstile.



Gambar 2.13 Gambar Kestabilan Internal

Misal :

Gaya horizontal kedalaman  $h_i$  akibat tekanan tanah aktif =  $H_{11}$

Gaya horizontal kedalaman  $h_i$  akibat tekanan aktif surcharge =  $H_{21}$

Gaya gravitasi dinding tanah pada kedalaman  $h_i$  =  $V_{1i}$

Gaya gravitasi surcharge pada kedalaman  $h_i$  =  $V_{2i}$

$$H_{11} = \frac{1}{2} K_{ab} \gamma_b h_i^2$$

$$H_{21} = K_{ab} W_s h_i$$

$$V_{11} = \gamma_w h_i L$$

$$V_{21} = W_s \cdot L$$

$$M_i = 1/6 \cdot K_{ab} \cdot h_i^2 \cdot (\gamma_b h_i + 3 W_s)$$

$$\sigma_w = V_{11}/L + V_{21}/L + M_i/W$$

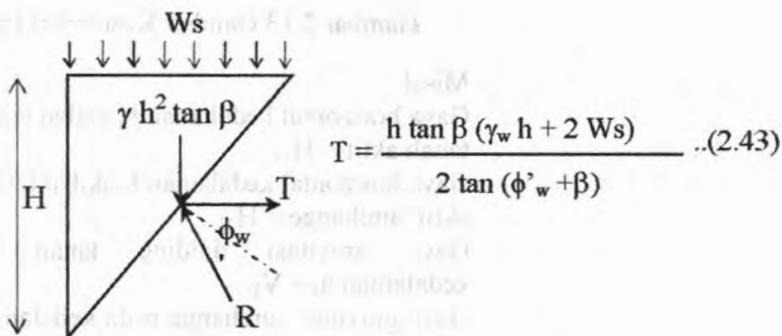
$$\sigma_{vi} = \gamma_w h_i + W_s + K_{ab} (\gamma_b h_i + 3 W_s) (h_i/L)^2$$

- (i) Beban *Wall fill* dan *Surcharge* gaya tarik per meter lebar pada geotekstile pada kedalaman  $h_{ii}$  adalah :

$$T_i = K_{aw} \sigma_{vi} V_i$$

$$= K_{aw} (\gamma_w h_i + W_s + K_{ab} (\gamma_b h_i + 3W_s)(h_i/L)^2) V_i$$

jika  $T_i = f_1 \cdot V_i$   
maka didapat ;  
 $f_1 = K_{aw} (\gamma_w h_i + W_s + K_{ab} (\gamma_b h_i + 3W_s)(h_i/L)^2) \dots (2.42)$



Gambar 2.14 Gaya Tarik pada Geotekstile pada kasus tanah kohesif digunakan persamaan :

$$T_i = K_{aw} \left( \gamma_w h_i + W_s - \frac{2C'_w}{\sqrt{K_{aw}}} \right) + K_{ab} (\gamma_b h_i + 3W_s) \left( \frac{h_i}{L} \right)^2 V_i \dots (2.44)$$

Keterangan :

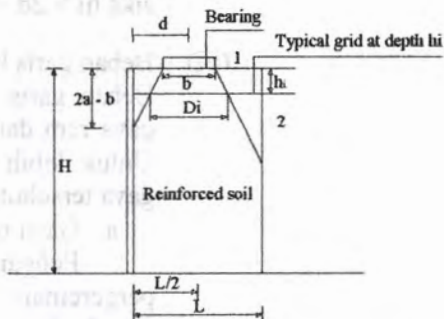
$T_i$  = gaya tarik per meter lebar pada geotekstile

$K_{aw}$  = koefisien tekanan tanah aktif wallfill

$K_{ab}$  = koefisien tekanan tanah aktif backfill

$V_i$  = jarak pemasangan geotekstile

## (ii) Beban garis vertikal



Gambar 2.15 Penyebaran Beban Vertikal

Penyebaran beban vertikal diasumsikan seperti pada Gambar 2.15. distribusi trapezoidal dari tegangan vertikal diasumsikan untuk memperhitungkan tegangan vertikal maksimum pada tiap geotekstile, tegangan vertikal ini kemudian dapat diubah menjadi gaya tarik dengan menggunakan rumus :

$$T_i = K_{aw} \cdot \sigma_{vi} \cdot V_i \dots\dots\dots(2.45)$$

$$\sigma_{vi} = \frac{S_i}{D_i} + \frac{6 \times S_i \times e}{D_i^2}$$

Kemudian disubstitusikan kedalam Persamaan 2.25 menjadi :

$$T_i = \frac{K_{aw} \cdot S_i}{D_i} \left[ 1 + \frac{6 \cdot e}{D_i} \right] V_i$$

jika  $T_i = f_2 \cdot V_i$   
maka didapat ;

$$f_2 = \frac{K_{aw} \cdot S_i}{D_i} \left[ 1 + \frac{6 \cdot e}{D_i} \right] \dots\dots\dots(2.46)$$



Jika  $h_i \leq 2d - b$ ;  $D_i = h_i + b$

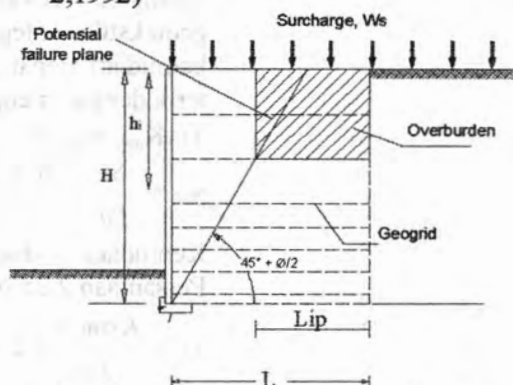
Jika  $h_i > 2d - b$ ;  $D_i = d + \frac{h_i + b}{2}$

(iii) Beban garis horizontal

Beban garis horizontal ini berasal dari gaya rem dan gaya gempa yang terjadi. Untuk lebih jelasnya mengenai kedua gaya tersebut dijelaskan sebagai berikut :

a. Gaya rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu-lintas harus diperhatikan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai jembatan. Tanpa melihat besarnya lebar jembatan, gaya memanjang yang bekerja diambil dari Gambar 2.16 hubungan antara Gaya rem dengan Panjang jembatan (BMS bagian 2,1992)



Gambar 2.16 Panjang Pengangkeran

Adapun gaya total geogrid dalam perencanaan ini dapat diganti dengan gaya total geotekstile. Tegangan yang

dipakai pada geotekstile adalah tegangan ultimate, tetapi untuk mencari gaya total yang digunakan adalah  $T_{allow}$ .

Untuk mencari  $T_{allow}$  digunakan persamaan sebagai berikut :

$$T_{allow} = T_{ultimate}$$

$$\left[ \frac{1}{FS_{BD} \times FS_{CR} \times FS_{CD} \times FS_{SD}} \right] \dots \dots (2.47)$$

Nilai-nilai partial Faktor of Safety dapat dilihat pada Tabel 2.4 (Robert M. Koerner, edisi 4)

Tabel 2.4 Nilai Faktor Reduksi yang disarankan

Application Area	Range of Reduction Factor			
	Instalation damage	Creep	Chemical degradation	Biological degradation
Separation	1.1 to 2.5	1.5 to 2.5	1.0 to 1.5	1.0 to 1.2
Cushioning	1.1 to 2.0	1.2 to 1.5	1.0 to 2.0	1.0 to 1.2
Unpaved roads	1.1 to 2.0	1.5 to 2.5	1.0 to 1.5	1.0 to 1.2
Walls	1.1 to 2.0	2.0 to 4.0	1.0 to 1.5	1.0 to 1.3
Embakment	1.1 to 2.0	2.0 to 3.5	1.0 to 1.5	1.0 to 1.3
Bearing capacity	1.1 to 2.0	2.0 to 4.0	1.0 to 1.5	1.0 to 1.3
Slope Stabilization	1.1 to 1.5	2.0 to 3.0	1.0 to 1.5	1.0 to 1.3
Pvement overlay	1.1 to 1.5	1.0 to 2.0	1.0 to 1.5	1.0 to 1.1
Railsroads	1.5 to 3.0	1.1 to 2.1	1.5 to 2.0	1.0 to 1.2
Flexible form	1.1 to 1.5	1.5 to 3.0	1.0 to 1.5	1.0 to 1.1
silt fences	1.1 to 1.5	1.5 to 2.5	1.0 to 1.5	1.0 to 1.1

Sumber : Robert M. Koerner, edisi keempat

## 2.4 Kriteria Pemilihan Alternatif

Dalam perencanaan tugas akhir ini akan digunakan 2 alternatif system perkuatan tanah, yaitu :

### 1. Kombinasi Sheet pile dan Geotextile

Pada usulan teknis ini dipilih sheet pile sebagai konstruksi dinding penahan tanah karena sheet pile memiliki kelebihan antara lain :

1. Berbentuk dinding tegak sesuai dengan kondisi perencanaan untuk pekerjaan struktur perkuatan tanah di lokasi ini.
2. Kemudahan untuk pekerjaannya
3. tidak membutuhkan waktu yang lama untuk instalasi pekerjaannya jika dibanding dengan retaining wall.
4. Konstruksi dinding dibangun untuk perkuatan tanpa menggunakan perancah.
5. Memiliki harga yang murah serta banyak tersedia di pasaran

Pada pemilihan perkuatan tanah pada timbunan ini akan digunakan geotextile sebagai system untuk menjaga kestabilan tanah, karena :

1. Barang banyak tersedia di pasaran.
2. Bahan dasar geotextile adalah serat sintesis yang tahan terhadap pelapukan dan pengaruh perubahan kimiawi tanah.
3. Bahan geotextile merupakan bahan yang paling luas penggunaannya dalam bidang teknik sipil.
4. Adanya geotextile sebagai pemisah memudahkan pengurangan timbunan tersebut karena tidak banyak material tanah timbunan yang hilang masuk kedalam lapisan tanah dasar.

5. Adanya geotextile dapat meningkatkan daya dukung tanah sehingga timbunan dapat dibuat lebih tinggi.
6. Dapat mengurangi penggunaan konstruksi dinding agar tidak membutuhkan dimensi perencanaan dinding penahan yang besar, karena daya dukung tanah sudah bagus akibat pemasangannya.

## 2. Kombinasi Struktur Geogrid dan Box Culvert

Selain menggunakan sheet pile dalam tugas akhir ini juga akan direncanakan struktur geogrid sebagai konstruksi perkuatan tanah dan dikombinasi dengan box culvert dengan tujuan dapat mengurangi beban ketinggian timbunan tanah dan juga untuk mempercepat pekerjaan. Dalam struktur geogrid yang terdiri atas :

- Blok beton pracetak MULTIBLOCK dengan ukuran 0,4 x 0,2 x 0,32 m dan antar bloknnya dengan menggunakan pin
- Lembaran TENSAR geogrid

Sistem dinding tanah multiblock dikenal juga sebagai konstruksi dinding

segmental yang memiliki kelebihan antara lain :

1. konstruksinya dilakukan secara bertahap sesuai dengan ketinggian timbunan tanpa bangunan perancah.
2. konstruksinya dilakukan tanpa membutuhkan alat berat sehingga lebih praktis dan cepat pengerjaannya.
3. memiliki bentuk estetika yang prima
4. memiliki nilai ekonomis yang prima

Pada pemilihan perkuatan tanah pada timbunan ini akan digunakan geogrid sebagai sistem untuk menjaga kestabilan tanah, karena :

1. Barang banyak tersedia di pasaran.
2. Bahan dasar geotextile adalah serat sintetis yang tahan terhadap pelapukan dan pengaruh perubahan kimiawi tanah.
3. sangat cocok digunakan sebagai bahan perkuatan tanah bisa berfungsi seperti besi tulangan dalam konstruksi beton.
4. Kuat dan stabil sebagai bahan reinforcement.

## 2.5 Spesifikasi Bahan

Tabel 2.5 Spesifikasi Bahan PVD (Flodrain)

<b>FILTER JACKET</b>	
Permeability	: 50 l/m <sup>2</sup> s pada 100 mm Head
Perpanjangan saat hancur (ASTM 1682 mod.200 mm)	: 75% minimum
Ketahanan koyak CBR (DIN 54307)	: 1270 N
Ukuran Pori Maksimum (O <sub>95</sub> EOS)	: 165 μm
<b>DRAINASE KOMPOSIT</b>	
Ukuran	: 100 mm x 40 mm
Diameter ekivalent drainase	: 60 mm
Kapasitas pengaliran air	: 2.7 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> /s pada gradient hidraulis 1.0
Kekuatan Tarik (AS 1441.4)	: 2500 N
Panjang/roll	: 175 m
Berat/roll	: ± 14 kg
Diameter roll	: ± 1.1 m

Tabel 2.6 Spesifikasi Teknis Geotekstile Tipe UnggulTex

Properties	Unit	Test Methode	UW-150	UW-200	UW-250
<b>Physical Properties</b>					
Mass	g/m <sup>2</sup>	ASTM D 5261-92	150	200	150
Thickness	mm	ASTM D 5199-91	0.5	0.6	0.5
Colour			Black	Black	Black
<b>Mechanical Properties</b>					
Strip Tensile Strength (Wrab/Weft)	kN/m	ASTM D 1585-94	37/35	42/39	52/52
Elongation At Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 1585-94	19/18	20/20	19/20
Grap Tensile Strength (Wrab/Weft)	N	ASTM D 4632-91	1210/1200	1600/1600	1210/1202
Elongation At Max. Load (Wrab/Weft)	%	ASTM D 4632-91	14/13	22/22	14/15
Trapezoidal Tear Strength (Wrab/Weft)		ASTM D 4533-91	615/615	700/700	615/617
<b>Hydraulic Properties</b>					
Pore Size O <sub>35</sub>	µm	ASTM D 4751-95	320	275	320
Water Permiability	l/m <sup>2</sup> /sec	100 mm water head	28	16	28
<b>Environmental Properties</b>					
Effect of soil Alkalinity	-	-	nil	nil	nil
Effect of soil Acidity	-	-	nil	nil	nil
Effect of Bacteria	-	-	nil	nil	nil
Effect of U. V. Light	-	-	Stabilized	Stabilized	Stabilized
<b>Packaging</b>					
Roll Length	mm	-	150-200	150-200	150-200
Roll Width	mm	-	3.2-3.4	3.2-3.4	3.2-3.4
Roll Area	m <sup>2</sup>	-	640-760	640-760	640-760
Roll Diameter (Approx)	m	-	0.4-0.5	0.4-0.5	0.4-0.5
Roll Weigth (Approx)	kg	-	96-114	128-152	160-190

Tabel 2.7 Spesifikasi Geogrid Tipe TENSAR

Tipe Geogrid	$\gamma_m$	$\sigma_{ult}$	FS	$\sigma_{ijin}$
		t/m		t/m
SR 80	1,2	3,25	1,35	2,01
SR 110	1,1	4,5	1,35	3,03

(Sumber : Ir. Indrasurya B.M, Teknologi Perbaikan Tanah, 2000)







## **BAB III METODOLOGI**

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini, antara lain : pengumpulan dan pengolahan data, identifikasi masalah, studi litelatur, analisa perhitungan dan terakhir adalah rekapitulasi perhitungan biaya antara kedua alternatif pekerjaan. Dibawah ini dijelaskan masing-masing tahapan dalam penyelesaian permasalahan-permasalahan yang telah dijelaskan pada bab I, antara lain :

### **3.1 Identifikasi Masalah**

Dalam tahap ini, latar belakang diperlukannya konstruksi sistem perkuatan tanah dan alternatif- alternatif apa saja yang sesuai dengan kondisi existing yang ada. Kemudian setelah latar belakang kita pelajari, kita mencoba merumuskan permasalahan-permasalahan yang muncul berkaitan dengan studi ini, setelah itu membuat suatu tujuan yang harus dicapai agar permasalahan yang timbul dapat terselesaikan. Untuk mempermudah pembahasan dan agar tidak meluas tertalu jauh, maka diberikan suatu batasan masalah studi, dimana didalamnya memuat hal-hal yang tidak dikerjakan dalam studi, serta asumsi-asumsi yang diambil untuk mempermudah penyelesaian studi ini. Tahap identifikasi masalah ini tertulis secara jelas di dalam pembahasan bab I.

### **3.2 Studi Literatur**

Tahap ini adalah tahap dimana dasar-dasar teori yang didapat dari berbagai sumber literatur, dipelajari untuk menunjang studi perencanaan konstruksi perkuatan tanah. Proses ini harus dilakukan untuk pemdalaman permasalahan agar pencapaian tujuan dapat dilakukan secara tepat. . Literatur yang menunjang adalah buku-buku atau referensi lain yang

mengungkapkan teori-teori mengenai materi-materi yang dibahas pada tugas akhir ini. Teori-teori tersebut antara lain mengenai:

1. Pengertian Sistem Perkuatan Tanah

Sesuai dengan judul tugas akhir ini, yaitu tentang perencanaan sistem perkuatan tanah, maka pengertian dasar tentang sistem perkuatan tanah perlu untuk dipelajari. Di dalamnya juga mencakup tegangan-tegangan dan regangan tanah.

2. Permodelan dan Jenis Dinding Penahan Tanah

Pemilihan jenis dinding penahan yang akan digunakan dipengaruhi oleh perencanaan desain, kondisi lokasi proyek, dan tata lokasi.

3. Perkuatan untuk Timbunan

Studi yang dilakukan untuk merencanakan sistem perkuatan timbunan bisa digunakan geotextile untuk perkuatan dan PVD (*Prefabricated Vertical Drain*) untuk mempercepat proses konsolidasi, sedangkan untuk struktur geogrid dengan multiblock facing memiliki batas maksimal ketinggian maka akan dikombinasikan dengan box tunnel, serta minipile (tiang pancang) sebagai perkuatan tanah.

4. Analisa Biaya

Merupakan hasil yang diperoleh dari proses perhitungan dari masukkan – masukkan antara lain berapa harga satuan dasar untuk bahan, alat, upah tenaga kerja, serta biaya umum dan laba. Berdasarkan masukkan tersebut dilakukan perhitungan untuk menentukan koefisien bahan, upah tenaga kerja dan peralatan setelah terlebih dahulu menentukan asumsi – asumsi dan faktor – faktor serta prosedur kerjanya. Jumlah dari hasil – hasil perkalian koefisien tersebut dengan harga satuan dasar dengan biaya umum dan laba akan menghasilkan harga satuan pekerjaan dan dibuatlah *Time Schedule*.

### 3.3 Data dan Parameter Desain

#### 3.3.1. Data yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah :

1. *Layout* Proyek.
2. Data tanah asli di area proyek Lingkar By Pass Probolinggo .
3. Data tanah urugan untuk timbunan .
4. Data beban lalu lintas dan movilizáis proyek, yang dimaksud disini adalah data beban lalu lintas dan kendaraan – kendaraan proyek yang direncanakan melintas di ruas jalan yang akan direncanakan.
5. Data – data *minipile* produksi WIKA.

#### 3.3.2. Pengolahan data – data perencanaan :

1. *Layout* perencanaan, untuk mengetahui lokasi yang akan direncanakan by pass.
2. Data tanah asli untuk menentukan daya dukung tanah asli serta sifat – sifat tanah dasar.
3. Data tanah urugan untuk mengetahui daya dukung tanah timbunan.
4. Data lalu lintas untuk mengetahui beban lalu lintas dan beban kendaraan selama proyek berlangsung.
5. Data – data pembebanan untuk mendesain perkuatan timbunan dan deain box tunnel.
6. Data – data *minipile* untuk mengetahui dimensi dari *pile* yang akan dipakai dalam perencanaan

### 3.4 Analisa Perhitungan

Setelah data yang diperlukan terkumpul, selanjutnya data – data tersebut dimasukkan dalam perhitungan perencanaan sistem perkuatan tanah lingkar by pass Probolinggo sektor Mayangan, baik dengan Geotextile maupun struktur *Geogrid*.

### **3.4.1. Kombinasi Geotekstile dan Sheet Pile**

- 3.4.1.1. Perencanaan dan Pemasangan *geotextile* untuk perkuatan timbunan.
- 3.4.1.2. Perencanaan Dimensi dan Pemasangan Sheet pile beton.
- 3.4.1.3. Perencanaan *Prefabricated Vertical Drain* ( PVD ) untuk mempercepat waktu konsolidasi.
- 3.4.1.4. Kontrol Kestabilan Tanah
- 3.4.1.5. Analisa Biaya

### **3.4.2. Struktur Geogrid dan Box Tunnel**

- 3.4.2.1. Perhitungan Pembebanan
- 3.4.2.2. Perencanaan Dimensi dan Pemodelan Box Tunnel kombinasi minipile dengan Program Bantu SAP 2000 Versi 9.
- 3.4.2.3. Perhitungan Tulangan Box Tunnel dan Minipile
- 3.4.2.4. Perencanaan dan pemasangan struktur geogrid untuk perkuatan timbunan.
- 3.4.2.5. Perhitungan Daya Dukung Tanah
- 3.4.2.6. Analisa Biaya

## **3.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan**

Berdasarkan hasil perhitungan maka perencanaan diteruskan dengan menjadikan satu bagian pedoman pengukuran dalam pelaksanaan berupa tabel-tabel dan gambar rencana

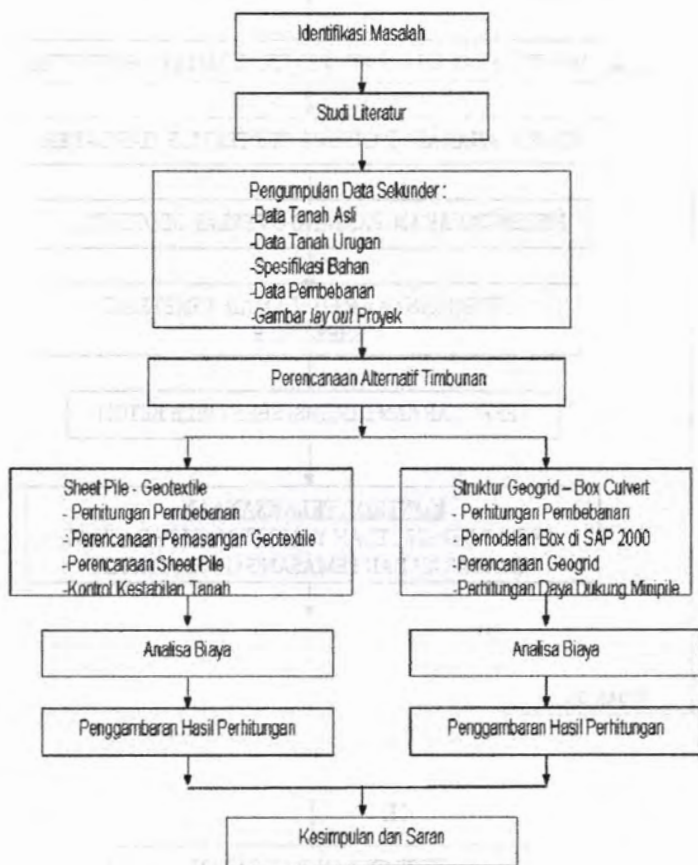
## **3.6 Kesimpulan**

Tahap ini adalah tahap terakhir, dimana ditarik suatu kesimpulan yang sesuai dengan permasalahan dan tujuan yang telah dicapai. Selain itu juga diberikan beberapa saran terhadap permasalahan yang ada, jika dirasa perlu. Kesimpulan dan saran dibahas secara lengkap pada bab VI.

Sebagai ringkasan dari tahapan metodologi seperti yang telah dijelaskan dalam sub bab-sub bab tersebut di atas, berikut ini disajikan bagan alir metodologi studi (gambar 3.1). Di



samping bagan alir metodologi secara keseluruhan, gambar 3.2 dan gambar 3.3 menyajikan perencanaan sistem perkuatan tanah dengan alternatif 1 dan alternatif 2.



Gambar 3.1. Diagram Alir Metodologi

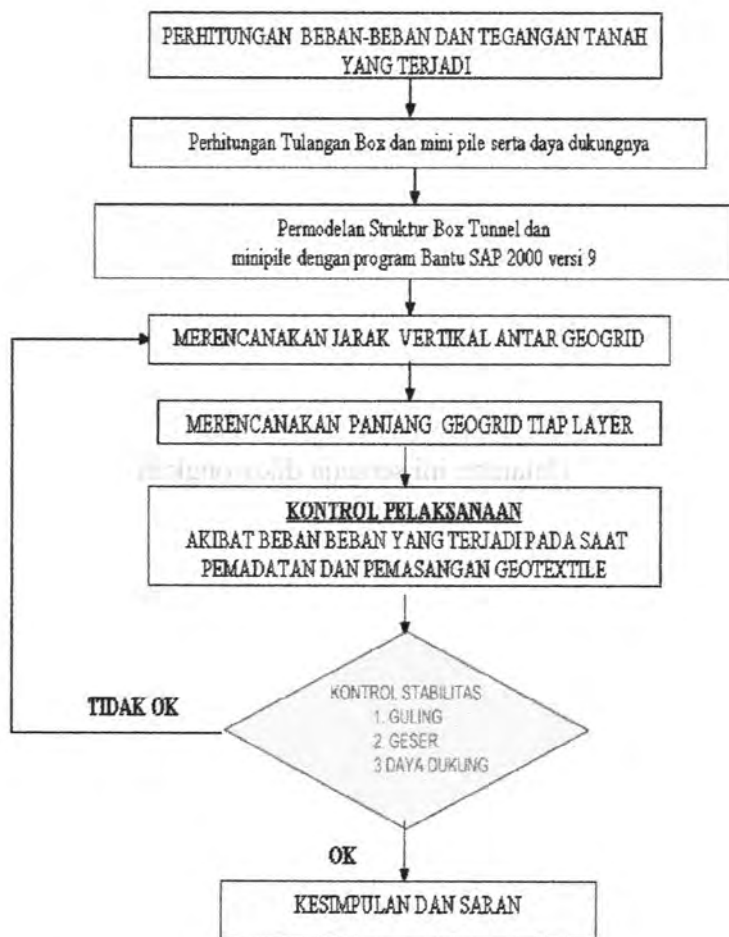


**PERENCANAAN KOMBINASI  
SHEET PILE WALL + GEOTEXTILE**

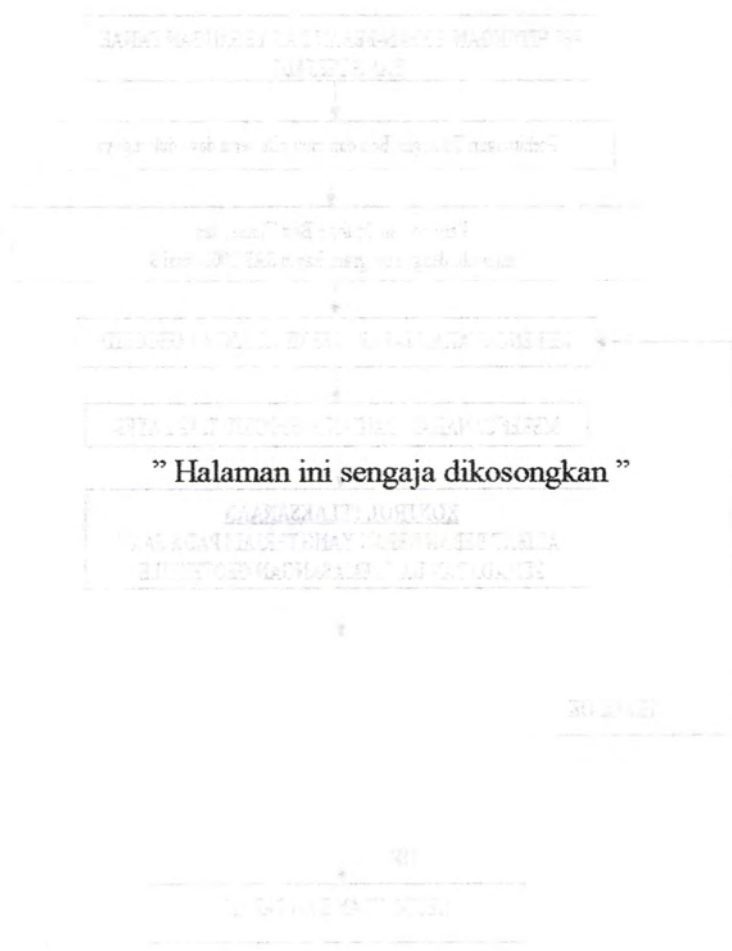


Gambar 3.2. Diagram Alir Kombinasi Sheet Pile - Geotextile

### KOMBINASI BOX TUNNEL DAN GEOGRID



Gambar 3.3. Diagram Alir Dstruktur Geogrid – Box Culvert

KOMBINASI BOX TUNNEL DAN GEOGRID

**" Halaman ini sengaja dikosongkan "**

## **BAB IV**

### **ANALISA PERHITUNGAN**

Bab ini menyajikan tentang proses analisa data sekunder berupa Layout proyek Lingkar By Pass Probolinggo yang berada di Mayangan, data tanah asli, data tanah urugan, data lalu lintas, dan data dari dimensi – dimensi minipile, beserta pembahasannya. Adapun yang dianalisa dan dibahas dalam bab ini adalah mengenai perencanaan sistem perkuatan tanah timbunan tinggi dengan menggunakan alternatif sistem perkuatan antara kombinasi sheetpile-geotextile dan struktur geogrid-box culvert, yang akan disajikan ke dalam sub bab-sub bab yang terpisah.

#### **4.1 UMUM**

Analisa pertama adalah tentang perencanaan sistem perkuatan tanah dengan menggunakan alternatif sheetpile-geotextile. Untuk perencanaan ini yang harus dilakukan pertama kali adalah menghitung tekanan tanah – tekanan tanah yang terjadi baik lateral maupun vertikal, data untuk pembebanan diperoleh dari data tanah dan data beban lalu lintas. Setelah itu beban yang kita peroleh dimasukkan dalam perhitungan untuk mencari tebal dan kedalaman sheetpile dan juga untuk mencari kebutuhan pemakaian geotextile. Untuk memperkuat konstruksi ini direncanakan dengan memasang Geotextile, serta direncanakan pemasangan Prefabricated Vertical Drain ( PVD ) untuk mempercepat waktu untuk konsolidasi.

Analisa kedua adalah tentang alternatif kedua perencanaan perkuatan tanah pada timbunan tinggi dengan menggunakan alternatif struktur geogrid dan box culvert. Untuk perencanaan ini yang harus dilakukan pertama kali adalah menghitung tekanan tanah – tekanan tanah yang terjadi baik lateral maupun vertikal, data untuk pembebanan diperoleh dari data tanah dan data beban lalu lintas. Setelah itu beban yang kita

peroleh dimasukkan dalam perhitungan untuk mencari kebutuhan pemakaian geogrid dan multi block facing. Untuk perencanaan berikutnya adalah menghitung beban baik itu beban mati maupun beban hidup, data untuk pembebanan diperoleh dari data beban lalu lintas. Kemudian kita menghitung tebal dari pelat untuk memperoleh dimensi tebal box, setelah itu barulah kita masukkan permodelan box culvert tersebut ke dalam program bantu untuk menghitung analisa struktur yaitu SAP (Structure Analysis Program ) 2000 Versi 8. Dari program bantu SAP 2000 Versi 8 didapatkan momen – momen, tegangan geser, defleksi, dan luas area tulangan dari pemodelan box culvert, dengan didapatkannya luas area tulangan yang diperlukan untuk struktur box culvert ini kita kemudian menghitung tulangan yang diperlukan oleh box culvert tersebut. Dari data tanah dan momen yang kita dapatkan dari Program SAP 2000 Versi 8 kita dapat menghitung daya dukung tanah untuk pile yang akan kita rencanakan. Setelah semua Calculation selesai dihitung dan dianalisa barulah kita membuat gambar rencana dari struktur geogrid-box culvert dihitung pula analisa biaya untuk struktur perkuatan tanah ini.

#### 4.2 PERENCANAAN VERTIKAL DRAIN

Untuk mempercepat konsolidasi diperlukan proses preloading yang sering dijumpai dalam perencanaan. Tetapi cara *preloading* masih memerlukan waktu yang terlalu lama ( umumnya lebih dari 1 tahun ), padahal proyek tidak dapat menunggu selama itu. Untuk mempercepat konsolidasi, digunakan *vertical drain*. Cara ini diterapkan pada tanah – tanah dimana pemampatan terjadi sebagian besar akibat konsolidasi primer ( *Primary consolidation* ).

*Vertical drain* umumnya berupa tiang – tiang vertikal yang mudah mengalirkan air ( berwujud *sand drain*/tiang pasir atau dari bahan *geosynthetic* yang dikenal dengan "*wick drain*" atau juga dikenal dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). Dan pada perencanaan ini kami akan menggunakan PVD sebagai perkuatan tanah. Tiang – tiang atau lubang – lubang tersebut

"dipasang" di dalam tanah pada jarak tertentu sedemikian rupa sehingga memperpendek jarak aliran drainase air pori (*drainage path*). Karena waktu yang diperlukan untuk mencapai derajat konsolidasi tertentu adalah fungsi dari tebal/panjang lapisan

#### 4.2.1. Perhitungan penurunan total

Settlement akibat konsolidasi tanah dasar dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.4 dan 2.7 sebagai berikut :

1. untuk tanah terkonsolidasi normal (NC Soil)

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_o} \right] \times H_i$$

2. untuk tanah terkonsolidasi lebih (OC Soil)

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_s}{1+e_o} \log \frac{p'_c}{p'_o} + \frac{C_c}{1+e_o} \log \frac{p'_o + \Delta p}{p'_c} \right] \times H_i$$

dimana :

Sci : pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau, lapisan ke-i

Hi : tebal lapisan tanah ke-i

eo : angka pori awal dari lapisan tanah ke-i

Cc : indeks kompresi dari lapisan ke-i

Cs : indeks mengembang dari lapisan ke-i

Po' : tekanan tanah vertikal efektif dari suatu titik ditengah-tengah lapisan ke-i akibat beban tanah sendiri diatas titik tersebut di lapangan (efektif overburden pressure)

Pc : efektif past overburden pressure, tegangan konsolidasi efektif di masa lampau.

Keterangan tambahan :

- tanah lunak di Indonesia umumnya dapat dianggap sebagai tanah agak terkonsolidasi lebih, dengan harga  $P_c = P_o' +$  fluktuasi terbesar muka air tanah, dengan harga fluktuasi muka air tanah  $\approx 2$  meter.



$\Delta p$  : penambahan tegangan vertikal di titik yang ditinjau (ditengah-tengah lapisan ke-i) akibat penambahan beban.

Dengan memasukkan harga-harga  $C_c$ ,  $C_s$ ,  $e_o$ ,  $\square$  dan memberikan asumsi beban yang terjadi sebesar  $19 \text{ ton/m}^2$ , maka didapatkan harga  $S_{ci}$ , pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah ke-i yang ditinjau. Harga pemampatan total yang terjadi sedalam lapisan drainage path yang terjadi didapatkan dari kumulatif dari pemampatan yang terjadi pada setiap lapisan tanah yang ditinjau. Hasil perhitungan  $S_{ci}$  dan  $S_c$  total sedalam lapisan drainage path dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Perhitungan penurunan yang terjadi selama proses konsolidasi dapat dihitung dengan memberikan asumsi beban timbunan sebesar  $19 \text{ ton/m}^2$  dan beban lalu lintas yang terjadi sebesar  $1,2 \text{ ton/m}^2$ . Untuk asumsi pemberian beban  $q$  timbunan sebesar  $19 \text{ ton/m}^2$  diberikan pada Tabel 4.1(a) dan  $q$  lalu lintas sebesar  $1,2 \text{ ton/m}^2$  diberikan pada Tabel 4.1(b). Harga  $S_c$ , penurunan konsolidasi total seperti pada Tabel 4.1 (a) dan 4.1(b) merupakan penurunan yang akan terjadi apabila tanah yang akan mengalami konsolidasi tersebut terkonsolidasi seluruhnya.

Dari hasil perhitungan berdasarkan variasi pemberian beban, maka dapat dihitung pula hubungan antara tinggi awal dan tinggi akhir akibat beban  $q$  dengan Persamaan 2.10 dan 2.11, sebagai berikut :

$$\text{Jadi, } H_{\text{awal}} = \frac{q_i + S_{ci}}{\gamma_{\text{sat}}}$$

dimana  $i$  : variasi beban yang diberikan

$$H_{\text{akhir}} = H_{\text{awal}} - S_{ci}$$

Dengan memasukkan harga  $q$  dan  $S_c$  yang diperoleh pada Tabel 4.1(a) dan Tabel 4.1(b) didapat  $H_{\text{awal}}$  sesuai dengan perencanaan dan  $H_{\text{akhir}}$  sesuai dengan Persamaan 2.11. Hasil

perhitungan H awal ( $H_{initial}$ ) dan Settlement) untuk besar beban yang diberikan dapat dilihat pada Tabel 4.2(a) dan 4.2 (b) . Dari Tabel 4.2 untuk pemberian beban timbunan dapat diplotkan dalam bentuk grafik hubungan antara Settlement dengan H initial yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 (a) dan Hubungan antara Settlement dengan H initial untuk beban timbunan+ beban lalu lintas dapat dilihat pada Gambar 4.1 (b). Pada Gambar 4.1 (a) dan Gambar 4.1 (b) terjadi apabila seluruh lapisan tanah sampai dengan 22 m telah terkonsolidasi seluruhnya.

Tabel 4.1 (a) Perhitungan Settlement untuk Beban Timbunan ( $q = 19 \text{ t/m}^2$ ).

No.	Tebal Lapisan H (m)	Z (m)	$e_0$	$C_s$	$C_c$	$\gamma$ ( $\text{t/m}^3$ )	$p_c$ ( $\text{t/m}^2$ )	$p_0$ ( $\text{t/m}^2$ )	I	$\Delta p$ ( $\text{t/m}^2$ )	$\Delta p + p_0$ ( $\text{t/m}^2$ )	$S_e$ (m)	$S_c$ (m) Cum.
1	1	0,5	2,400	0,073	0,660	1,467	2,234	0,234	1,000	19,200	19,234	0,222	0,202
2	1	1,5	2,400	0,073	0,660	1,467	2,701	0,701	1,000	19,200	19,761	0,130	0,381
3	1	2,5	2,400	0,073	0,660	1,467	3,168	1,168	1,000	19,200	20,168	0,155	0,546
4	1	3,5	2,400	0,073	0,660	1,467	3,635	1,635	1,000	19,200	20,635	0,154	0,700
5	1	4,5	2,400	0,073	0,660	1,467	4,102	2,102	1,000	19,200	2,102	0,144	0,844
6	1	5,5	2,250	0,063	0,500	1,496	4,728	2,728	1,000	19,200	2,728	0,136	0,950
7	1	6,5	2,250	0,063	0,500	1,496	5,224	3,224	1,000	19,200	22,224	0,131	1,051
8	1	7,5	2,190	0,073	1,140	1,509	5,818	3,818	1,000	19,200	22,818	0,277	1,328
9	1	8,5	2,190	0,073	1,140	1,509	6,327	4,327	0,960	18,520	22,947	0,234	1,532
10	1	9,5	2,090	0,113	1,290	1,512	6,864	4,864	0,975	18,525	23,389	0,228	1,759
11	1	10,5	2,090	0,113	1,290	1,512	7,376	5,376	0,965	18,335	23,711	0,217	1,976
12	1	11,5	2,090	0,113	1,290	1,512	7,888	5,888	0,960	18,240	24,128	0,256	2,232
13	1	12,5	2,090	0,113	1,290	1,512	8,400	6,400	0,956	18,164	24,564	0,244	2,476
14	1	13,5	1,260	0,043	0,320	1,699	11,437	9,437	0,940	17,360	27,297	0,055	2,541
15	1	14,5	1,260	0,043	0,320	1,699	12,136	10,136	0,956	17,784	27,900	0,052	2,603
16	1	15,5	1,260	0,043	0,320	1,699	12,835	10,835	0,950	17,480	28,315	0,059	2,662
17	1	16,5	1,260	0,043	0,320	1,699	13,534	11,534	0,939	17,271	28,805	0,056	2,719
18	1	17,5	1,140	0,013	0,110	1,757	15,248	13,248	0,851	16,925	30,177	0,018	2,757
19	1	18,5	1,140	0,013	0,110	1,757	16,005	14,005	0,886	16,334	30,839	0,018	2,755
20	1	19,5	1,140	0,013	0,110	1,757	16,762	14,762	0,855	16,245	3,007	0,017	2,771
21	1	20,5	1,140	0,013	0,110	1,757	17,519	15,519	0,846	16,374	3,303	0,016	2,787
22	1	21,5	1,210	0,053	0,330	1,737	17,846	15,846	0,834	15,246	3,692	0,045	2,832

( Sumber : Analisa Penulis )

Tabel 4.1 (b) Perhitungan Penurunan untuk Beban Timbunan ( $q = 19 \text{ t/m}^2$ ) dan Beban lalu lintas ( $q = 1,2 \text{ t/m}^2$ ).

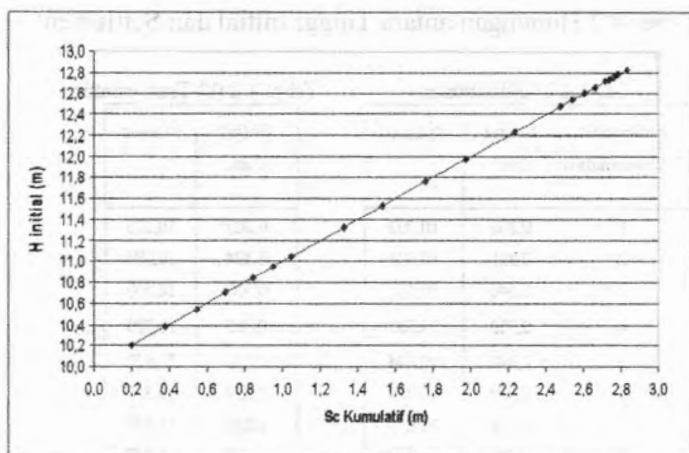
No.	Tebal Lapisan H (m)	Z+H (m)	$\sigma_0$	$C_u$	$C_c$	$\gamma$ ( $\text{t/m}^3$ )	$p_c$ ( $\text{t/m}^2$ )	$p_u$ ( $\text{t/m}^2$ )	$h$	$h_r$	$Z_{ap}$ ( $\text{t/m}^2$ )	$Z_{ap+ps}$ ( $\text{t/m}^2$ )	$S_c$ (m)	$S_c$ (mm) Cum.
1	1	0,5	2,40	0,07	0,66	1,467	2,2335	0,2335	,300	C,247	19,296	19,530	0,207	0,207
2	1	1,5	2,40	0,07	0,66	1,467	2,7305	0,7005	,300	C,247	19,296	19,951	0,18	0,364
3	1	2,5	2,40	0,07	0,66	1,467	3,1575	1,1675	,300	C,235	19,282	20,450	0,166	0,530
4	1	3,5	2,40	0,07	0,66	1,467	3,6345	1,6345	,300	C,227	19,272	20,947	0,155	0,705
5	1	4,5	2,40	0,07	0,66	1,467	4,1315	2,1015	,300	C,215	19,263	21,364	0,145	0,850
6	1	5,5	2,25	0,06	0,50	1,496	4,7280	2,7280	,300	C,210	19,252	21,960	0,107	0,957
7	1	6,5	2,25	0,06	0,50	1,496	5,2240	3,2240	,300	C,200	19,240	22,464	0,10	1,058
8	1	7,5	2,19	0,07	1,14	1,509	5,8175	3,8175	,300	C,184	19,221	23,038	0,279	1,337
9	1	8,5	2,19	0,07	1,14	1,509	6,3265	4,3265	0,300	C,172	18,826	23,153	0,205	1,542
10	1	9,5	2,09	0,1	1,29	1,512	6,8540	4,8640	0,375	C,166	18,724	23,568	0,229	1,771
11	1	10,5	2,09	0,1	1,29	1,512	7,3760	5,3760	0,365	C,157	18,523	23,859	0,218	1,989
12	1	11,5	2,09	0,1	1,29	1,512	7,8880	5,8880	0,360	C,152	18,422	24,370	0,262	2,251
13	1	12,5	2,09	0,1	1,29	1,512	8,4300	6,4000	0,356	C,142	18,334	24,734	0,249	2,500
14	1	13,5	1,25	0,04	0,32	1,699	11,4365	9,4365	0,340	C,132	18,022	27,429	0,067	2,967
15	1	14,5	1,25	0,04	0,32	1,699	12,1555	10,1555	0,336	C,130	17,940	28,076	0,064	2,621
16	1	15,5	1,25	0,04	0,32	1,699	12,8345	10,8345	0,320	C,122	17,630	28,445	0,06	2,652
17	1	16,5	1,25	0,04	0,32	1,699	13,5335	11,5335	0,309	C,116	17,410	28,944	0,058	2,750
18	1	17,5	1,14	0,0	0,11	1,757	15,2475	13,2475	0,301	C,106	17,059	30,306	0,019	2,769
19	1	18,5	1,14	0,0	0,11	1,757	16,0045	14,0045	0,286	C,104	16,961	30,966	0,018	2,787
20	1	19,5	1,14	0,0	0,11	1,757	16,7615	14,7615	0,255	C,102	16,369	31,130	0,017	2,804
21	1	20,5	1,14	0,0	0,11	1,757	17,5185	15,5185	0,246	C,095	16,193	31,711	0,016	2,820
22	1	21,5	1,210	0,050	0,330	1,737	17,0455	15,0455	0,334	C,090	15,961	31,817	0,046	2,866

(Sumber : Analisa Penulis)

Tabel 4.2 Hubungan antara Tinggi Initial dan Settlement

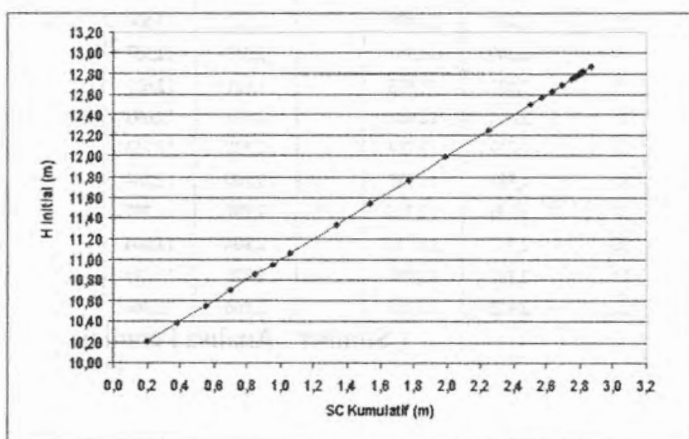
Tabel 4.2 (a) Timbunan			Tabel 4.2 (b) Timb. + traffic		
Kedalaman Terkonsolidasi	Sc (m) Cum.	H <sub>initial</sub>		Sc (m) Cum.	H <sub>initial</sub>
1	0,202	10,202		0,203	10,203
2	0,381	10,381		0,384	10,384
3	0,546	10,546		0,550	10,550
4	0,700	10,700		0,705	10,705
5	0,844	10,844		0,850	10,850
6	0,950	10,950		0,957	10,957
7	1,051	11,051		1,058	11,058
8	1,328	11,328		1,337	11,337
9	1,532	11,532		1,542	11,542
10	1,759	11,759		1,771	11,771
11	1,976	11,976		1,989	11,989
12	2,232	12,232		2,251	12,251
13	2,476	12,476		2,500	12,500
14	2,541	12,541		2,567	12,567
15	2,603	12,603		2,631	12,631
16	2,662	12,662		2,692	12,692
17	2,719	12,719		2,750	12,750
18	2,737	12,737		2,769	12,769
19	2,755	12,755		2,787	12,787
20	2,771	12,771		2,804	12,804
21	2,787	12,787		2,820	12,820
22	2,832	12,832		2,866	12,866

( Sumber : Analisa Penulis )



( Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 4.1 (a) Grafik Hubungan antara  $H_{initial}$  dan Settlement Lapisan Terkonsolidasi Seluruhnya ( Akibat  $q$  Timbunan )



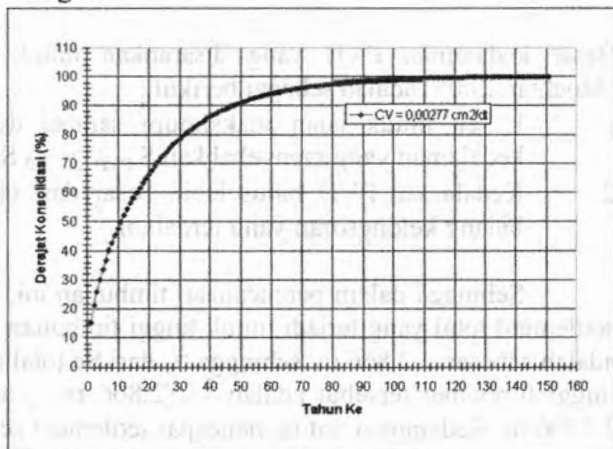
( Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 4.1 (b) Grafik Hubungan antara  $H_{initial}$  dan Settlement Lapisan Terkonsolidasi Seluruhnya ( Akibat  $q$  Timbunan dan Lalu lintas )



#### 4.2.2. Merencanakan kedalaman PVD

Tanpa penggunaan PVD, pemampatan akan berlangsung lama sekali, pada tabel 4.1 (b) diketahui total settlement akibat konsolidasi tanah adalah 2,866 m dan akan terjadi selama  $\pm 151$  tahun. Dengan adanya PVD maka penurunan dapat dibuat berlangsung relative singkat.



( Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 4.2 Grafik Hubungan antara Derajat Konsolidasi dengan Waktu Konsolidasi Tanpa PVD

Besar kedalaman PVD terpasang yang diperlukan untuk mengatasi penurunan akibat konsolidasi tanah dalam perencanaan ini tidak perlu dipasang sampai kedalaman seluruh lapisan yang akan terkonsolidasi. Pemasangan PVD tidak perlu seluruh lapisan yang akan terkonsolidasi karena berbagai alasan, antara lain :

1. Sebagian besar settlement yang terjadi pada lapisan atas, sedangkan untuk lapisan bawah besar settlement yang terjadi semakin dalam semakin kecil.



2. Settlement pada lapisan bawah akan terjadi pada waktu yang sangat lama sekali, mungkin sesudah struktur jalan perlu untuk direhab.
3. Untuk lapisan tanah yang sangat dalam tidak mungkin dan sangat mahal jika memasang PVD sampai dengan seluruh kedalaman lapisan yang akan terkonsolidasi.

Besar kedalaman PVD yang disarankan untuk jalan (Mochtar, 2005) adalah sebagai berikut :

1.  $L_{PVD}$  untuk jalan maksimum sampai dengan kedalaman yang menyebabkan  $S_{PVD} \geq \frac{2}{3} S_{total}$ .
2. Kedalaman PVD harus lebih besar dari elevasi bidang kelongsoran yang terdalam.

Sehingga dalam perencanaan timbunan ini, besar settlement total yang terjadi untuk tinggi timbunan 10 m adalah sebesar 2,866 m, sehingga  $\frac{2}{3}$  dari  $S_c$  total untuk tinggi timbunan tersebut adalah  $\frac{2}{3}$  (2,866 m) adalah 1,9106 m. Kedalaman untuk mencapai settlement sebesar 1,9106 m adalah sampai 11 m.

Tabel 4.3 Kedalaman PVD yang dipakai sesuai dengan Kedalaman  $\geq \frac{2}{3} S_c$

H initial (m)	H final (m)	$S_c$ kumulatif (m)	$\frac{2}{3} S_c$ total (m)	Kedalaman untuk mencapai $\frac{2}{3} S_c$ total
11,542	10	1,542	1,911	9
11,771	10	1,771	1,911	10
11,989	10	1,989	1,911	11
12,251	10	2,251	1,911	12
12,567	10	2,567	1,911	14
12,769	10	2,769	1,911	18
12,866	10	2,866	1,911	22

( Sumber : Hasil Analisa Penulis)

Sesuai dengan perhitungan yang diberikan pada Tabel 4.3 kedalaman maksimal untuk mencapai  $\frac{2}{3} S$  total untuk tinggi timbunan 10 m adalah sedalam 11 m, sehingga dalam setiap perencanaan PVD untuk tinggi timbunan 10 m dalam tugas akhir ini dipakai PVD sampai kedalaman 15 m dari elevasi awal tanah sebelum mengalami konsolidasi.

#### 4.2.3. Perhitungan settlement akibat pemakaian PVD

Penurunan yang terjadi akibat pemakaian PVD sedalam 15 m adalah penurunan jangka pendek sedalam lapisan PVD terpasang dan penurunan jangka panjang sedalam lapisan dibawah PVD. Untuk pembebanan  $19 \text{ t/m}^2$ , besar settlement total yang terjadi adalah 2,866 m (lihat Tabel 4.1 (b)). Dengan melihat Tabel 4.1 (b), maka  $S_c$  total untuk  $L_{PVD}$  sampai dengan 15,5 m (diambil 15,5 m karena lapisan yang terpengaruh akibat PVD 15 m adalah  $15 \text{ m PVD} + \frac{1}{2} \text{ jarak PVD} = 15,5 \text{ m}$ ) adalah sebesar 2,662 m (lihat Tabel 4.1 (a)). sehingga sisa penurunan yang terjadi pada lapisan dibawah lapisan PVD terpasang adalah penurunan total yang akan terjadi dikurangi 90 % konsolidasi akibat pemakaian PVD, sebesar  $2,866 \text{ m} - 90 \% (2,662) = 0,4701 \text{ m}$ , yang merupakan penurunan jangka panjang.

Perhitungan penurunan jangka panjang untuk pembebanan  $19 \text{ t/m}^2$  dapat diberikan sebagai berikut :

*Untuk 1 tahun setelah penimbunan,*

Sisa settlement yang belum terkonsolidasi = 0,4701 m

Sisa kedalaman yang belum terkonsolidasi = 6,5 m

Sehingga besar derajat konsolidasi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.15 sebagai berikut :

$$T_v = \frac{t \cdot C_v}{(H_{dr})^2}$$

dimana :  $H_{dr}$  = kedalaman tanah dibawah PVD = 6,5 m

$C_v$  = harga  $C_v$  tanah pada lapisan setebal panjang PVD  
 $= 8,621 \text{ m}^2/\text{tahun}$   
 $t$  = waktu konsolidasi yang diharapkan = 1 tahun  
 dengan memasukkan variabel yang diketahui pada persamaan 2.15,

$$T_v = \frac{1 \text{ th} \times 8,621 \text{ m}^2 / \text{th}}{(6,5 \text{ m})^2}$$

$$T_v = 0,204$$

Harga  $\bar{U}_v$  dicari dengan menggunakan Persamaan 2.16 (a) dan 2.16 (b);

Untuk  $\bar{U}_v$  antara 0 % s/d 60 %  $\rightarrow$

$$\bar{U}_v = \left( 2 \sqrt{\frac{T_v}{\pi}} \right) \times 100\%$$

untuk  $\bar{U}_v > 60\% \rightarrow \bar{U}_v = (100 - 10^a) 100\%$

$$\text{dimana : } a = \frac{1,781 - T_v}{0,933}$$

$$\pi = 3,141592654 \dots$$

Sehingga dengan memakai Persamaan 2.16, diperoleh :

$$\bar{U}_v = \left( 2 \sqrt{\frac{0,204}{\pi}} \right) \times 100\%$$

$$\bar{U}_v = 50,94\%$$

Sehingga settlement yang terjadi setelah 1 tahun adalah

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= S_{\text{PVD}} + S_{1 \text{ tahun}} \\ &= 90\% (2,662) + 50,94\% (0,4701) \end{aligned}$$

$$= 2,395 + 0,2395 \\ = 2,634 \text{ m}$$

Untuk 5 tahun setelah penimbunan,

dengan memasukkan harga  $t = 5$  tahun pada Persamaan 2.15 sehingga didapat harga  $T_v$  sebagai berikut :

$$T_v = \frac{5 \text{ th} \times 8,621 \text{ m}^2 / \text{th}}{(6,5 \text{ m})^2}$$

$$T_v = 1,03378$$

Sehingga dengan Persamaan 2.16 didapat :

$$\bar{U}_v = (100 - 10^a) 100 \%$$

$$a = \frac{1,781 - 1,0189}{0,933}$$

$$\bar{U}_v = (100 - 10^{0,8168}) 100 \%$$

$$\bar{U}_v = 93,68 \%$$

Sehingga settlement yang terjadi setelah 5 tahun adalah

$$\begin{aligned} S_{\text{total}} &= S_{\text{PVD}} + S_{5 \text{ tahun}} \\ &= 90\% (2,662) + 93,68\% (0,4701) \\ &= 2,395 + 0,4404 \\ &= 2,8354 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan diatas adalah untuk besar pembebanan awal sebesar  $19 \text{ t/m}^2$ , sedangkan untuk perhitungan  $S_{\text{total}}$  akibat penggunaan PVD dan lapisan tanah dibawah PVD untuk bebana  $19 \text{ t/m}^2$  diberikan pada Tabel 4.4 (a)

Tabel 4.4 (a) Perhitungan Sc dan U akibat Pemasangan  
PVD 15 m

Minggu ke	Cv (cm <sup>2</sup> /dt)	Ch (cm <sup>2</sup> /dt)	Tv	D <sup>2</sup> F(α) (cm <sup>2</sup> )	U <sub>t</sub> (%)	U < 60% (%)	U > 60% (%)	U <sub>v</sub> (%)	Urata-rata (%)	Sc (m)
0,5	2,77E-03	5,54E-03	0,00035	22279,076	21,09	2,11	18,99	2,11	22,75	0,545
1	2,77E-03	5,54E-03	0,00070	22279,076	37,73	2,98	19,06	2,98	39,59	0,948
2	2,77E-03	5,54E-03	0,00139	22279,076	61,23	4,21	19,20	4,21	62,26	1,506
3	2,77E-03	5,54E-03	0,00209	22279,076	75,86	5,14	19,34	5,16	77,10	1,847
4	2,77E-03	5,54E-03	0,00279	22279,076	84,97	5,96	19,48	5,96	85,86	2,056
5	2,77E-03	5,54E-03	0,00349	22279,076	90,64	6,66	19,62	6,66	91,26	2,186
6	2,77E-03	5,54E-03	0,00418	22279,076	94,17	7,30	19,76	7,30	94,60	2,266
7	2,77E-03	5,54E-03	0,00488	22279,076	96,37	7,88	19,89	7,88	96,66	2,315
8	2,77E-03	5,54E-03	0,00558	22279,076	97,24	8,43	20,03	8,43	97,93	2,345
9	2,77E-03	5,54E-03	0,00628	22279,076	98,59	8,94	20,17	8,94	98,72	2,364
10	2,77E-03	5,54E-03	0,00697	22279,076	99,12	9,42	20,31	9,42	99,21	2,376
11	2,77E-03	5,54E-03	0,00767	22279,076	99,45	9,84	20,44	9,88	99,51	2,383
12	2,77E-03	5,54E-03	0,00837	22279,076	99,66	10,32	20,58	10,32	99,70	2,388
13	2,77E-03	5,54E-03	0,00907	22279,076	99,79	10,74	20,72	10,74	99,81	2,390
14	2,77E-03	5,54E-03	0,00976	22279,076	99,87	11,15	20,85	11,15	99,88	2,392
15	2,77E-03	5,54E-03	0,01046	22279,076	99,92	11,54	20,99	11,54	99,93	2,393
16	2,77E-03	5,54E-03	0,01116	22279,076	99,95	11,92	21,13	11,92	99,96	2,394
17	2,77E-03	5,54E-03	0,01185	22279,076	99,97	12,29	21,26	12,29	99,97	2,394
18	2,77E-03	5,54E-03	0,01255	22279,076	99,98	12,64	21,40	12,64	99,98	2,395
19	2,77E-03	5,54E-03	0,01325	22279,076	99,99	12,99	21,53	12,99	99,99	2,395

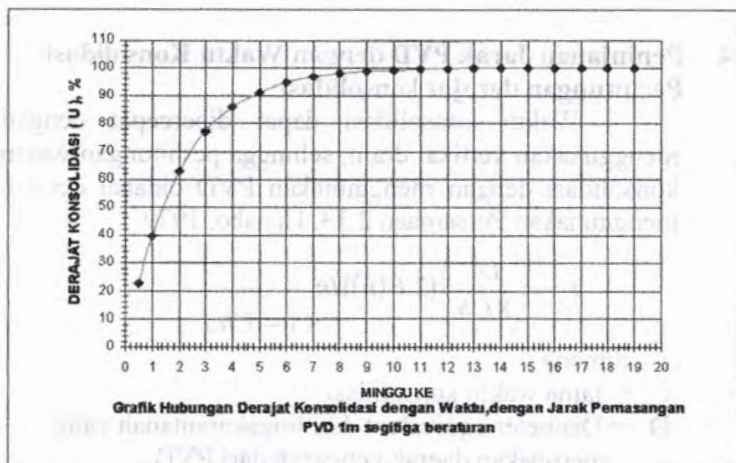
( Sumber : Analisa Penulis )

Tabel 4.4 (b) Perhitungan Sc dan U lapisan tanah dibawah PVD

Tahun ke	Cv (cm <sup>2</sup> /dt)	Tv	U < 60% (%)	U > 60% (%)	U <sub>v</sub> (%)	Sc (m)
1	2,77E-03	0,20676	51,31	51,33	51,31	0,2412
2	2,77E-03	0,41351	72,56	70,78	70,78	0,3327
3	2,77E-03	0,62027	88,87	82,46	82,46	0,3876
4	2,77E-03	0,82703	102,62	89,47	89,47	0,4206
5	2,77E-03	1,03378	114,73	93,68	93,68	0,4404
6	2,77E-03	1,24054	125,68	96,20	96,20	0,4523
7	2,77E-03	1,44730	135,75	97,72	97,72	0,4594
8	2,77E-03	1,65405	145,12	98,63	98,63	0,4637
9	2,77E-03	1,86081	153,92	99,18	99,18	0,4662
10	2,77E-03	2,06757	162,25	99,51	99,51	0,4678
11	2,77E-03	2,27432	170,17	99,70	99,70	0,4687
12	2,77E-03	2,48108	177,74	99,82	99,82	0,4693
13	2,77E-03	2,68784	184,99	99,89	99,89	0,4696
14	2,77E-03	2,89459	191,98	99,94	99,94	0,4698
15	2,77E-03	3,10135	198,71	99,96	99,96	0,4699
16	2,77E-03	3,30811	205,23	99,98	99,98	0,4700
17	2,77E-03	3,51486	211,55	99,99	99,99	0,4700
18	2,77E-03	3,72162	217,68	99,99	99,99	0,4701

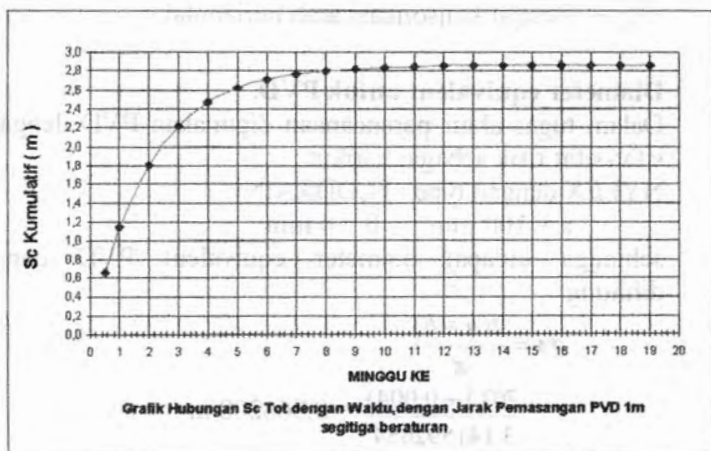
( Sumber : Analisa Penulis )





( Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 4.3 (a) Grafik antara Waktu dan U akibat pemasangan PVD 15 m



( Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 4.3 (b) Grafik antara Sc dan U akibat pemasangan PVD 15 m



#### 4.2.4. Peninjauan Jarak PVD dengan Waktu Konsolidasi Perhitungan derajat konsolidasi

Waktu konsolidasi dapat dipercepat dengan menggunakan vertikal drain, sehingga perhitungan waktu konsolidasi dengan menggunakan PVD didapat dengan menggunakan Persamaan 2.13, Hansbo, 1979:

$$t = \left( \frac{D^2}{8.Ch} \right) (2.F(n)) \operatorname{In} \left( \frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right)$$

dimana :

t = lama waktu konsolidasi

D = Diameter equivalent dari lingkaran tanah yang merupakan daerah pengaruh dari PVD

Ch = koefisien konsolidasi arah radial/horizontal, lihat Gambar 2.3 (b)

Ch berkisar 2 sampai 5 kali Cv, dipakai Ch = 2 x Cv

F(n) = Faktor tahanan akibat jarak antara PVD

$\bar{U}_h$  = Derajat konsolidasi arah horizontal

#### Diameter equivalent untuk PVD,

Dalam tugas akhir perencanaan digunakan PVD dengan sifat-sifat fisik sebagai berikut :

NYLEX dengan type : FLODRAIN

$$a = 100 \text{ mm} \quad b = 4 \text{ mm}$$

sehingga didapat diameter equivalent PVD dapat dihitung

$$\begin{aligned} dw &= \frac{2(a+b)}{\pi} \\ &= \frac{2(0.1+0.004)}{3.141592654} = 0.066208 \text{ m} \end{aligned}$$

**Diameter equivalent ( D ) dari lingkaran tanah pengaruh dari PVD,**

Harga  $D = 1.05 S$ , untuk pola susunan Segitiga untuk perhitungan harga diameter equivalent pada perencanaan di dalam tugas akhir ini untuk berbagai variasi jarak pemasangan PVD dengan pola pemasangan segitiga diberikan pada Tabel 4.6 untuk penggunaan PVD jenis FloDrain.

**Fungsi hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD(F(n)),**

Perhitungan besar fungsi hambatan yang diakibatkan jarak antar PVD untuk berbagai variasi jarak pemasangan PVD dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.14 dan hasilnya diberikan pada Tabel 4.6 untuk pola pemasangan segitiga untuk penggunaan PVD jenis FloDrain (dengan penampang  $a = 100$  mm dan  $b = 4$  mm)

Tabel 4.6 Tabel Diameter Equivalent & Fungsi Hambatan akibat Jarak antar PVD dengan Pola Pemasangan Segitiga

S	D (m)	F(n)
0.80	0.84	1.7905937
1.00	1.05	2.01373725
1.25	1.3125	2.2368808
1.50	1.575	2.41920236
2.00	2.1	2.70688443
2.50	2.625	2.93002798

Perhitungan Derajat konsolidasi arah horizontal untuk jarak pemasangan PVD,  $S = 1.0$  m untuk tinggi timbunan 4.5 m dengan pola pemasangan segitiga dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.13 dengan memberikan waktu sembarang seperti diberikan pada Tabel 4.15 (a). Untuk berbagai variasi jarak pemasangan

PVD dengan pola pemasangan segitiga diberikan pada Tabel 4.15(b).

Untuk :

$$S = 1.00 \text{ m}$$

$$D = 1.05 \text{ m}$$

$$F(n) = 2.0137$$

$$C_v = 0.00277 \text{ cm}^2/\text{s}$$

$$= 0.16753 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

$$C_h = \frac{kh}{k_v} \cdot C_v \rightarrow \text{berkisar } (2 - 5) \cdot C_v$$

$$\rightarrow \text{dipakai } C_h = 2 \times C_v$$

$$= 0.335 \text{ m}^2/\text{minggu}$$

Tabel 4.7 (a) Derajat Konsolidasi Horizontal,  $U_h$ ,  
 $S = 1.0 \text{ m}$

Minggu (t)	$U_h$	
	(%)	
0,5	21,09	0,2109
1	37,73	0,3773
2	61,23	0,6123
3	75,86	0,7586
4	84,97	0,8497
5	90,64	0,9064
6	94,17	0,9417
7	96,37	0,9637
8	97,74	0,9774
9	98,59	0,9859
10	99,12	0,9912
11	99,45	0,9945
12	99,66	0,9966
13	99,79	0,9979
14	99,87	0,9987
15	99,92	0,9992
16	99,95	0,9995
17	99,97	0,9997
18	99,98	0,9998
19	99,99	0,9999

( Sumber : Analisa Penulis )

Selain konsolidasi arah horizontal seperti yang telah dihitung pada Tabel 4.7(a) dan Tabel 4.7(b), juga terjadi konsolidasi arah vertikal  $\bar{U}_v$ . Harga  $\bar{U}_v$  dapat dicari dengan menggunakan Persamaan 2.16 dengan memasukkan  $H_{dr} = 5.5$  m dan memberikan sembaran waktu,  $t$  seperti ditabelkan pada Tabel 4.16.

Sehingga derajat konsolidasi rata-rata yang terjadi adalah kombinasi antara derajat konsolidasi horizontal yang terjadi akibat adanya vertikal drain dengan derajat konsolidasi vertikal sedalam PVD dengan menggunakan Persamaan 2.17 seperti dibawah ini :

$$\bar{U} = (1 - (1 - \bar{U}_h)(1 - \bar{U}_v)) \times 100 \%$$

Hasil perhitungan derajat konsolidasi rata-rata sesuai dengan Persamaan 2.17 untuk berbagai variasi jarak pemasangan PVD dengan kedalaman PVD 12 m dan pola pemasangan segitiga diberikan pada Tabel 4.7 sehingga dari Tabel 4.7 dapat digambarkan grafik perbandingan jarak pemasangan PVD terhadap derajat konsolidasi rata-rata yang terjadi untuk kedalaman PVD 8 m seperti yang diberikan pada Gambar 4.6. dari Tabel 4.7, maka didapat hubungan antara waktu konsolidasi dengan jarak pemasangan PVD dengan pola segitiga yang diberikan pada Gambar 4.7



Tabel 4.7 (b) Derajat Konsolidasi Horizontal,  $U_{h-90}$ ,  
dengan Variasi S

Minggu ke	$U_{h-90}$ (%)							
	S=0.6 m	S=0.8 m	S=1.0 m	S=1.25 m	S=1.5 m	S=1.75 m	S=2.0 m	S=2.5 m
0,5	78,69	53,76	37,33	25,57	19,02	15,12	12,64	9,85
1	95,31	77,90	59,42	42,75	32,23	25,55	21,15	16,02
2	99,77	94,89	82,75	65,68	51,90	41,94	34,87	26,13
3	99,99	98,81	92,61	79,26	65,60	54,38	45,81	34,53
4	100,00	99,72	96,82	87,42	75,31	64,02	54,73	41,75
5	100,00	99,93	98,63	92,35	82,23	71,55	62,09	48,05
6	100,00	99,98	99,41	95,34	87,19	77,47	68,20	53,59
7	100,00	100,00	99,74	97,16	90,75	82,13	73,29	58,48
8	100,00	100,00	99,89	98,27	93,32	85,81	77,54	62,82
9	100,00	100,00	99,95	98,94	95,17	88,73	81,10	66,69
10	100,00	100,00	99,98	99,35	96,50	91,04	84,09	70,12
11	100,00	100,00	99,99	99,60	97,47	92,87	86,60	73,19
12	100,00	100,00	100,00	99,76	98,17	94,33	88,70	75,94
13	100,00	100,00	100,00	99,85	98,67	95,48	90,47	78,39
14	100,00	100,00	100,00	99,91	99,04	96,40	91,96	80,59
15	100,00	100,00	100,00	99,94	99,30	97,13	93,22	82,55
16	100,00	100,00	100,00	99,97	99,49	97,72	94,28	84,32
17	100,00	100,00	100,00	99,98	99,63	98,18	95,17	85,90
18	100,00	100,00	100,00	99,99	99,73	98,55	95,92	87,32
19	100,00	100,00	100,00	99,99	99,81	98,84	96,56	88,59
20	100,00	100,00	100,00	100,00	99,86	99,08	97,09	89,74
21	100,00	100,00	100,00	100,00	99,90	99,26	97,54	90,77
22	100,00	100,00	100,00	100,00	99,93	99,41	97,92	91,69
23	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	99,53	98,24	92,52
24	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	99,63	98,52	93,27

(Sumber : Analisa Penulis)



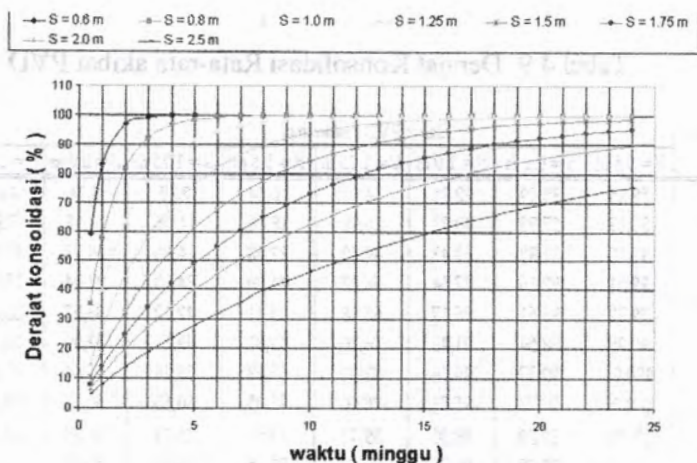


Tabel 4.9 Derajat Konsolidasi Rata-rata akibat PVD

Minggu	Jarak PVD ( dalam m )							
	S=0.6 m	S=0.8 m	S=1.0 m	S=1.25 m	S=1.5 m	S=1.75 m	S=2.0 m	S=2.5 m
0,5	59,25	35,39	22,75	14,61	10,34	7,87	6,34	4,63
1	83,19	57,73	40,23	26,18	18,60	14,06	11,18	7,92
2	97,12	81,82	63,43	44,55	32,58	24,85	19,73	13,72
3	99,51	92,16	77,54	58,22	44,00	34,10	27,24	18,92
4	99,92	96,61	86,17	68,48	53,41	42,12	33,95	23,69
5	99,99	98,54	91,48	76,20	61,21	49,11	39,99	28,12
6	100,00	99,37	94,74	82,01	67,68	55,24	45,44	32,24
7	100,00	99,73	96,76	86,40	73,05	60,60	50,36	36,10
8	100,00	99,88	98,00	89,71	77,53	65,31	54,83	39,71
9	100,00	99,95	98,76	92,22	81,25	69,44	58,88	43,10
10	100,00	99,98	99,24	94,11	84,35	73,08	62,56	46,28
11	100,00	99,99	99,53	95,54	86,94	76,28	65,90	49,27
12	100,00	100,00	99,71	96,62	89,10	79,09	68,93	52,09
13	100,00	100,00	99,82	97,44	90,90	81,57	71,69	54,74
14	100,00	100,00	99,89	98,06	92,40	83,75	74,20	57,24
15	100,00	100,00	99,93	98,53	93,65	85,67	76,49	59,60
16	100,00	100,00	99,96	98,89	94,69	87,36	78,57	61,82
17	100,00	100,00	99,97	99,16	95,57	88,85	80,46	63,91
18	100,00	100,00	99,98	99,36	96,30	90,16	82,19	65,89
19	100,00	100,00	99,99	99,52	96,90	91,32	83,76	67,75
20	100,00	100,00	100,00	99,63	97,41	92,34	85,19	69,51
21	100,00	100,00	100,00	99,72	97,84	93,24	86,49	71,18
22	100,00	100,00	100,00	99,79	98,19	94,04	87,68	72,74
23	100,00	100,00	100,00	99,84	98,49	94,74	88,76	74,23
24	100,00	100,00	100,00	99,88	98,74	95,36	89,75	75,63
T 90%	waktu yang dibutuhkan untuk mencapai T90% ( dalam Minggu)							
	2,0	3,0	5,0	9,0	13	18	25	41

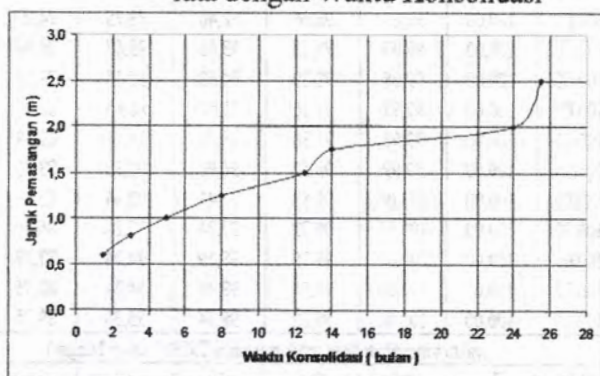
( Sumber : Analisa Penulis )





( Sumber : Analisa Penulis )

Gambar 4.4. Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi Rata-rata dengan Waktu Konsolidasi



( Sumber : Analisa Penulis )

Gambar 4.5. Grafik Hubungan Waktu Konsolidasi dengan Jarak Pemasangan PVD dengan Pola Segitiga

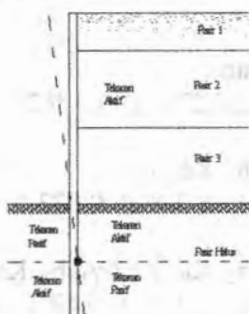
### 4.3 PERENCANAAN KOMBINASI SHEET PILE - GEOTEKSTILE

Perencanaan geotekstile dalam tugas akhir ini dikombinasikan dengan sheet pile beton, yang digunakan untuk memperkuat tanah timbunan dalam perencanaan konstruksi timbunan tinggi pada overpass Mayangan, Probolinggo. Sebagai contoh perhitungan yang dibahas dalam bagian perhitungan ini adalah untuk tinggi timbunan 10 m dan yang lain dapat dilihat pada Lampiran.

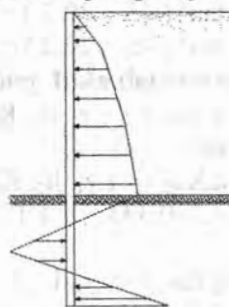
#### 4.3.1 Perencanaan Sheet Pile Beton

Pada perencanaan perkuatan tanah untuk tugas akhir ini akan direncanakan menggunakan sistem cantilever sheet pile wall. Dengan tinggi konstruksi timbunan yang mencapai 10 m, agar dimensi sheet pile yang dibutuhkan tidak terlalu besar dan dimensi pada perencanaan bisa didapatkan dengan mudah dipasaran, maka untuk perencanaannya sheet pile didesain hanya menerima  $\pm 25\%$  dari kalkulasi beban yang terjadi, sedangkan untuk sisanya akan dipikul oleh geotekstile yang terpasang.

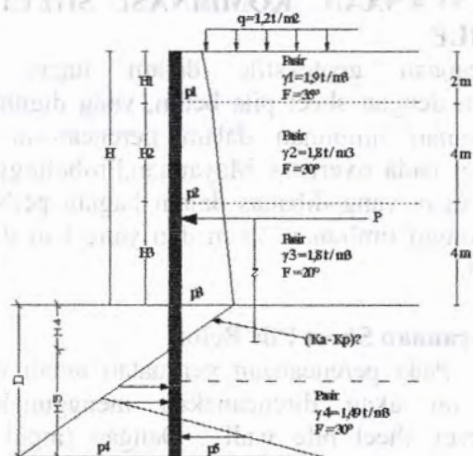
##### 4.3.1.1 Perhitungan Tekanan Tanah Lateral yang terjadi



Gambar 4.6.a  
Tekanan Tanah Lateral



Gambar 4.6.b  
Distribusi Tekanan Tanah



Gambar 4.7 Diagram Variasi Tekanan Tanah

**Koefisien tekanan tanah aktif :**

$$K_{a1} = \tan^2 (45 - 35/2) = 0.271$$

$$K_{a2} = \tan^2 (45 - 30/2) = 0.333$$

$$K_{a3} = \tan^2 (45 - 20/2) = 0.49$$

**Koefisien tekanan tanah pasif :**

$$K_{p1} = \tan^2 (45 + 35/2) = 3.69$$

$$K_{p2} = \tan^2 (45 + 30/2) = 3$$

$$K_{p3} = \tan^2 (45 + 20/2) = 2.04$$

**Tekanan tanah aktif pada timbunan :**

$$p_1 = (q \cdot K_{a1}) + (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot K_{a1}) = (1.2 \cdot 0.271) + (1.9 \cdot 2 \cdot 0.271) = 1.36 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_2 &= (q \cdot K_{a2}) + (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot K_{a2}) + (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot K_{a2}) \\ &= (1.2 \cdot 0.333) + (1.9 \cdot 2 \cdot 0.333) + (1.8 \cdot 4 \cdot 0.333) = 4.063 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} p_3 &= (q \cdot K_{a3}) + (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot K_{a3}) + (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot K_{a3}) + (\gamma_3 \cdot h_3 \cdot K_{a3}) \\ &= (1.2 \cdot 0.49) + (1.9 \cdot 2 \cdot 0.49) + (1.8 \cdot 4 \cdot 0.49) + (1.8 \cdot 4 \cdot 0.49) = 9.506 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Selisih  $p$  aktif dan  $p$  pasif

$$p_a - p_p = p_3 - \gamma_4 (z - H) (K_p - K_a)$$

selisih tekanan tanah pada kedalaman  $H_4$  dibawah urugan tanah adalah 0

$$p_3 - \gamma_4 (z - H) (K_p - K_a) = 0$$

$$\text{atau} \quad (z - H) = H_4 = \frac{p_3}{\gamma_4 \cdot (K_p - K_a)}$$

$$H_4 = \frac{p_3}{\gamma_4 \cdot (K_p - K_a)} = \frac{2,38}{1,49 \cdot (3 - 0,333)} = 0,6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} p_3 \text{ desain} &= p_3 \times 25\% \\ &= 9,506 \times 25\% = 2,38 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

**Tekanan Tanah Aktif total**

$$\begin{aligned} P_{\text{total}} &= [(q \cdot h_1 \cdot K_{a1}) + (0.5 \cdot \gamma_1 \cdot h_1^2 \cdot K_{a1})] + [(q \cdot h_2 \cdot K_{a2}) + (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot h_2 \cdot K_{a2}) + (0.5 \cdot \gamma_2 \cdot h_2^2 \cdot K_{a2})] + [(q \cdot h_3 \cdot K_{a3}) + (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot h_3 \cdot K_{a3}) + (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot h_3 \cdot K_{a3}) + (0.5 \cdot \gamma_3 \cdot h_3^2 \cdot K_{a3})] + (0.5 \cdot p_3 \cdot h_4) \\ &= 46,96 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$P_{\text{total}} \text{ desain} = 25\% \times 46,96 \text{ t/m}^2 = 11,74 \text{ t/m}^2$$

Mencari momen terhadap titik E, jarak titik tangkap tekanan tanah terhadap titik E

$$\begin{aligned} \bar{Z} &= \frac{1}{P_{\text{total}}} [0,65 (0,6+4+4+1) + 1,03 (0,6+4+4+2/3) + 1,6 (0,6+4+2) + 5,06 (6,6) + 4,8 (0,6 + 4 + 4/3) + 2,352 (0,6+2) + 7,45 (0,6 + 2) + 14,112 (2,6) + 7,056 (0,6 + 4/3) + (2,85 \cdot 0,6 \cdot 2/3)] \\ &= \frac{1}{11,74} [1,56 + 2,39 + 2,64 + 8,35 + 7,12 + 1,53 + 4,84 + 9,173 + 3,41 + 1,14] \\ &= 3,6 \text{ m} \end{aligned}$$

**Tekanan tanah pasif di setinggi  $H_4$** 

$$\begin{aligned}
 p_p H_4 &= (q \cdot Kp_3) + (\gamma_1 \cdot h_1 \cdot Kp_3) + (\gamma_2 \cdot h_2 \cdot Kp_3) + (\gamma_3 \cdot h_3 \cdot Kp_3) + \\
 &\quad (\gamma_4 \cdot h_4 \cdot (Kp_4 - Ka_4)) \\
 &= (1,2 \cdot 2,04) + (1,9 \cdot 2 \cdot 2,04) + (1,8 \cdot 4 \cdot 2,04) + (1,8 \cdot 4 \cdot \\
 &\quad 2,04) + (1,49 \cdot 0,6 \cdot (3 - 0,333)) \\
 &= 12,28 \text{ t/m}^2 \\
 p_p H_4 \text{ Desain} &= 12,28 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

Dari persamaan – persamaan tersebut didapatkan suatu persamaan pangkat empat untuk mencari nilai batas kedalaman  $H_5$

$$A_1 = \frac{p_p H_4}{\gamma_4 (Kp - Ka)} = \frac{12,28}{1,49 \cdot (3 - 0,333)} = 3,09$$

$$A_2 = \frac{8 \cdot P_{total}}{\gamma_4 \cdot (Kp - Ka)} = \frac{8 \cdot 11,74}{1,49 \cdot (3 - 0,333)} = 23,634$$

$$\begin{aligned}
 A_3 &= \frac{6 \cdot P_{total} [2 \cdot z \cdot \gamma_4 \cdot (Kp - Ka) + p_p H_4]}{\gamma_4^2 \cdot (Kp - Ka)^2} \\
 &= \frac{6 \cdot 11,74 [2 \cdot 3 \cdot 1,49 \cdot (3 - 0,333) + 12,28]}{1,49^2 \cdot (3 - 0,333)^2} \\
 &= 182,385
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_4 &= \frac{P_{total} [6 \cdot z \cdot p_p H_4 + 4 \cdot P_{total}]}{\gamma_4^2 \cdot (Kp - Ka)^2} \\
 &= \frac{11,74 [6 \cdot 3 \cdot 12,28 + 4 \cdot 11,74]}{1,49^2 \cdot (3 - 0,333)^2} = 232,085
 \end{aligned}$$

Persamaan pangkat empat,

$$H_5^4 + 3,09 \cdot H_5^3 - 23,634 \cdot H_5^2 - 182,385 \cdot H_5 - 232,085 = 0$$

Tabel 4.10 Mencari  $H_5$  dengan cara trial and error

Asumsi $H_5$	Hasil
7	794,024
6	-213,779
6,26725	0,00902276

(Sumber : Analisa Penulis)

jadi dipakai  $H_5 = 6,27 \text{ m}$ **4.3.1.2 Kedalaman total penetrasi sheet pile adalah:**Teori =  $H_4 + H_5 = 0,6 + 6,27 = 6,87 \text{ m}$ Desain =  $1,2 (H_4 + H_5) = 1,2 \cdot 6,87 = 8,244 \text{ m}$ Panjang total sheet pile =  $10 \text{ m} + 8,244 \text{ m} = 18,244 \text{ m}$ 

$$p_5 = p_p H_4 + \gamma' \cdot H_5 (K_p - K_a)$$

$$= 12,28 + 0,5 \cdot 6,27 (3 - 0,333)$$

$$= 20,47 \text{ t/m}^2$$

$$p_4 = \gamma \cdot H_5 (K_p - K_a) = 24,916 \text{ t/m}^2$$

$$H_6 = \frac{p_4 \cdot H_5 - 2 \cdot P_{total}}{p_4 + p_5} = \frac{(24,916 \cdot 6,27) - 2 \cdot 11,74}{24,916 + 20,47} = 2,502 \text{ m}$$

**4.3.1.3 Kontrol Kestabilan Dinding** $\Sigma$  gaya horisontal pada sheet pile = 0

$$P_{total} - 0,5 \cdot p_4 \cdot H_5 + 0,5 \cdot H_6 \cdot (p_4 + p_5) = 0$$

$$11,74 - (0,5 \cdot 24,916 \cdot 6,27) + 0,5 \cdot 2,502 \cdot 52,9 = 0$$

$$0,019 \dots\dots\dots \text{OK !}$$

 $\Sigma$  Momen di dasar sheet pile = 0

$$P_{total} (H_5 + Z) - (0,5 \cdot p_4 \cdot H_5) (H_5 / 3) + (0,5 \cdot H_6 (p_4 + p_5)) (H_6 / 3) = 0$$

$$11,74 (6,27 + 3,6) - (0,5 \cdot 24,916 \cdot 6,27) (6,27 / 3) + (0,5 \cdot 2,502 \cdot 45,39) (2,502 / 3) = 0$$

$$0,004 \dots\dots\dots \text{OK !}$$



**Dimensi Sheet Pile**

$$z' = \sqrt{\frac{2 \cdot P_{\text{total}}}{\gamma' \cdot (Kp - Ka)}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 11,74}{0,49 \cdot (2,6667)}} = 4,239 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{max}} &= P_{\text{total}} (z' + Z) - \left[ \frac{1}{2} \gamma' \cdot z'^2 \cdot (Kp - Ka) \right] \left( \frac{z'}{3} \right) \\ &= 11,74 (4,239 + 3,6) - \left[ \frac{1}{2} \cdot 1,49 \cdot 4,239^2 \cdot (2,6667) \right] \left( \frac{4,239}{3} \right) \\ &= 92,03 - 50,449 = \mathbf{41,58 \text{ tm}} \end{aligned}$$

Section modulus of sheet pile

$$S = \frac{M_{\text{max}}}{\sigma_{\text{all}}}$$

$$\sigma_{\text{all}} = 172,5 \text{ MN} / \text{m}^2 = 172,5 \times 10^2 \text{ t/m}^2$$

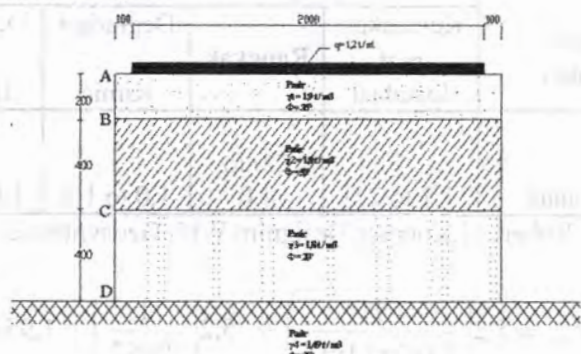
$$S = \frac{41,58 \cdot \text{t} \cdot \text{m}}{172,5 \times 10^2 \text{ t} / \text{m}^2} = 2,410 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = \mathbf{2410,43 \text{ cm}^3}$$

dengan hasil perhitungan seperti diatas, maka desain sheet pile yang dipakai :

**Sheet Pile Beton PT.WIKA tipe W 600 A 1000 panjang 19 m**

### 4.3.2 Perencanaan Geotextile

#### 4.3.2.1 Perhitungan Panjang dan Jarak Pemasangan Geotextile



Gambar 4.8 Potongan Melintang Timbunan Tanah  
**Zone A – B**

$$\sigma_G = 52 \text{ kn/m} = 5.2 \text{ t/m}$$

$$Ka1 = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 35/2) = 0.271$$

$$\begin{aligned} \sigma_a &= Ka_1 \cdot q + \gamma_1 \cdot z \cdot Ka_1 = (0.271 \times 1.2) + (1.9 \times Z \times \\ & \quad 0.271) \\ &= 0.3252 + 0.515 z \end{aligned}$$

$$\sigma_{ult} = \sigma_{ult} \left( \frac{1}{RF_{ID} \times RF_{CR} \times RF_{CD} \times RF_{BD}} \right)$$

$$\sigma_{ijin} = 5.2 \left( \frac{1}{1,1 \times 2 \times 1,1 \times 1,1} \right)$$

$$\sigma_{ijin} = 1,9534 \text{ t/m}$$

dimana :

$RF_{ID}$  = Factor Reduksi akibat kerusakan saat instalasi

$RF_{CR}$  = Factor Reduksi akibat rangkai

$RF_{CD}$  = Factor Reduksi akibat degradasi kimia

$RF_{BD}$  = Factor Reduksi akibat degradasi biologi

Tabel 4.11 Tabel Faktor Reduksi untuk Pemasangan Geotextile

Apikasi Pekerjaan	Range of Reduction Factor			
	Kerusakan saat Instalasi	Rangkak	Degradasi Kimia	Degradasi Biologi
Dinding Penahan Tanah	1,1 to 2,0	2,0 to 4,0	1,0 to 1,5	1,0 to 1,3

(Sumber : Robert M.Koerner, Designint With Geosynthetics, 1997)

$$\sigma_{jin} = 5,2 \left( \frac{1}{1,1 \times 2 \times 1,1 \times 1,1} \right) = 5,2 \left( \frac{1}{2,662} \right) = 1,9534$$

$$Sv = \frac{\sigma_{jin}}{\sigma_a \cdot FS_{(B)}}$$

dengan  $FS_{stable} = 0.872$  dan  $z = 1$  m

$$Sv = \frac{1.9534}{(0.3252 + 0.515 \times 1) \times 0.872} = 2.66 \text{ m}$$

dengan  $FS_{stable} = 0.872$  dan  $z = 2$  m

$$Sv = \frac{1.9534}{(0.3252 + 0.515 \times 2) \times 0.872} = 1.653 \text{ m}$$

- digunakan 1 layer geotextile dengan  $Sv = 1$  m

#### Menentukan Panjang Geotextile

$$L_R = \frac{H - z}{\tan(45 + \phi_1 / 2)}$$

$$L_v = \frac{Sv \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{2 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_F}$$

$$\text{dengan FS} = 1,5 ; \tan \phi_F = \tan \left( \frac{2}{3} \cdot 35 \right) = 0,431$$

$$L_R = \frac{10 - 2}{\tan(45 + 35/2)} = 4,165 \text{ m}$$

$$L_e = \frac{1 \cdot [(1,2 \cdot 0,271) + (1,9 \cdot 2,02710)] \cdot 1,5}{2 \cdot (1,9 \cdot 2 + 1,2) \cdot 0,431} = 0,4715$$

$$L = 4,165 + 0,4715 = 4,636 \text{ m} \approx 5 \text{ m}$$

$$L_{\text{pakai}} = 8 \text{ m}$$

Menentukan It

$$Ll = \frac{Sv \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{4 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_p}$$

$$Ll = \frac{1 \cdot 1,355 \cdot 1,5}{4 \cdot 5 \cdot 0,431} = 0,2358 \text{ m} \Rightarrow Ll \text{ pakai} = 1 \text{ m}$$

(syarat minimal)

Zone B - C

$$\sigma_{ijin} = 1,9534 \text{ t/m}$$

$$Ka_2 = \tan^2 (45 - \phi/2) = \tan^2 (45 - 30/2) = 0,333$$

$$\begin{aligned} \sigma_a &= Ka_2 \cdot q + \gamma_1 \cdot h_1 \cdot Ka_2 + \gamma_2 \cdot z \cdot Ka_2 \\ &= 1,67 + 0,559 z \end{aligned}$$

$$Sv = \frac{\sigma_{ijin}}{\sigma_a \cdot FS_{(B)}}$$

dengan FS = 0,872 dan z = 4 m

$$Sv = \frac{1,9534 \text{ t/m}}{(1,67 + 0,599 \cdot 4) \cdot 0,872} = 0,558 \text{ m}$$

dengan FS = 0,872 dan z = 6 m

$$Sv = \frac{1,9534 \text{ t/m}}{(1,67 + 0,559 \cdot 6) \cdot 0,872} = 0,425 \text{ m}$$

- digunakan 1 layer geotextile dengan  $S_v = 0,5$  m

#### Menentukan Panjang Geotextile

$$L_R = \frac{H - z}{\tan(45 + \phi_1 / 2)}$$

$$L_c = \frac{S_v \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{2 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_F}$$

$$\text{dengan } FS = 1,5 ; \tan \phi_F = \tan \left( \frac{2}{3} \cdot 30 \right) = 0,364$$

$$L_R = \frac{10 - 6}{\tan(45 + 30 / 2)} = 2,309 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{0,5 \cdot [4,063] \cdot 1,5}{2 \cdot (1,9 \cdot 2 + 1,2 + 1,8 \cdot 4) \cdot 0,364} = 0,3434 \text{ m}$$

$$L = 2,309 + 0,3434 = 2,652 \text{ m} \approx 3 \text{ m}$$

$$L_R = \frac{10 - 4}{\tan(45 + 30 / 2)} = 3,464 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{S_v \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{2 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_F}$$

$$L_c = \frac{0,5 \cdot [2,864] \cdot 1,5}{2 \cdot (1,9 \cdot 2 + 1,2 + 1,8 \cdot 2) \cdot 0,364} = 0,34 \text{ m}$$

$$L = 3,464 + 0,34 = 3,81 \text{ m} \approx 4 \text{ m}$$

$$L_{\text{pakai}} = 8 \text{ m}$$

#### Menentukan It

$$L_I = \frac{S_v \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{4 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_F}$$

$$Ll = \frac{0,5,2,864.1,5}{4.8,6,0,364} = 0,17 \text{ m} \Rightarrow Ll \text{ pakai} = 1 \text{ m}$$

(syarat minimal)

### Zone C-D

$$\sigma_G = 52 \text{ kn/m} = 5,2 \text{ t/m}$$

$$\sigma_{ijin} = 1,9534 \text{ t/m}$$

$$Ka1 = \tan^2(45 - \phi/2) = \tan^2(45 - 20/2) = 0,49$$

$$\begin{aligned} \sigma_a &= Ka_3 \cdot q + \gamma_1 \cdot h_1 \cdot Ka_3 + \gamma_2 \cdot h_2 \cdot Ka_3 + \gamma_3 \cdot z \cdot Ka_3 \\ &= 5,98 + 0,882 z \end{aligned}$$

$$Sv = \frac{\sigma_{ijin}}{\sigma_a \cdot FS_{(B)}}$$

dengan FS = 0,872 dan z = 8 m

$$Sv = \frac{1,9534 \text{ t/m}}{(5,98 + 0,882 \times 8) \times 0,872} = 0,172 \text{ m}$$

dengan FS = 0,872 dan z = 10 m

$$Sv = \frac{1,9534 \text{ t/m}}{(5,98 + 0,882 \times 1) \times 0,872} = 0,1513 \text{ m}$$

- digunakan 1 layer geotextile dengan Sv = 0,2 m

### Menentukan Panjang Geotextile

$$L_R = \frac{H - z}{\tan(45 + \phi_1 / 2)}$$

$$L_e = \frac{Sv \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{2 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_F}$$

$$\text{dengan FS} = 1,5 ; \tan \phi_F = \tan \left( \frac{2}{3} \cdot 20 \right) = 0,237$$



$$L_R = \frac{10 - 8}{\tan(45 + 20/2)} = 1,4 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{0,2 \cdot [7,74] \cdot 1,5}{2 \cdot (1,9 \cdot 2 + 1,2 + 1,8 \cdot 6) \cdot 0,237} = 0,31 \text{ m}$$

$$L = 1,4 + 0,31 = 1,71 \text{ m} \approx 2 \text{ m}$$

$$L_R = \frac{H - z}{\tan(45 + \phi_1 / 2)}$$

$$L_R = \frac{10 - 10}{\tan(45 + 20/2)} = 0 \text{ m}$$

$$L_c = \frac{Sv \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{2 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_F}$$

$$L_c = \frac{0,5 \cdot [9,506] \cdot 1,5}{2 \cdot (1,9 \cdot 2 + 1,2 + 1,8 \cdot 8) \cdot 0,237} = 0,31 \text{ m}$$

$$L = 0,31 \text{ m} \approx 1 \text{ m}$$

$$L_{\text{pakai}} = 22 \text{ m}$$

#### Menentukan L1

$$L_c = \frac{Sv \cdot \sigma_a \cdot FS_{(P)}}{4 \cdot \sigma_v \cdot \tan \phi_F}$$

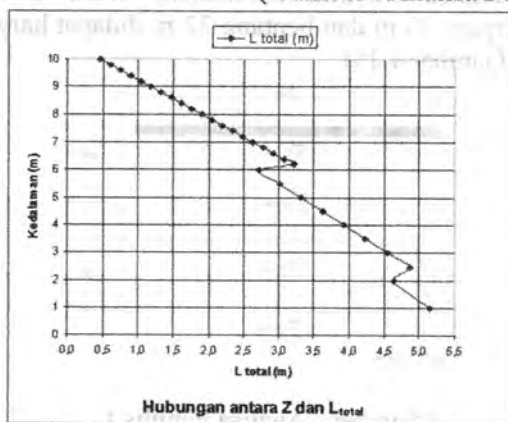
$$L_c = \frac{0,31}{2} = 0,16 \text{ m} \Rightarrow$$

$$L_{\text{pakai}} = 1 \text{ m (syarat minimal)}$$

Tabel 4.10 Kebutuhan pemasangan Geotextile

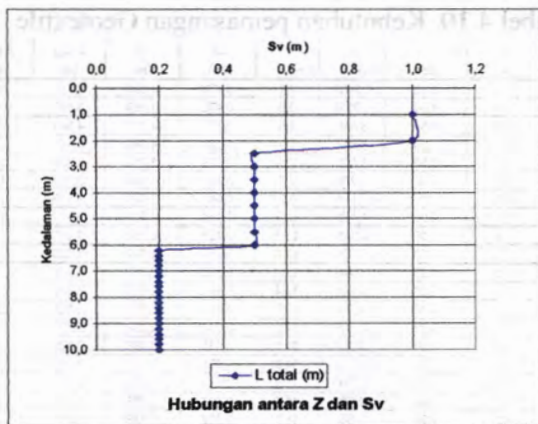
Layar no	Z (m)	S <sub>w</sub> (m)	$\sigma_A$ (ton)	$\sigma_V$ (ton)	L <sub>e</sub> (m)	L <sub>R</sub> (m)	L total (m)	L pakai (m)
30	1,0	1,00	0,8402	3,1	0,472	4,688	5,159	8,00
29	2,0	1,00	1,3552	5,0	0,472	4,167	4,638	8,00
28	2,5	0,50	3,068	6,0	0,531	4,330	4,861	8,00
27	3,0	0,50	3,347	6,9	0,500	4,042	4,541	8,00
26	3,5	0,50	3,627	7,9	0,476	3,753	4,229	8,00
25	4,0	0,50	3,906	8,8	0,457	3,464	3,921	8,00
24	4,5	0,50	4,186	9,8	0,442	3,176	3,618	8,00
23	5,0	0,50	4,465	10,7	0,430	2,887	3,317	8,00
22	5,5	0,50	4,745	11,7	0,420	2,598	3,018	8,00
21	6,0	0,50	5,024	12,6	0,411	2,309	2,720	8,00
20	6,2	0,20	11,448	13,0	0,558	2,657	3,216	22,00
19	6,4	0,20	11,625	13,4	0,551	2,517	3,068	22,00
18	6,6	0,20	11,801	13,7	0,544	2,378	2,921	22,00
17	6,8	0,20	11,978	14,1	0,537	2,238	2,775	22,00
16	7,0	0,20	12,154	14,5	0,531	2,098	2,628	22,00
15	7,2	0,20	12,330	14,9	0,524	1,958	2,483	22,00
14	7,4	0,20	12,507	15,3	0,519	1,818	2,337	22,00
13	7,6	0,20	12,683	15,6	0,513	1,678	2,192	22,00
12	7,8	0,20	12,860	16,0	0,508	1,538	2,047	22,00
11	8,0	0,20	13,036	16,4	0,503	1,399	1,902	22,00
10	8,2	0,20	13,212	16,8	0,498	1,259	1,757	22,00
9	8,4	0,20	13,389	17,2	0,494	1,119	1,613	22,00
8	8,6	0,20	13,565	17,5	0,489	0,979	1,469	22,00
7	8,8	0,20	13,742	17,9	0,485	0,839	1,324	22,00
6	9,0	0,20	13,918	18,3	0,481	0,699	1,181	22,00
5	9,2	0,20	14,094	18,7	0,478	0,559	1,037	22,00
4	9,4	0,20	14,271	19,1	0,474	0,420	0,893	22,00
3	9,6	0,20	14,447	19,4	0,470	0,280	0,750	22,00
2	9,8	0,20	14,624	19,8	0,467	0,140	0,607	22,00
1	10,0	0,20	14,800	20,2	0,464	0,000	0,464	22,00

( Sumber : Analisa Penulis )



( Sumber : Analisa Penulis )

Gambar 4.9 Grafik Hubungan Antara Kedalaman tanah dan panjang geotextile

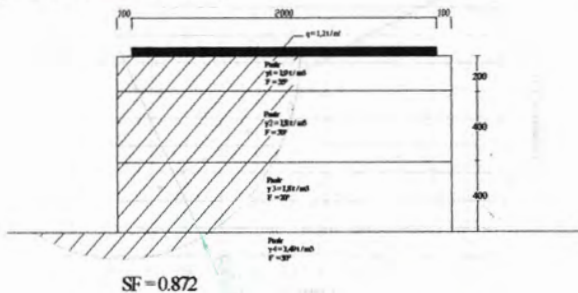


( Sumber : Analisa Penulis )

Gambar 4.10 Grafik Hubungan Antara Kedalaman tanah dan jarak vertikal geotextile

#### 4.3.2.2 Kontrol Kestabilan Overall

Dengan menggunakan Program Bantu STABLE untuk mengontrol analisa stabilitas timbunan, maka untuk tinggi timbunan overpass 10 m dan bentang 22 m didapat harga  $SF_{\text{Stable}} = 0.872$  (lihat Gambar 4.10).



( Sumber : Analisa Penulis )

Gambar 4.11 Bidang kelongsoran yang terjadi untuk timbunan bentang 22 m dan tinggi 10 m

**Kestabilan Overtuning**

$$W_1 = L \times h_1 \times 1 \times \gamma_1 = 8 \times 2 \times 1 \times 1,9 = 30,4 \text{ ton}$$

$$W_2 = L \times h_2 \times 1 \times \gamma_2 = 8 \times 4 \times 1 \times 1,8 = 57,6 \text{ ton}$$

$$W_3 = L \times h_3 \times 1 \times \gamma_3 = 22 \times 4 \times 1 \times 1,8 = 158,4 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} FS &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + q \cdot 1/2 \cdot b^2}{P_{total}} \\ &= \frac{(30,4 \times 4) + (57,6 \times 4) + (158,4 \times 11) + 1,2 \times 1/2 \times 20^2}{46,96} \\ &= 5,02 > 2 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

**Kestabilan Sliding**

$$\begin{aligned} FS &= \frac{(W_1 \times \phi \cdot F) + (W_2 \times \phi \cdot F) + (W_3 \times \phi \cdot F) + q \times 20 \times \phi \cdot F}{P_{total}} \\ &= \frac{(30,4 \times 0,431) + (57,6 \times 0,364) + (158,4 \times 0,237) + 1,2 \times 20 \times 0,431}{46,96} \\ &= 1,75 > 1,5 \dots\dots\dots \text{OK!} \end{aligned}$$

**Kestabilan Bearing Capacity**

$$\frac{q_{ult}}{\sigma_v} \geq 2$$

$$q_{ult} = C \cdot N_c + q \cdot N_q + 1/2 \cdot \gamma \cdot L \cdot N_\gamma$$

$$= 0 + 0 + 1/2 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 1,4$$

$$= 21$$

$$\sigma_v = W_{soil} + q$$

$$= 19,4$$

$$\frac{21}{19,4} = 1,08 \leq 2 \dots\dots\dots \text{KO!}$$

$$q_{ult} = H_{cr} \times \gamma_{timb}$$

$$H_{cr} = \frac{q_{ult}}{\gamma_{timb}} = \frac{1,08}{1,9} = 0,6 \text{ m}$$

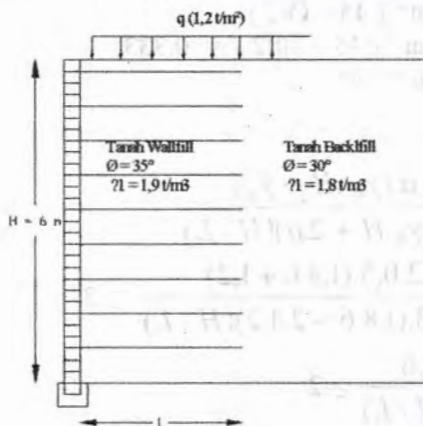
Beban tanah yang memerlukan perbaikan tanah =  
 $(10 \text{ m} - 0,6 \text{ m}) \times \gamma_{timb} = 9,4 \times (1,9) = 17,8 \text{ t/m}^2$

Maka dibutuhkan trucuk (minipile beton 15cmx15cm);  $L = 10 \text{ m}$   
 Daya dukung = 5,12 ton  $\Rightarrow$  dibutuhkan 4 trucuk / m<sup>2</sup>

#### 4.4 PERENCANAAN STRUKTUR GEOGRID – BOX CULVERT

Perencanaan sistem perkuatan tanah menggunakan struktur geogrid-multiblock beton dalam tugas akhir ini dikombinasikan dengan box culvert, untuk ketinggian konstruksi timbunan rencana yang mencapai 10 m diperlukan desain yang kuat dan stabil. Struktur geogrid dalam hal ini memenuhi kriteria desain untuk perencanaan perkuatan tanah dilihat dari karakteristik dan kekuatannya akan tetapi struktur ini memiliki keterbatasan struktur ini ideal bila digunakan untuk ketinggian sampai  $\pm 6 \text{ m}$ , karena pemasangan segmental multiblock akan lebih tidak stabil jika digunakan untuk ketinggian 10 m, maka untuk alternatif kedua ini akan dikombinasikan dengan pemasangan box culvert beton untuk mengurangi beban multiblock dan beban yang terjadi di tanah dasar. Pada perencanaan kombinasi ini juga akan ditopang oleh minipile untuk kestabilan struktur. Dalam perencanaan ini tinggi timbunan yang akan diperkuat oleh geogrid dan multiblock facing adalah 6m dan 4m akan dipasang box culvert. Sebagai contoh perhitungan yang dibahas dalam bagian perhitungan ini adalah untuk tinggi timbunan 10 m dan yang lain dapat dilihat pada Lampiran.

#### 4.4.1 Perencanaan Geogrid



Kekuatan karakteristik ( $f_k$ ) untuk umur rencana 120 tahun pada suhu  $10^\circ\text{C}$

Tensar Geogrid Type SR 80 = 32,5 Kn/m = 3,25 t/m

Type SR 110 = 45 Kn/m = 4,5 t/m

Koefisien interaksi antara grid dan wallfill ( $\alpha$ ) = 0,9

Parameter Disain :

- $K_{ab}$  = Koefisien Tanah Aktif Backfill
- $K_{aw}$  = Koefisien Tanah Aktif Wallfill
- $\emptyset$  = Sudut geser dalam tanah
- $\gamma_w$  = Berat jenis tanah Wallfill ( $\text{t/m}^3$ )
- $\gamma_b$  = Berat jenis tanah Backfill ( $\text{t/m}^3$ )
- $q$  = Beban merata diatas timbunan ( beban lalu lintas)
- $H$  = Tinggi Timbunan (m)
- $L$  = Panjang Geogrid (m)
- $\mu$  = Koefisien gesekan dasar block reinforced soil = 0,5
- FS = Faktor keamanan



**4.4.1.1 Kontrol Stabilitas Eksternal**

$$\begin{aligned}
 K_{ab} &= \tan^2(45 - \phi/2) \\
 &= \tan^2(45 - 30/2) = 0,333 \\
 \text{Asumsi } \mu &= 0,5
 \end{aligned}$$

**FS. Sliding**

$$\begin{aligned}
 &= \frac{2 \cdot \mu \cdot (\gamma_w \cdot H + \gamma_b)}{K_{ab} \cdot (\gamma_b \cdot H + 2 \cdot q)(H/L)} \\
 &= \frac{2 \cdot 0,5 \cdot (1,9,6 + 1,2)}{0,333 \cdot (1,8,6 + 2 \cdot 1,2)(H/L)} \geq 2 \\
 &= \frac{12,6}{4,4(H/L)} \geq 2
 \end{aligned}$$

$$H/L = 1,432 \Rightarrow L = 4,131 \approx 4,2 \text{ m}$$

**FS. Overturning**

dengan asumsi  $L = 4,2 \text{ m}$ ,

Momen penahan pada toe

$$\begin{aligned}
 &= H_1 \cdot H/3 + H_2 \cdot H/2 \\
 &= (K_{ab} \gamma_b \cdot H^3/6) + (K_{ab} \cdot q \cdot H^2/2)
 \end{aligned}$$

Momen Overturning pada toe

$$\begin{aligned}
 &= V_1 \cdot L/2 + V_2 \cdot L/2 \\
 &= (\gamma_w \cdot H \cdot L^2/2) + (q \cdot L^2/2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 FS &= \frac{3 \cdot (\gamma_w \cdot H + q)}{K_{ab} \cdot (\gamma_b \cdot H + 3 \cdot q)(H/L)^2} \\
 &= \frac{3 \cdot (1,9,6 + 1,2)}{0,333 \cdot (1,8,6 + 3 \cdot 1,2)(6/4,2)^2} = \frac{37,8}{9,833} \\
 &= 3,844 > 2 \dots \dots \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

Tekanan di dasar timbunan

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\max} &= (1,9,6 + 1,2) + 0,333 \cdot (1,8,6 + 3 \cdot 1,2) \cdot (6/4,2)^2 \\
 &= 12,6 + 9,79 = 22,386 \text{ t/m}^2 \\
 \sigma_{\min} &= 12,6 - 9,79 = 2,81 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

#### 4.4.1.2 Kontrol Stabilitas Internal

$$K_{aw} = \tan^2 (45 - \phi/2)$$

$$= \tan^2 (45 - 35/2) = 0,271$$

Tabel 4.11 Spesifikasi Geogrid

Tipe Geogrid	$\square_m$	$\square_{ult}$	FS	$\square_{ijin}$
		t/m		t/m
SR 80	1,2	3,25	1,35	2,01
SR 110	1,1	4,5	1,35	3,03

( Sumber : Ir. Indrasurya B.M, Teknologi Perbaikan Tanah, 2000)

sesuai dengan persamaan

$$T_i = K_{ab} \cdot [\gamma_w \cdot h_1 + q + K_{ab} \cdot (\gamma_b \cdot h_1 + 3 \cdot q)(h_1/L)^2] \cdot V_i$$

$$= 0,271 [ 1,9 h_1 + 1,2 + 0,333 \cdot (1,8 h_1 + 3 \cdot 1,2)($$

$h_1/4,2)^2] \cdot V_i$

Persamaan

$$V_i(\max) = \frac{\text{Safe.Desain.Strength}}{(f1 + f2 + f3)}$$

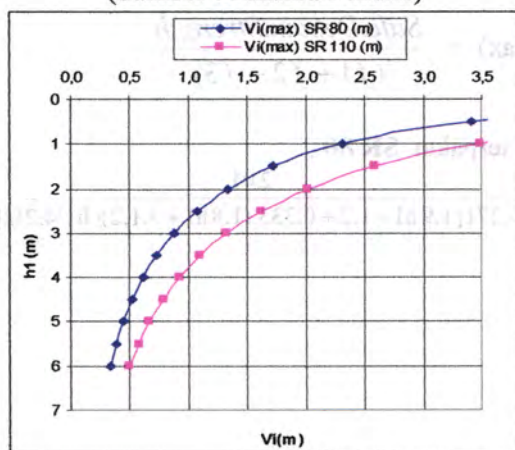
Tipe Geogrid terpakai **SR 80**,

$$V_i(\max) = \frac{2,01}{0,271[1,9h_1 + 1,2 + 0,333 \cdot (1,8h_1 + 3 \cdot 1,2)(h_1/4,2)^2]}$$

Tabel 4.12 Jarak Pemasangan Geogrid berdasarkan Tipe Geogrid

$h_1$	$V_i(\max)$ SR 80	$V_i(\max)$ SR 110
(m)	(m)	(m)
0	6,18	9,32
0,5	3,42	5,15
1,0	2,32	3,49
1,5	1,72	2,59
2,0	1,34	2,02
2,5	1,07	1,62
3,0	0,88	1,33
3,5	0,73	1,10
4,0	0,61	0,93
4,5	0,52	0,79
5,0	0,45	0,67
5,5	0,38	0,58
6,0	0,33	0,50

(Sumber : Analisa Penulis)



(Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 4.12 Grafik hubungan antara ketinggian timbunan dan jarak pemasangan geogrid tipe SR 80 dan SR 110

#### 4.4.1.3 Perhitungan jarak Geogrid yang terpasang :

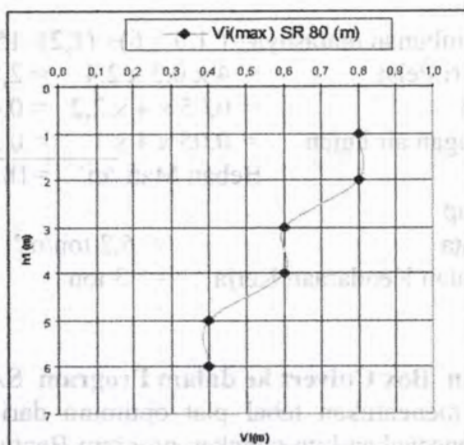
$$\begin{aligned} \square a &= q.K_a + \gamma.z.K_a \\ &= 1,2 \times 0,271 + 1,9.z \times 0,27 \\ &= 0,3252 + 0,515.z \end{aligned}$$

$$V_i = \frac{\sigma_{i,jm}}{\sigma_a} = \frac{2,01}{(0,3252 + 0,515.z)}$$

Tabel 4.12 Jarak vertikal Geogrid terpasang

z	V <sub>i</sub>	V <sub>i</sub> terpasang
(m)	(m)	(m)
1	2,32	0,8
2	1,34	0,8
3	0,88	0,6
4	0,61	0,6
5	0,45	0,4
6	0,33	0,4

( Sumber : Analisa Penulis )



(Sumber : Analisa Penulis)

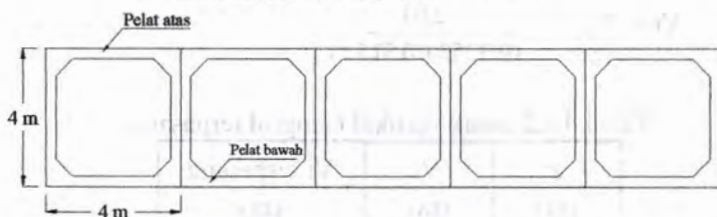
Gambar 4.13 Grafik hubungan antara ketinggian timbunan dan jarak geogrid terpasang

#### 4.4.2 Perencanaan Box Culvert

##### 4.4.2.1 Perhitungan Pembebanan

##### A. Perhitungan Beban Mati dan Beban Hidup

###### • Dimensi Box Culvert



Gambar 4.14 Potongan Melintang Box culvert

Diketahui :

- Lebar Total = 20 m
- Lebar Box = 4 m
- Tinggi Box = 4 m
- Tebal Pelat Box Culvert = 0,3 m
- Jumlah Box = 5 buah

###### • Beban Mati

Tekanan Timbunan di atasnya =  $(1,9 \times 6) + (1,2) = 15 \text{ ton/m}^2$

Berat Sendiri Pelat =  $4 \times 0,3 \times 2,4 = 2,88 \text{ ton/m}^2$

Berat Aspal =  $0,05 \times 4 \times 2,2 = 0,44 \text{ ton/m}^2$

Berat genangan air hujan =  $0,05 \times 4 \times 1 = 0,2 \text{ ton/m}^2$

Beban Mati /m<sup>2</sup> = 18,51 ton/m<sup>2</sup>

###### • Beban Hidup

Beban merata = 5,2 ton/m<sup>2</sup>

Beban Berjalan Kendaraan Kerja = 3 ton

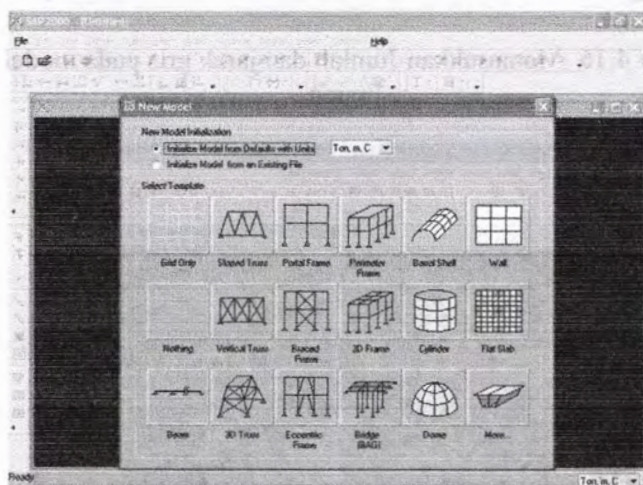
##### B. Permodelan Box Culvert ke dalam Program SAP 2000

Untuk menentukan tebal plat optimum dari box yang akan kita rencanakan kita gunakan program Bantu SAP 2000 versi 8.08. Dalam memodelkan box culvert ke dalam program SAP seperti pada gambar 4.4 dimana terdapat 5 buah box



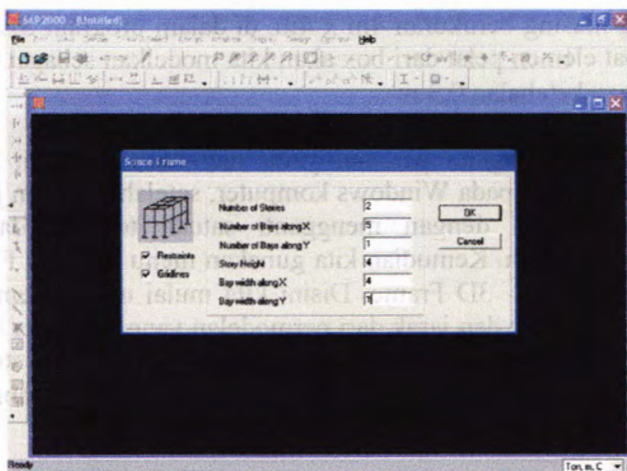
yang masing berukuran  $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ . di dalam program SAP ke empat elemen pelat dari box akan kita modelkan sebagai shell dengan ketebalan  $0,3\text{ m}$ .

Untuk langkah pertama yaitu membuka program SAP 2000 Versi 8 pada Windows komputer, setelah program jalan baru dimulai dengan mengganti satuan terlebih dahulu dengan Ton.m. Kemudian kita gunakan menu perintah File > New Model > 3D Frame. Disini kita mulai untuk membuat grid / kordinat dan jarak dari permodelan yang akan kita buat. Untuk dimensi slab  $4 \times 1\text{ m}$ , kita masukkan number of stories 2, number of spaces along X = 5, Y = 1, Z = 2. Sedangkan untuk space width along X = 4, Y = 1, Z = 4.

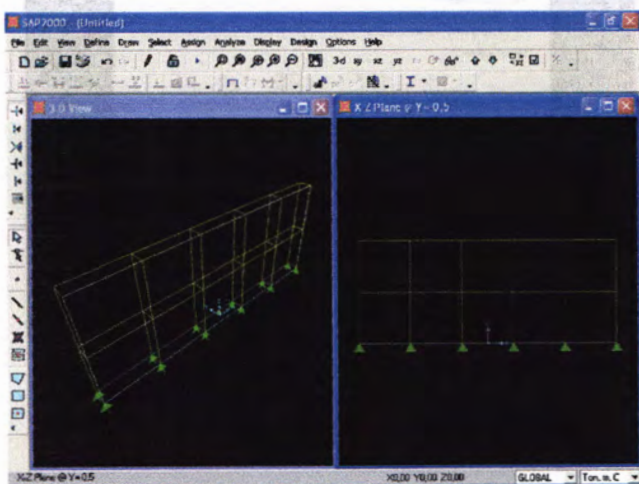


Gambar 4.15 Membuat new model pada SAP 2000





Gambar 4.16 Memasukkan Jumlah dan jarak gris pada model 3D Frame

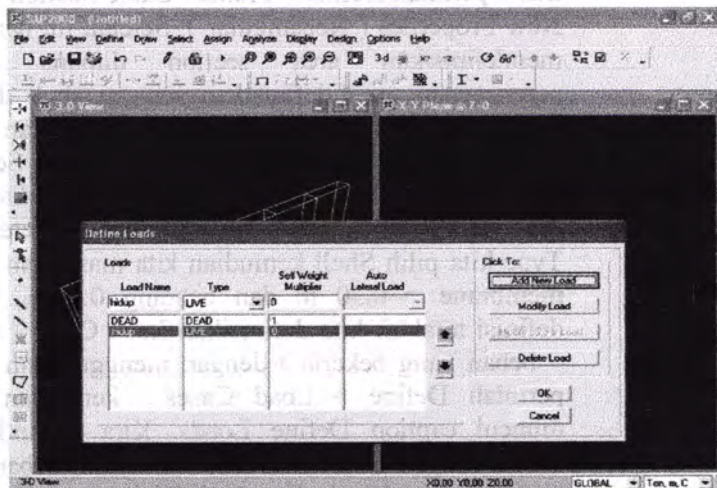


Gambar 4.17 Tampilan dari model 3D Frame

Setelah kita masukkan angka – angka untuk kordinat dan jarak grid baru kita definisikan material yang akan kita gunakan yaitu concrete / beton dengan cara menggunakan menu perintah Define > Material > Concrete > Modify / Show Material. Untuk mendefinisikan material concrete ini kita cukup memasukkan nilai dari  $F_c$  dan  $F_y$  saja. Untuk nilai dari  $F_c$  kita masukkan 240 Mpa sedangkan untuk  $F_y$  kita masukkan 300 Mpa. Baru kemudian kita mendefinisikan frame section dimana dalam perencanaan ini didefinisikan sebagai pile dengan dimensi 30 x 30 cm yang, yaitu dengan menggunakan menu perintah Define > Frame / Cable Section > Add New Properties ( Rectangular ). Setelah itu baru kita mendefinisikan area section dimana dalam perencanaan ini didefinisikan sebagai shell dengan tebal slab 30 cm yaitu dengan menggunakan menu perintah Define > Area Section > Add New Section. Disini kita ketikkan nama dari area yang akan kita buat yaitu Pelat dengan material name Concrete, Area Type kita pilih Shell kemudian kita masukkan untuk membrane = 0.30 m dan bending 0.3 m. Untuk definisi terakhir kita definisikan Load Cases ( beban – beban yang bekerja ) dengan menggunakan menu perintah Define > Load Cases , kemudian akan muncul caption Define Loads. Kita masukkan 2 beban dengan cara Add New Load yaitu beban mati dengan type Dead dan Self Weight Multiplier ( Pengali Beban Sendiri ) = 1. Juga beban hidup dengan type Live dan Self Weight Multiplier ( Pengali Beban Sendiri ) = 0.

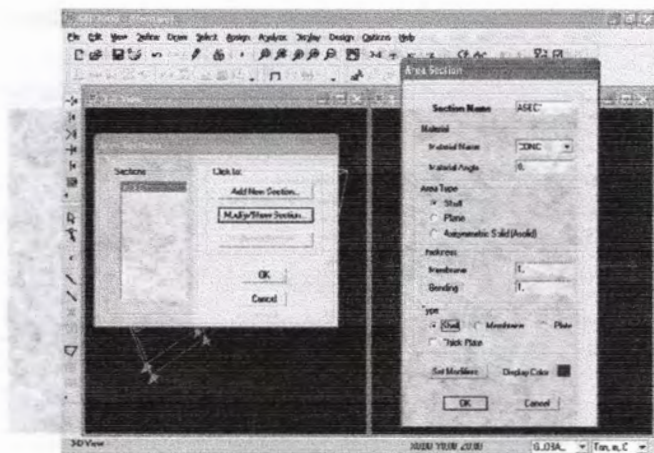
Langkah selanjutnya adalah menggambar permodelan dari struktur box culvert dan minipile dengan menggunakan menu perintah Draw > Rectangular Area, setelah ini baru kita gambar

permodelan dari shell tersebut sesuai dengan grid yang telah kita buat sebelumnya. Kemudian hasil gambar dari shell tersebut kita pilih kemudian kita Assign dengan menggunakan menu perintah Assign > Area > Section, kita pilih yang pelat. Seluruh sisi dari box di assign sebagai pelat. Setelah itu gambar frame section diantara pertemuan antar box culvert kemudian kita assign sebagai pile.joint – joint di bagian bawah pile yang telah kita gambar tadi kita pilih, kemudian kita Assign sebagai perletakkan jepit yaitu dengan menggunakan menu perintah Assign > Joint > Restraint lalu kita pilih yang jepit.

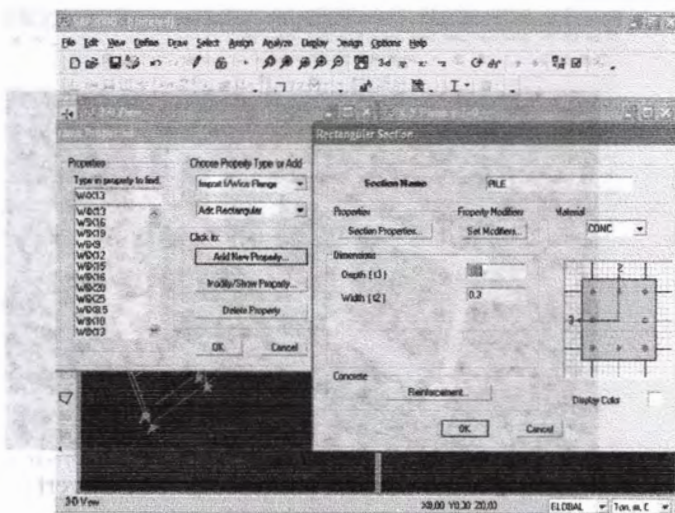


Gambar 4.18 Mendefinisikan Jenis Beban



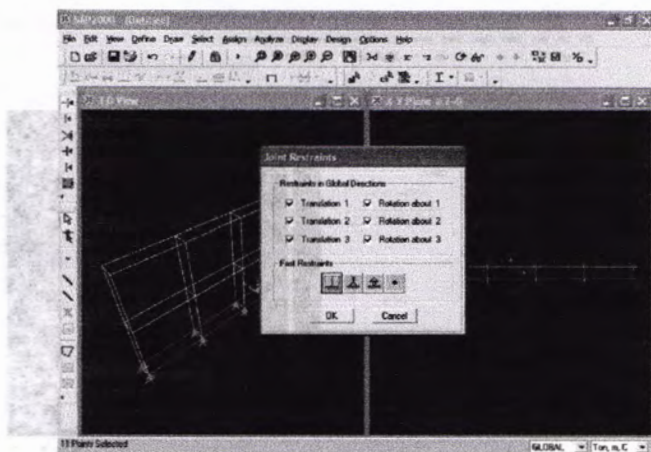


Gambar 4.19 Mendefinisikan Area Section

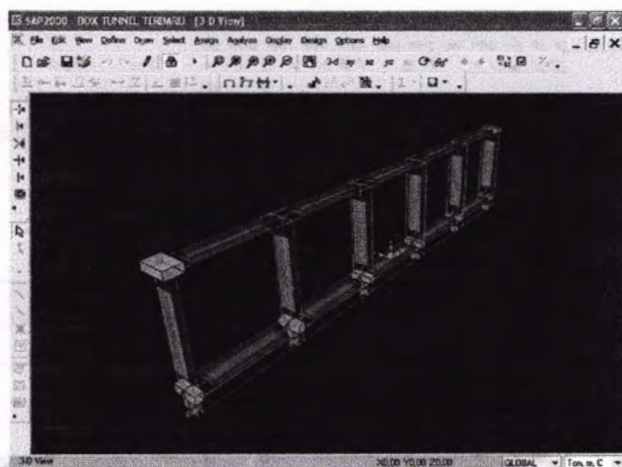


Gambar 4.20 Mendefinisikan Frame Section





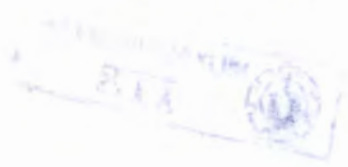
Gambar 4.21 Meng-Assign Joint Restrain



Gambar 4.22 Gambar premodelan-box culvert

### C. Perhitungan Tulangan Box Culvert

Setelah tebal plat dan lebar plat optimum sudah diketahui dan dimasukkan ke dalam program bantu SAP



2000 Versi 8 maka dapat kita lihat gaya – gaya yang terjadi pada struktur box culvert-minipile yang kita rencanakan tersebut.

### - Penulangan Plat

Contoh penulangan plat dengan lebar 4 m dan tebal 30 cm.

Diketahui :

- Mutu Beton,  $f_c'$  = 24 MPa
- Mutu Baja,  $f_y$  = 300 MPa
- Lebar plat = 4 m
- Tebal plat = 0.3 m
- Decking ( $d'$ ) = 4 cm
- Diameter rencana (mm) = 19 cm
- Momen Ultimate,  $M$  = 4,34 ton.m. ( SAP 2000 Versi 8 )

Penulangan Slab :

$$L_x = 400 - \left( \frac{30}{2} + \frac{30}{2} \right) = 370 \text{ cm}$$

$$L_y = 400 \text{ cm}$$

$$\frac{L_y}{L_x} = \frac{400}{370} = 1,08 < 2 \dots\dots\dots \text{ ( tulangan 2 arah )}$$

Menentukan  $\rho$  :

$$\beta_1 = 0,85 - 8 \left( \frac{f_c' - 30}{1000} \right) = 0,85 - 8 \left( \frac{24 - 30}{1000} \right) = 0,898$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{balance}} &= \frac{0,85 * \beta_1 * f_c'}{f_y} * \frac{600}{(600 + f_y)} \\ &= \frac{0,85 * 0,89 * 24}{300} * \frac{600}{(600 + 300)} = 0,037 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,75 * \rho_{\text{balance}} = 0,75 * 0,037 = 0,028$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,00467 \rightarrow \text{ untuk } f_y = 300 \text{ Mpa}$$



**Kebutuhan penulangan Utama :**

Mu = 4,34 ton.m

Tebal pelat = 300 mm

Selimut beton = 40 mm

Direncanakan menggunakan tulangan D 19

Tinggi efektif = d = 300 - 40 - 1/2(19) = 250,5 mm

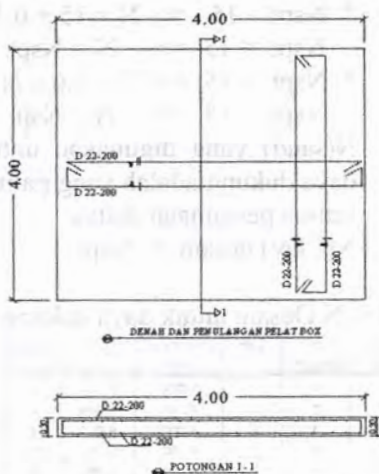
$$R_n = \frac{4,34}{0,8 * 4 * (0.2505)^2} = 21,613 \text{ ton/m}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f_c'} = \frac{300}{0,85 * 24} = 14,71$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * R_n}{f_y}} \right] \\ &= \frac{1}{14,71} \left[ 1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 14,71 * 21,6}{300}} \right] \\ &= 0,00398 < \rho_{\text{min}} (=0,00467) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{min}} * b * d \\ &= 0,0047 * 4000 * 250,5 = 1177,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Jadi untuk lebar plat 4 m dengan tebal 30 cm menggunakan tulangan utama D22 - 200.



Gambar 4.23. Gambar Penulangan Plat Box Culvert.  
Sumber : Hasil Analisa dan Perhitungan

#### 4.4.3 Perencanaan Minipile 30 cm x 30 cm

##### 4.4.3.1 Perhitungan Daya Dukung Tanah Untuk Minipile

Setelah didapat reaksi perletakan dari program SAP 2000 untuk masing masing joint dengan pelat box, maka langkah selanjutnya adalah menghitung daya dukung tanah untuk merencanakan tiang pancang (minipile) untuk menahan beban dari struktur tersebut.

Contoh perhitungan daya dukung tanah dasar untuk Pile :

Diketahui :

- Dimensi Pile dari WIKA memakai minipile 30 cm x 30 cm
 
$$C_p = 4 \times S = 4 \times 0,3 = 1,2 \text{ m}$$

$$A_p = S^2 = 0,09 \text{ m}^2$$
- Menghitung ketahanan tanah dasar :
  - $N(\text{sand})$  desain

$$* N_{spt} > 15 \Rightarrow N = 15 + 0,5.(N_{spt} - 15)$$

$$N_{spt} < 15 \Rightarrow N = N_{spt}$$

$$* N_{spt} > 15 \Rightarrow N = 0,6 \times N_{spt}$$

$$N_{spt} < 15 \Rightarrow N = N_{spt}$$

N(sand) yang digunakan untuk perhitungan daya dukung adalah yang paling minimal dari semua persamaan diatas.

$$- N(\text{Clay})_{\text{desain}} = N_{spt}$$

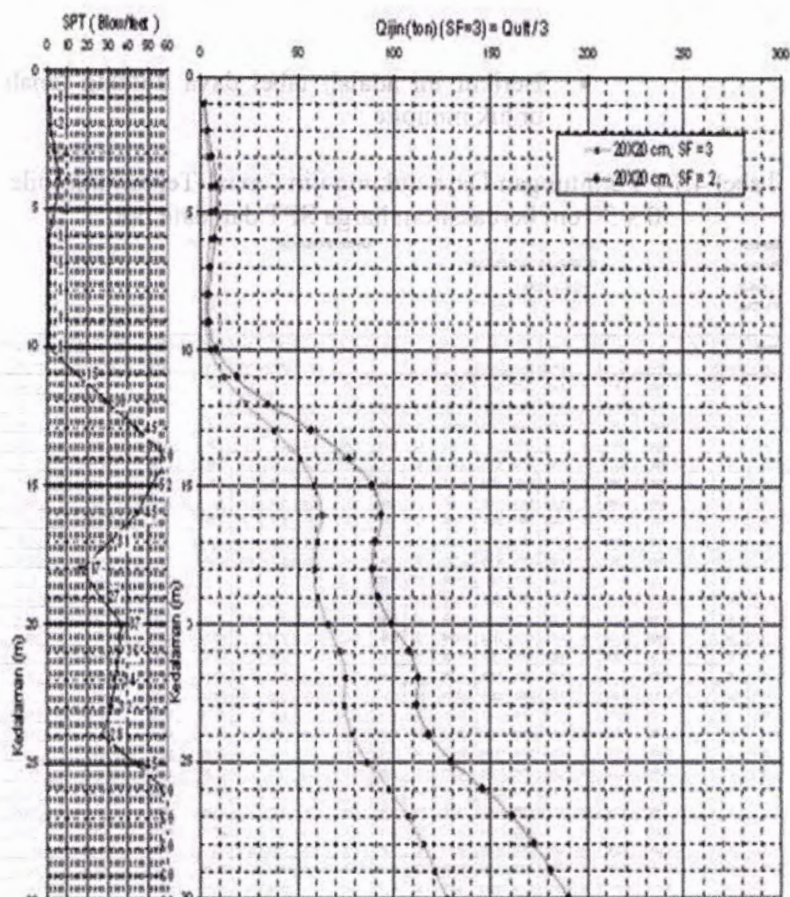
Tabel 4.13 N Desain untuk daya dukung tanah

Depth (m)	N (blow/ft)	L.P	N - clay 15-	N - sand 0,5 N	N - sand
1	1	P	1,000	1,000	1
2	2	P	2,000	2,000	2
3	4	P	4,000	4,000	4
4	6	P	6,000	6,000	6
5	4	P	4,000	4,000	4
6	1	P	1,000	1,000	1
7	1	P	1,000	1,000	1
8	1	P	1,000	1,000	1
9	1	P	1,000	1,000	1
10	1	P	1,000	1,000	1
11	15	L	15,000	15,000	15
12	30	L	30,000	30,000	30
13	45	L	45,000	45,000	45
14	60	L	60,000	60,000	60
15	52	L	52,000	52,000	52
16	45	L	45,000	45,000	45
17	31	L	31,000	31,000	31
18	17	L	17,000	17,000	17
19	27	L	27,000	27,000	27
20	37	L	37,000	37,000	37
21	36	L	36,000	36,000	36
22	34	L	34,000	34,000	34
23	32	P	23,500	19,200	19,2
24	28	L	28,000	28,000	28
25	45	L	45,000	45,000	45
26	60	L	60,000	60,000	60
27	60	L	60,000	60,000	60
28	60	L	60,000	60,000	60
29	60	L	60,000	60,000	60
30	60	L	60,000	60,000	60
31	60	L	60,000	60,000	60
32	60	L	60,000	60,000	60
33	60	L	60,000	60,000	60
34	60	L	60,000	60,000	60

( Sumber : Analisa Penulis )







(Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 4.24 Grafik Daya dukung ijin ( axial-Tekan) tiang tunggal minipile 30 x 30 cm berdasarkan harga SPT dan data bor

Dari tabel dan gambar di atas dapat ditentukan kedalaman pemasangan minipile yang diperlukan, Joint Reaction Di ujung tiang yang terjadi ( dari Program SAP 2000)

Tabel 4.15 Joint Reaction ( SAP 2000 ) untuk minipile 30 x 30 cm

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
84	DEAD	LinStatic	-0,0395	2,722E-14	32,0175	-5,863E-14	0,07456	5,657E-16
84	DCON2	Combination	-0,074	5,755E-14	62,7178	-1,179E-13	0,15172	1,092E-15
86	DEAD	LinStatic	0,0473	1,242E-14	56,802	-4,282E-14	0,04221	6,374E-16
86	DCON2	Combination	0,0888	2,677E-14	114,332	-8,888E-14	0,08862	1,277E-15
88	DEAD	LinStatic	0,0419	1,92E-14	57,0628	-2,066E-14	0,01455	1,162E-15
88	DCON2	Combination	0,0875	3,9E-14	115,2913	-4,227E-14	0,02986	2,339E-15
90	DEAD	LinStatic	-0,0419	8,063E-15	57,0628	5,633E-15	-0,01455	8,702E-16
90	DCON2	Combination	-0,0875	1,646E-14	115,2913	1,041E-14	-0,02986	1,743E-15
92	DEAD	LinStatic	-0,0473	2,347E-14	56,602	2,569E-14	-0,04221	9,049E-16
92	DCON2	Combination	-0,0888	4,8E-14	114,332	5,052E-14	-0,08662	1,812E-15
94	DEAD	LinStatic	0,0395	-1,716E-14	32,0175	6,371E-14	-0,07456	1,891E-15
94	DCON2	Combination	0,074	-3,442E-14	62,7178	1,267E-13	-0,15172	3,786E-15

(Sumber : Analisa Penulis)

Dari tabel diatas Momen maksimum yang terjadi adalah 115,2913 ton, maka kedalaman pile yang dibutuhkan adalah 14 m dengan SF = 2 dan daya dukung maksimum adalah 145 ton.

#### 4.4.3.2 Penulangan Minipile 30 cm x 30 cm

Menghitung kebutuhan penulangan minipile menggunakan program PCACol dengan reksi – reaksi yang didapat dari perhitungan reaksi dengan program SAP 2000 :

$$\text{Aksial Load ( mati )} = 79,87 \text{ ton}$$

$$\text{Aksial Load ( Hidup )} = 20,834 \text{ ton}$$

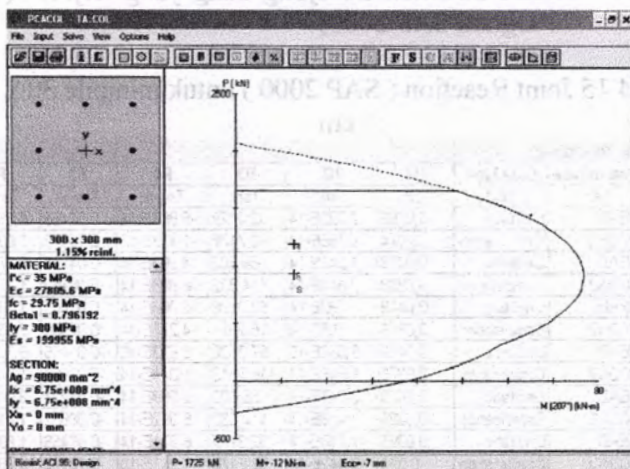
$$\text{Momen ( Gempa )} = 8,5 \text{ ton}$$

$$f_c' = 35 \text{ MPa}$$

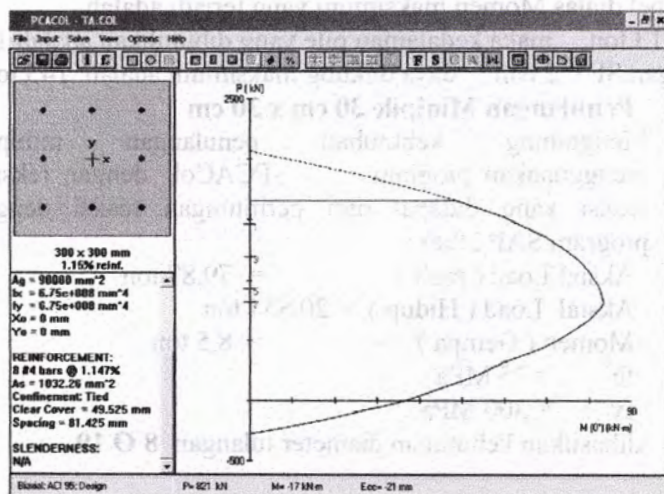
$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

dihasilkan kebutuhan diameter tulangan **8 Ø 19**





Gambar 4.25 Grafik hasil perhitungan (output) dengan Program PCACol



Gambar 4.26 Grafik kebutuhan tulangan dan reinforcement dengan Program PCACol

- Perhitungan Tulangan Geser Minipile

METODE PELAKSANAAN dan RENCANA

$$\text{Vuk} = \text{Muk b} + \text{Muk a}$$

$$= 43400000 \times 1$$

$$= 14000$$

$$= 7233,33 \text{ N}$$

Direncanakan  $\Phi 15$

mm

$$\text{Vs} = \frac{\text{Vuk}}{0,6}$$

$$= \frac{7233,33}{0,6}$$

$$= 12055,6$$

$$d = 500 - 40 - 19 - 10$$

$$= 235 \text{ mm}$$

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s}$$

$$= \frac{(2 \times 1/4 \times 3.14 \times 14^2) \times 300 \times 235}{12055,6}$$

$$= 2065,78 \text{ mm}$$

Dipasang sengkang  $\Phi 15-100$

#### 4.5 METODE PELAKSANAAN dan RENCANA ANGGARAN BIAYA

##### 4.5.1 Kombinasi Sheet Pile - Geotextile

A. Pekerjaan urukan tanah biasa.

**Penulis mengasumsikan bahwa :**

- perkerjaan tanah biasa menggunakan alat (cara mekanis)
- lokasi pekerjaan sepanjang jalan, kondisi jalan sedang / baik
- jam kerja efektif per hari  $tk = 7$  jam
- dengan koefisien faktor pengembangan bahan  $fk = 1,2$ .
- Tebal hamparan padat  $t = 0,20$  m

**Sedangkan metode pelaksanaan yang dipakai yaitu :**

- Excavator di quarry memuat tanah urug kedalam Dump Truck
- Dump Truk mengangkut dan menumpahkan tanah urug di lokasi pekerjaan
- Dengan menggunakan Motor Grader, tanah urug dihamparkan sesuai rencana pengurangan
- Tanah dihamparkan merata dengan ketebalan rata-rata 20-30 cm
- setelah tanah urug dihamparkan, kemudian disiram air dengan water Tanker untuk mendapatkan kepadatan tanah optimum .
- Tiap ketebalan hamparan 20-30 cm, setelah mencapai kadar air optimum maka dilakukan pemadatan dengan menggunakan Vibrator Roller.
- Selama pemadatan pekerja akan merapikan tepi hamparan dan level permukaan dengan alat Bantu.

**Uraian Analisa Koefisien Pekerjaan :**

1. Bahan

Tanah Urug : 1,200 m<sup>3</sup>

## 2. Peralatan

## 1. Excavator

Kapasitas Bucket	(V)	: 6,0 m <sup>3</sup>
Faktor Bucket	(Fb)	: 0,90
Faktor efisiensi alat	(Fa)	: 0,85
Faktor Kondisi	(Fk)	: 0,75
Faktor Material	(Fm)	: 0,80
Waktu Siklus	(Ts)	:
- Mengangkut / menumpahkan	(T1)	: 0,5 menit
- Lain-lain	(T2)	: 0,5 menit
T1 + T2 =	(Ts)	: 1,0 menit
Kapasitas Produksi perjam	(Q1)	:
$\frac{V \times F_a \times F_b \times F_k \times F_m \times 60}{T_s} = 27,54 \text{ m}^3$		

Koefisien alat / m<sup>3</sup> :  $\frac{T_s}{1/Q1} = 0,0363 \text{ jam}$

## 2. Dump Truck

Kapasitas Bak	(V)	: 4,0 m <sup>3</sup>
Faktor Efisiensi Alat	(Fa)	: 0,83
Faktor kembang bahan	(Fk)	: 1,20
Jarak quarry- lokasi	(L1)	: 20,0 km
Kecepatan rata2 bermuatan	(v1)	: 40 km/jam
Kecepatan rata2 kosong	(v2)	: 50 km/jam
Waktu Siklus	(Ts)	:
- Waktu tempuh isi (T1)	:	30 menit (L1/v1) x 60
- Waktu tempuh kosong (T2)	:	24 menit (L1/v2) x 60
- Waktu tunggu	(T3)	: 5 menit
T1 + T2 + T3 =	(Ts)	: 59 menit

Kapasitas produksi perjam

$$(Q1): \frac{V \times F_a \times 60}{F_k \times T_s} = 2,814 \text{ m}^3$$

Koefisien Alat / m<sup>3</sup> :  $1 / Q1 = 0,355 \text{ jam}$

## 3. Motor Grader

Panjang Hamparan	(Lh)	: 50,0 m <sup>2</sup>
Lebar efektif Blade	(b)	: 2,40 m <sup>2</sup>

Tebal Lapis pada agregat	(t)	: 0,30 m'
Faktor Efisiensi Alat	(Fa)	: 0,83
Kecepatan rata2 alat	(v)	: 5 km/jam
jumlah lintasan	(n)	: 5 lintasan
Waktu Siklus	(Ts)	:
- Perataan 1 lintasan	(T1)	: 0,6 menit
- Lain-lain	(T2)	: 0,6 menit
T1 + T2 =	(Ts)	: <u>1,2 menit</u>

Kapasitas produksi perjam

$$(Q1) : \frac{LhxbxtxFax60}{nxTs} = 298,80 \text{ m}^3$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1 / Q1 = 0,0033 \text{ jam}$$

#### 4. Vibrator Roller

Kecepatan rata2 alat	(v)	: 4 km/jam
Lebar efektif pemadatan	(b)	: 1,20 m'
Tebal Lapis padat urugan	(t)	: 0,30 m'
jumlah lintasan	(n)	: 8 lintasan
Faktor Efisiensi Alat	(Fa)	: 0,83
Kapasitas produksi perjam	(Q1)	:

$$\frac{(vx1000)xbxtxFa}{n} = 149,40 \text{ m}^3$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1 / Q1 = 0,0067 \text{ jam}$$

#### 5. Water Tanker

Volume tanki air	(v)	: 4,00 m <sup>3</sup> = 4000 liter
Kebutuhan air / m <sup>3</sup> urugan	(Wc)	: 0,07 m <sup>3</sup>
Faktor Efisiensi Alat	(Fa)	: 0,83
Pengisian tangki perjam	(n)	: 3 kali
Kapasitas produksi perjam		

$$(Q1) : \frac{VxnxFa}{Wc} = 142,286 \text{ m}^3$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1 / Q1 = 0,007 \text{ jam}$$



## 3. Tenaga Kerja

Jam kerja perhari (Tk) : 7 jam

Produksi menentukan (Q) : 2,814 m<sup>3</sup>/jam

(Dump Truck)

Produksi urugan / hari(Qt) :  $Tk \times Q = 19,67 \text{ m}^3$ 

Kebutuhan tenaga

- Pekerja (P) : 4 orang

- Mandor (M) : 1 orang

Koefisien tenaga / m<sup>3</sup>- Pekerja :  $(Tk \times P) / Q = 1,423 \text{ jam}$ - Mandor :  $(Tk \times M) / Q = 0,356 \text{ jam}$ 

## B. Pemasangan Sheet Pile

**Metode pelaksanaan yang dipakai yaitu :**

- Pemasangan Stelling dan Hammer menggunakan Crane
- Setelah stelling dan hammer terpasang pada crane, sheet pile ditarik, diangkat dan distel pada posisi pancang dan dicek menggunakan theodolit
- Setelah posisi sheet pile sudah tepat sesuai rencana, baru pemancangan sheet pile dapat dilaksanakan.

**Uraian Analisa Koefisien Pekerjaan :**

## 1. Bahan

Sheet Pile : @ 19 m

## 2. Peralatan

**1. Crane**Kapasitas Alat (V) : 25 m<sup>3</sup>

Faktor Efisiensi Alat (Fa) : 0,81

Waktu Siklus

(Memasang stelling dan (Ts) : 6 jam

hammer, mengangkat dan  
menyetel posisi sheet pile



serta pemancangan )

Kapasitas produksi perjam

$$(Q1) : \frac{VxFa}{Ts} = 3,375 \text{ m'}$$

Koefisien Alat / m' :  $1 / Q1 = 0,2963 \text{ jam}$

## 2. Hammer

Kapasitas Alat (V) : 25 m'

Faktor Efisiensi Alat (Fa) : 0,80

Waktu Siklus (Ts) :

- Pemancangan (T1) : 6 jam

- Kalendering (T2) : 0,10 jam

T1+ T2 = (Ts) : 6,10 jam

Kapasitas produksi perjam

$$(Q1) : \frac{VxFa}{Ts} = 3,279 \text{ m'}$$

Koefisien Alat / m' :  $1 / Q1 = 0,3050 \text{ jam}$

## 3. Tenaga Kerja

Jam kerja perhari (Tk) : 7 jam

Produksi menentukan (Q) : 3,279 m'/jam

### (Hammer)

Produksi urugan / hari(Qt) :  $Tk \times Q1 = 22,953 \text{ m'}$

Kebutuhan tenaga

- Pekerja (P) : 12 orang

- Mandor (M) : 1 orang

- Tukang Pancang (T) : 6 orang

Koefisien tenaga / m<sup>3</sup>

- Pekerja :  $(Tk \times P) / Qt = 3,6597 \text{ jam}$

- Mandor :  $(Tk \times M) / Qt = 0,3050 \text{ jam}$

- Tukang Pancang :  $(Tk \times T) / Qt = 1,8298 \text{ jam}$

#### 4.5.2 Rencana Anggaran Biaya Kombinasi Sheet pile - Geotextile

Tabel 4.16 Analisa Harga Satuan untuk Kombinasi Geotextile \_- Sheet Pile

No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b>	<b>Pengurangan Sirtu dengan pematatan menggunakan alat berat (m3)</b>				
1	Mandor	0,0210	O.H	50.000,00	1.050,00
2	Pekerja Terampil	0,2570	O.H	22.500,00	5.782,50
3	Tasirtu Sirtu	1,2000	m3	59.175,00	71.010,00
4	Sewa Dump Truck 3,5 T (min 5 jam)	0,0880	jam	31.750,00	2.794,00
5	Sewa Motor Grader 125 - 140 Pk (min 5 jam)	0,0080	jam	154.700,00	1.237,60
6	Sewa Phenumatic Tire Roller (min 5 jam)	0,0040	jam	94.725,00	378,90
7	Sewa Truck Tangki Air (min 5 jam)	0,0120	jam	39.650,00	475,80
8	Sewa Vibrator Roller (min 5 jam)	0,0120	jam	9.500,00	114,00
9	Sewa Escavator 6m3	0,0220	jam	74.125,00	1.630,75
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>84.473,55</b>
<b>B</b>	<b>Pemancangan Sheet Pile</b>				
1	Mandor	0,125	O.H	50.000,00	6.250,00
2	Sheet Pile (19 m)	1	m	300.000,00	300.000,00
3	Sewa Crane 30 ton - min. 8 jam (termasuk mob/demob, operator, BBM)	0,5	jam	160.000,00	80.000,00
4	Sewa Hammer tiang pancang - min. 8 jam (termasuk mob/demob, operator, BBM)	0,5	jam	160.000,00	80.000,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>466.250,00</b>
<b>C</b>	<b>Pekerjaan Perkuatan Tanah</b>				
<b>I</b>	<b>Pemasangan Geotextile (m2)</b>				
1	Mandor	0,018	O.H	50.000,00	911,50
2	Pekerja/Buruh Tak Terampil	0,062	O.H	20.000,00	1.640,00
3	Pekerja Terampil	0,018	O.H	22.500,00	411,75
4	Geotextile	1,000	m2	8.250,00	8.250,00
5	Sewa alat bantu (1 set @ 3 alat)	0,039	jam	6.375,00	246,61
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>11.459,86</b>
<b>II</b>	<b>Material PVD</b>				
		1,00	m'	3.500,00	3500

(Sumber : Analisa Penulis)

Tabel 4.17 Analisa Harga Total untuk Kombinasi Geotextile - Sheet Pile

ANALISA BIAYA UNTUK Kombinasi Sheet Pile - Geotextile					
NO	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	UNIT PRICE (Rp)	TOTAL (Rp)
<b>I Pekerjaan Tanah</b>					
1.1	Urugan Tanah dengan Pemadatan	30800	m <sup>3</sup>	84,473.55	2.601,785,340.00
1.2	Urugan Tanah Pilihan		m <sup>3</sup>		
<b>II Pekerjaan Pemancangan Pile</b>					
1	Pemancangan Sheet Pile	5340	m'	466,250.00	2,489,775,000.00
1	Pemancangan Munitpile 30 cm x 30 cm	2,940.00	BUAH	225,000.00	661,500,000.00
2	Pemotongan Kepala Tiang	2,940.00	Bh	50,000.00	147,000,000.00
<b>III Pekerjaan Perkuatan Tanah</b>					
1	Pemasangan PVD	52,320	m	3,500.00	183,120,000
2	Pemasangan Geotextile	98,560	m <sup>2</sup>	11,459.86	1,129,483,851
Total					7,212,664,190.88
PPn 10%					721,266,419.09
Grand					7,933,930,609.97

(Sumber : Analisa Penulis)

Dari hasil analisa masing-masing harga satuan jenis pekerjaan dimasukkan ke daftar perkiraan biaya diatas didapat bahwa biaya keseluruhan proyek pembangunan perkuatan tanah dengan alternative kombinasi Sheet Pile - Geotextile didapatkan **Rp. 7.933.930.609,97** yang terdiri dari jenis Pekerjaan Tanah, pemasangan sheet pile dan perkuatan tanah.

#### 4.5.3 Struktur Geogrid – Box Culvert

##### A. Pekerjaan urukan tanah biasa.

**Penulis mengasumsikan bahwa :**

perkerjaan tanah biasa menggunakan alat (cara mekanis)

a. lokasi pekerjaan sepanjang jalan, kondisi jalan sedang / baik

b. jam kerja efektif per hari  $tk = 7$  jam

- c. dengan koefisien faktor pengembangan bahan  $fk = 1,2$ .  
 d. Tebal hampanan padat  $t = 0,20$  m

**Sedangkan metode pelaksanaan yang dipakai yaitu :**

- Excavator di quarry memuat tanah urug kedalam Dump Truck
- Dump Truk mengangkut dan menumpahkan tanah urug di lokasi pekerjaan
- Dengan menggunakan Motor Grader, tanah urug dihamparkan sesuai rencana pengurangan
- Tanah dihamparkan merata dengan ketebalan rata-rata 20-30 cm
- setelah tanah urug dihamparkan, kemudian disiram air dengan water Tanker untuk mendapatkan kepadatan tanah optimim .
- Tiap ketebalan hampanan 20-30 cm, setelah mencapai kadar air optimum maka dilakukan pemadatan dengan menggunakan Vibrator Roller.
- Selama pemadatan pekerja akan merapikan tepi hampanan dan level permukaan dengan alat Bantu.

**Uraian Analisa Koefisien Pekerjaan :**

1. Bahan

Tanah Urug : 1,200 m<sup>3</sup>

2. Peralatan

**1. Excavator**

Kapasitas Bucket (V) : 6,0 m<sup>3</sup>

Faktor Bucket (Fb) : 0,90

Faktor efisiensi alat (Fa) : 0,85

Faktor Kondisi (Fk) : 0,75

Faktor Material (Fm) : 0,80

Waktu Siklus (Ts) :

- Mengangkut / menumpahkan(T1) : 0,5 menit

- Lain-lain (T2) : 0,5 menit

T1 + T2 = (Ts) : 1,0 menit



$$\text{Kapasitas Produksi perjam (Q1)} : \frac{VxFaxFbxFkxFmx60}{Ts} = 27,54 \text{ m}^3$$

$$\text{Koefisien alat / m}^3 : 1/Q1 = 0,0363 \text{ jam}$$

## 2. Dump Truck

Kapasitas Bak	(V)	:	4,0 m <sup>3</sup>
Faktor Efisiensi Alat	(Fa)	:	0,83
Faktor kembang bahan	(Fk)	:	1,20
Jarak quarry- lokasi	(L1)	:	20,0 km
Kecepatan rata2 bermuatan	(v1)	:	40 km/jam
Kecepatan rata2 kosong	(v2)	:	50 km/jam
Waktu Siklus	(Ts)	:	
- Waktu tempuh isi	(T1)	:	30 menit (
L1/v1)x 60			
- Waktu tempuh kosong	(T2)	:	24 menit (
L1/v2)x 60			
- Waktu tunggu	(T3)	:	5 menit
T1 + T2 + T3 =	(Ts)	:	<u>59 menit</u>

Kapasitas produksi perjam

$$(Q1) : \frac{VxFax60}{FkxTs} = 2,814 \text{ m}^3$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1/Q1 = 0,355 \text{ jam}$$

## 3. Motor Grader

Panjang Hambaran	(Lh)	:	50,0 m'
Lebar efektif Blade	(b)	:	2,40 m'
Tebal Lapis pada agregat	(t)	:	0,30 m'
Faktor Efisiensi Alat	(Fa)	:	0,83
Kecepatan rata2 alat	(v)	:	5 km/jam
jumlah lintasan	(n)	:	5 lintasan
Waktu Siklus	(Ts)	:	
- Perataan 1 lintasan	(T1)	:	0,6 menit
- Lain-lain	(T2)	:	0,6 menit

$$T1 + T2 = (Ts) : \frac{1,2 \text{ menit}}{60}$$

$$\text{Kapasitas produksi perjam (Q1)} : \frac{LhxbxtxFax60}{nxTs} = 298,80 \text{ m}^3$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1 / Q1 = 0,0033 \text{ jam}$$

#### 4. Vibrator Roller

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan rata2 alat (v)} & : 4 \text{ km/jam} \\ \text{Lebar efektif pemadatan (b)} & : 1,20 \text{ m}^2 \\ \text{Tebal Lapis padat urugan (t)} & : 0,30 \text{ m}^2 \\ \text{jumlah lintasan (n)} & : 8 \text{ lintasan} \\ \text{Faktor Efisiensi Alat (Fa)} & : 0,83 \\ \text{Kapasitas produksi perjam (Q1)} & : \frac{(vx1000)xbxtxFa}{n} = 149,40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1 / Q1 = 0,0067 \text{ jam}$$

#### 5. Water Tanker

$$\begin{aligned} \text{Volume tanki air (v)} & : 4,00 \text{ m}^3 = 4000 \text{ liter} \\ \text{Kebutuhan air / m}^3 \text{ urugan (Wc)} & : 0,07 \text{ m}^3 \\ \text{Faktor Efisiensi Alat (Fa)} & : 0,83 \\ \text{Pengisian tangki perjam (n)} & : 3 \text{ kali} \\ \text{Kapasitas produksi perjam (Q1)} & : \frac{VxnxFa}{Wc} = 142,286 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1 / Q1 = 0,007 \text{ jam}$$

#### 3. Tenaga Kerja

$$\begin{aligned} \text{Jam kerja perhari (Tk)} & : 7 \text{ jam} \\ \text{Produksi menentukan (Q)} & : 2,814 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{(Dump Truck)} \\ \text{Produksi urugan / hari(Qt)} & : Tk \times Q = 19,67 \text{ m}^3 \\ \text{Kebutuhan tenaga (P)} & : 4 \text{ orang} \end{aligned}$$



- Mandor (M) : 1 orang  
 Koefisien tenaga / m<sup>3</sup>  
 - Pekerja :  $(Tk \times P) / Q = 1,423 \text{ jam}$   
 - Mandor :  $(Tk \times M) / Q = 0,356 \text{ jam}$

## B. Pemancangan Minipile 30 cm x 30 cm

### Metode pelaksanaan yang dipakai yaitu :

- Pemasangan Stelling dan Hammer menggunakan Crane
- Setelah stelling dan hammer terpasang pada crane, tiang pancang ditarik, diangkat dan distel pada posisi pancang dan dicek menggunakan theodolit
- Setelah posisi tiang pancang sudah tepat sesuai rencana, baru pemancangan sheet pile dapat dilaksanakan.

### Uraian Analisa Koefisien Pekerjaan :

1. Bahan  
     Mini Pile : @ 14 m

2. Peralatan

1. Crane

Kapasitas Alat (V) : 25 m<sup>3</sup>

Faktor Efisiensi Alat (Fa) : 0,81

Waktu Siklus

(Memasang stelling dan hammer, mengangkat dan (Ts) : 6 jam

menyetel posisi sheet pile

serta pemancangan )

Kapasitas produksi perjam

$$(Q1) : \frac{V \times Fa}{Ts} = 3,375 \text{ m}^3$$

Koefisien Alat / m<sup>3</sup> :  $1 / Q1 = 0,2963 \text{ jam}$

2. Hammer

Kapasitas Alat (V) : 25 m<sup>3</sup>

Faktor Efisiensi Alat (Fa)	:	0,80
Waktu Siklus (Ts)	:	
- Pemancangan (T1)	:	6 jam
- Kalendering (T2)	:	0,10 jam
T1+ T2 =	(Ts)	: 6,10 jam

$$\text{Kapasitas produksi perjam(Q1): } \frac{V \times Fa}{Ts} = 3,279 \text{ m}^3$$

$$\text{Koefisien Alat / m}^3 : 1 / Q1 = 0,3050 \text{ jam}$$

### 3. Tenaga Kerja

Jam kerja perhari (Tk)	:	7 jam
Produksi menentukan (Q)	:	3,279 m <sup>3</sup> /jam

#### (Hammer)

$$\text{Produksi urugan / hari(Qt): } Tk \times Q1 = 22,953 \text{ m}^3$$

Kebutuhan tenaga

- Pekerja (P)	:	12 orang
- Mandor (M)	:	1 orang
- Tukang Pancang (T)	:	6 orang

#### Koefisien tenaga / m<sup>3</sup>

- Pekerja	:	(Tk x P) / Qt = 3,6597 jam
- Mandor	:	(Tk x M) / Qt = 0,3050 jam
- Tukang Pancang	:	(Tk x T) / Q = 1,8298 jam

## C. Pemotongan Kepala Tiang

### Metode pelaksanaan yang dipakai yaitu :

- Menggunakan cara manual
- Tiang pancang dipotong menggunakan Baji, Martil besar, gergaji / gunting besi, dan lain-lain.
- Setelah pemotongan, harus ada sisa besi tulangan untuk sambungan dengan box culvert.

### Uraian Analisa Koefisien Pekerjaan

1. Bahan

2. Peralatan

#### Alat Bantu

Gergaji / gunting besi, baji, martil, dan lain-lain

3. Tenaga Kerja

Jam kerja perhari (Tk) : 7 jam

Produksi kerja / hari (Qt) : 3 batang

Kebutuhan tenaga

- Pekerja (P) : 2 orang

- Mandor (M) : 1 orang

Koefisien tenaga / m<sup>3</sup>

- Pekerja :  $(Tk \times P) / Qt = 4,667$  jam

- Mandor :  $(Tk \times M) / Qt = 2,33$  jam

#### 4.5.4 Rencana Anggaran Biaya Kombinasi Struktur Geogrid – Box Culvert

Tabel 4.18 Analisa Harga Satuan untuk Struktur Geogrid – Box Culvert

No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A Pengurugan Sirtu dengan pematatan menggunakan alat berat (m<sup>3</sup>)</b>					
1	Mandor	0,0210	O.H	50.000,00	1.050,00
2	Pekerja Terampil	0,2570	O.H	22.500,00	5.782,50
3	Tasirtu/ Sirtu	1,2000	m <sup>3</sup>	59.175,00	71.010,00
4	Sewa Dump Truck 3,5 T (min 5 jam)	0,0880	jam	31.750,00	2.794,00
5	Sewa Motor Grader 125 - 140 Pk (min 5 jam)	0,0080	jam	154.700,00	1.237,60
6	Sewa Truck Tangki Air (min 5 jam)	0,0120	jam	39.650,00	475,80
7	Sewa Vibrator Roller (min 5 jam)	0,0120	jam	9.500,00	114,00
8	Sewa Escavator 6m <sup>3</sup>	0,0220	jam	74.125,00	1.630,75
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>83.618,00</b>
<b>B Pemasangan Minipile 30 x 30</b>					
1	Mandor	0,125	O.H	50.000,00	6.250,00
2	Minipile 30 cm x 30 cm	1	m	150.000,00	150.000,00
3	Sewa Crane 30 ton - min. 8 jam (termasuk mob/demob, operator, BBM)	0,5	jam	145.000,00	72.500,00
4	Sewa Hammer tiang pancang - min. 8 jam (termasuk mob/demob, operator, BBM)	0,5	jam	145.000,00	72.500,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>301.250,00</b>
<b>C Pekerjaan Perkuatan Tanah</b>					
<b>I Pemasangan Geogrid (M2)</b>					
1	Mandor	0,018	O.H	50.000,00	911,50
2	Pekerja/Buruh Tak Terampil	0,082	O.H	20.000,00	1.640,00
3	Pekerja Terampil	0,018	O.H	22.500,00	411,75
4	Geotextile	1,000	m <sup>2</sup>	8.250,00	8.250,00
5	Sewa alat bantu (1 set @ 3 alat)	0,039	jam	6.375,00	246,61
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>11.459,86</b>
<b>II Pemasangan Multiblock (M2)</b>					
1	Mandor	0,018	O.H	50.000,00	911,50
2	Pekerja Terampil	0,018	O.H	22.500,00	411,75
3	Multiblock	1,000	m <sup>2</sup>	225.000,00	225.000,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>226.323,25</b>
<b>D Pekerjaan Pengcoran</b>					
<b>I Beton Bertulang 1Pc : 1,5 Ps : 2,5 Kr (K350) dengan Pemakaian Besi 160 kg (m<sup>3</sup>)</b>					
1	Pekerjaan Pembesian pemakaian besi	130	kg	6.600,00	958.000,00
2	Acuan untuk Beton Struktur (Bekisting)	1	m <sup>3</sup>	761.767,57	761.767,57
3	Pembongkaran Cetakan dan Penyiraman	1	m <sup>3</sup>	60.000,00	60.000,00
4	Pekerjaan Beton Berstruktur K-350 (1 Pc : 1,5 Ps : 2,5 Kr)	1	m <sup>3</sup>	408.535,70	408.535,70
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>2.089.303,27</b>
<b>II Beton Bertulang 1 Pc : 2 Ps : 3 Kr (K225) dengan Pemakaian Besi 100 kg (m<sup>3</sup>)</b>					
1	Pekerjaan Beton Berstruktur K-225	1	m <sup>3</sup>	369.188,84	369.188,84
2	Pekerjaan Pembesian Pemakaian Besi	100	kg	6.600,00	660.000,00
3	Acuan untuk Beton Struktur (Bekisting)	1	m <sup>3</sup>	761.767,57	761.767,57
4	Pembongkaran Cetakan dan Penyiraman Beton	1	m <sup>3</sup>	60.000,00	60.000,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1.850.956,41</b>

(Sumber : Analisa Penulis)



Tabel 4.19 Analisa Harga Total untuk Struktur Geogrid – Box Culvert

ANALISA BIAYA UNTUK Kombinasi Struktur Geogrid - Box Culvert					
NO	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	UNIT PRICE (Rp)	TOTAL (Rp)
<b>I</b>	<b>Pekerjaan Tanah</b>				
1.1	Urugan Tanah dengan Pemadatan	18480	m <sup>3</sup>	83,618.00	1,545,260,640.00
1.2	Urugan Tanah Pilihan		m <sup>3</sup>		
<b>II</b>	<b>Pekerjaan Pemancangan Pile</b>				
1	Pemancangan Minipile 30 cm x 30 cm	840.00	BUAH	1,260,000.00	1,058,400,000.00
2	Pemotongan Kepala Tiang	840.00	Bh	75,200.00	63,168,000.00
<b>III</b>	<b>Pekerjaan Pengecoran</b>				
1	Pembuatan Box Culvert 4m x 4m	700.00	m	2,088,303.27	1,461,812,285.85
2	Pengecoran Capping	28.00	m <sup>3</sup>	574,630.00	16,089,640.00
3	Pengecoran Levelling Pad	49.28	m <sup>3</sup>	574,630.00	28,317,766.40
<b>IV</b>	<b>Pekerjaan Perkuatan Tanah</b>				
1	Pemasangan Multi block	1,680	m <sup>2</sup>	226,323.25	380,223,060
2	Pemasangan Geogrid	28,000	m <sup>2</sup>	11,459.86	320,876,094
				Total	4,874,147,486.25
				PPn 10%	487,414,748.63
				<b>Grand Total</b>	<b>5,361,562,234.88</b>

(Sumber : Analisa Penulis)

Dari hasil analisa masing-masing harga satuan jenis pekerjaan dimasukkan ke daftar perkiraan biaya diatas didapat bahwa biaya keseluruhan proyek pembangunan perkuatan tanah dengan alternative kombinasi Sheet Pile - Geotextile didapatkan **Rp. 5.361.562.234,88** yang terdiri dari jenis Pekerjaan Tanah, pemancangan minipile, pengecoran box culvert dan perkuatan tanah.

## BAB V

### REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN

Dalam bab ini disajikan tabel-tabel dan gambar rencana hasil analisa dan perhitungan yang telah dilakukan pada bab sebelumnya.

#### 5.1. Kombinasi Sheet Pile - Geotextile ( Alternatif 1 )

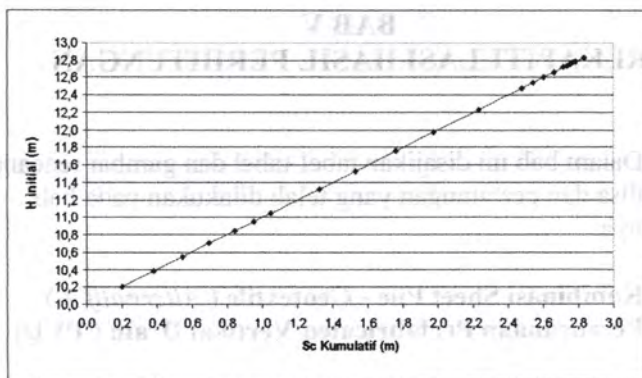
##### 5.1.1 Perencanaan Prefabricated Vertikal Drain ( PVD )

Tabel 5.1. Perhitungan Settlement untuk Beban ( $q = 19 \text{ t/m}^2 + \text{lalu lintas}$ )

No.	Tebal Lapisan H (m)	z-H <sub>0</sub> (m)	e <sub>0</sub>	C <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	$\rho_c$ (t/m <sup>3</sup> )	$\rho_o$ (t/m <sup>3</sup> )	I <sub>b</sub>	I <sub>r</sub>	$\Sigma \Delta p$ (t/m <sup>2</sup> )	$\Sigma \Delta p + p_0$ (t/m <sup>2</sup> )	S <sub>c</sub> (m)	S <sub>c</sub> (m) Cum.
1	1	0,5	2,40	0,07	0,66	1,467	2,2335	0,2335	1,000	0,247	19,296	19,530	0,203	0,203
2	1	1,5	2,40	0,07	0,66	1,467	2,7005	0,7005	1,000	0,242	19,290	19,991	0,181	0,384
3	1	2,5	2,40	0,07	0,66	1,467	3,1675	1,1675	1,000	0,235	19,282	20,450	0,166	0,550
4	1	3,5	2,40	0,07	0,66	1,467	3,6345	1,6345	1,000	0,227	19,272	20,907	0,155	0,705
5	1	4,5	2,40	0,07	0,66	1,467	4,1015	2,1015	1,000	0,219	19,263	21,364	0,145	0,850
6	1	5,5	2,25	0,06	0,50	1,496	4,7280	2,7280	1,000	0,210	19,252	21,980	0,107	0,957
7	1	6,5	2,25	0,06	0,50	1,496	5,2240	3,2240	1,000	0,200	19,240	22,464	0,101	1,058
8	1	7,5	2,19	0,07	1,14	1,509	5,8175	3,8175	1,000	0,184	19,221	23,038	0,279	1,337
9	1	8,5	2,19	0,07	1,14	1,509	6,3265	4,3265	0,980	0,172	18,826	23,153	0,205	1,542
10	1	9,5	2,09	0,11	1,29	1,512	6,8640	4,8640	0,975	0,166	18,724	23,588	0,229	1,771
11	1	10,5	2,09	0,11	1,29	1,512	7,3760	5,3760	0,965	0,157	18,523	23,899	0,218	1,989
12	1	11,5	2,09	0,11	1,29	1,512	7,8880	5,8880	0,960	0,152	18,422	24,310	0,262	2,251
13	1	12,5	2,09	0,11	1,29	1,512	8,4000	6,4000	0,956	0,142	18,334	24,734	0,249	2,500
14	1	13,5	1,26	0,04	0,32	1,699	11,4365	9,4365	0,940	0,135	18,022	27,459	0,067	2,567
15	1	14,5	1,26	0,04	0,32	1,699	12,1355	10,1355	0,936	0,130	17,940	28,076	0,064	2,631
16	1	15,5	1,26	0,04	0,32	1,699	12,8345	10,8345	0,920	0,125	17,830	28,465	0,061	2,692
17	1	16,5	1,26	0,04	0,32	1,699	13,5335	11,5335	0,909	0,116	17,410	28,944	0,058	2,750
18	1	17,5	1,14	0,01	0,11	1,757	15,2475	13,2475	0,891	0,108	17,059	30,306	0,019	2,769
19	1	18,5	1,14	0,01	0,11	1,757	16,0045	14,0045	0,886	0,106	16,961	30,966	0,018	2,787
20	1	19,5	1,14	0,01	0,11	1,757	16,7615	14,7615	0,855	0,103	16,369	31,130	0,017	2,804
21	1	20,5	1,14	0,01	0,11	1,757	17,5185	15,5185	0,846	0,099	16,193	31,711	0,016	2,820
22	1	21,5	1,210	0,050	0,330	1,737	17,9455	15,9455	0,834	0,096	15,961	31,807	0,046	2,866

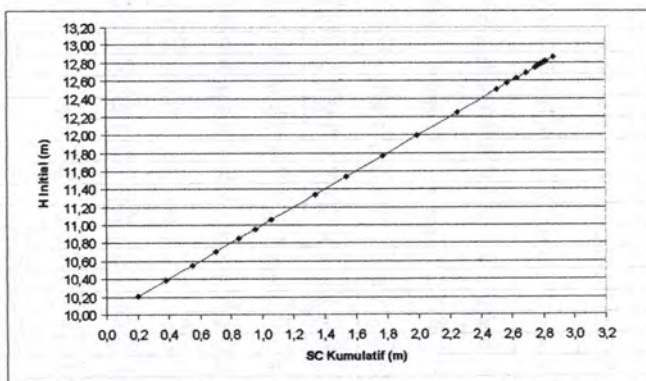
Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)





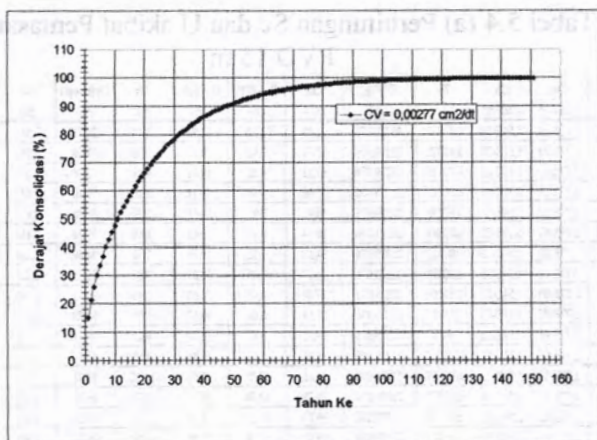
Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Gambar 5.1 (a) Grafik Hubungan antara H initial dan Settlement Lapisan Terkonsolidasi Seluruhnya ( Akibat q Timbunan )



Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Gambar 5.1 (b) Grafik Hubungan antara H initial dan Settlement Lapisan Terkonsolidasi Seluruhnya ( Akibat q Timbunan dan Lalu lintas )



Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Gambar 5.2 Grafik Hubungan antara Derajat Konsolidasi dengan Waktu Konsolidasi Tanpa PVD

Tabel 5.3 Kedalaman PVD yang dipakai sesuai dengan Kedalaman  $> \frac{2}{3} S_c$

H initial (m)	H final (m)	$S_c$ kumulatif (m)	$\frac{2}{3} S_c$ total (m)	Kedalaman untuk mencapai $\frac{2}{3} S_c$ total
11,542	10	1,542	1,911	9
11,771	10	1,771	1,911	10
11,989	10	1,989	1,911	11
12,251	10	2,251	1,911	12
12,567	10	2,567	1,911	14
12,769	10	2,769	1,911	18
12,866	10	2,866	1,911	22

Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)



Tabel 5.4 (a) Perhitungan Sc dan U akibat Pemasangan PVD 15 m

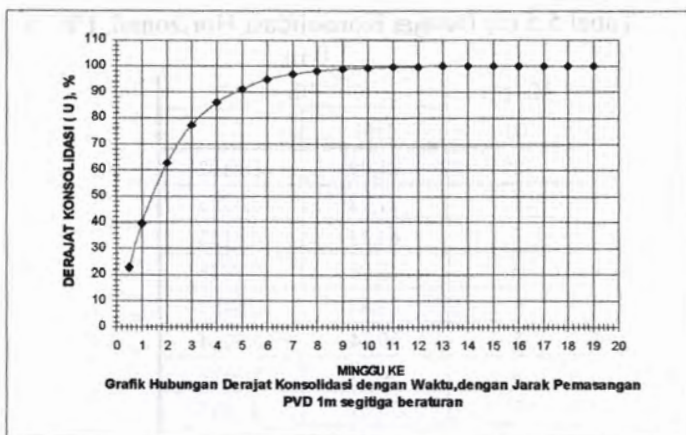
Minggu ke	Cv (cm <sup>2</sup> /dt)	Ch (cm <sup>2</sup> /dt)	Tr	D <sup>2</sup> F <sub>0</sub> (cm <sup>2</sup> )	U <sub>b</sub> (%)	U < 60% (%)	U > 60% (%)	U <sub>v</sub> (%)	Urata-rata (%)	Sc (m)
0,5	2,77E-03	5,54E-03	0,0035	22279,076	21,09	2,11	18,99	2,11	22,75	0,945
1	2,77E-03	5,54E-03	0,0070	22279,076	37,73	2,98	19,06	2,98	35,59	0,948
2	2,77E-03	5,54E-03	0,0139	22279,076	61,23	4,21	19,20	4,21	62,86	1,506
3	2,77E-03	5,54E-03	0,0209	22279,076	75,86	5,16	19,34	5,16	77,10	1,847
4	2,77E-03	5,54E-03	0,0279	22279,076	84,97	5,96	19,48	5,96	85,86	2,056
5	2,77E-03	5,54E-03	0,0349	22279,076	96,64	6,66	19,62	6,66	91,26	2,186
6	2,77E-03	5,54E-03	0,0418	22279,076	94,17	7,30	19,76	7,30	94,60	2,266
7	2,77E-03	5,54E-03	0,0488	22279,076	96,37	7,80	19,89	7,80	96,66	2,315
8	2,77E-03	5,54E-03	0,0558	22279,076	97,74	8,43	20,03	8,43	97,93	2,345
9	2,77E-03	5,54E-03	0,0628	22279,076	98,59	8,94	20,17	8,94	98,72	2,364
10	2,77E-03	5,54E-03	0,0697	22279,076	98,12	9,42	20,31	9,42	99,21	2,376
11	2,77E-03	5,54E-03	0,0767	22279,076	99,45	9,80	20,44	9,80	99,51	2,383
12	2,77E-03	5,54E-03	0,0837	22279,076	99,66	10,32	20,58	10,32	99,70	2,388
13	2,77E-03	5,54E-03	0,0907	22279,076	99,79	10,74	20,72	10,74	99,81	2,390
14	2,77E-03	5,54E-03	0,0976	22279,076	99,87	11,15	20,85	11,15	99,88	2,392
15	2,77E-03	5,54E-03	0,1046	22279,076	99,92	11,54	20,99	11,54	99,93	2,393
16	2,77E-03	5,54E-03	0,1116	22279,076	99,95	11,92	21,13	11,92	99,96	2,394
17	2,77E-03	5,54E-03	0,1185	22279,076	99,97	12,29	21,26	12,29	99,97	2,394
18	2,77E-03	5,54E-03	0,1255	22279,076	99,98	12,64	21,40	12,64	99,98	2,395
19	2,77E-03	5,54E-03	0,1325	22279,076	99,99	12,99	21,53	12,99	99,99	2,395

Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Tabel 5.4 (b) Perhitungan Sc dan U lapisan tanah dibawah PVD

Tahun ke	Cv (cm <sup>2</sup> /dt)	Tv	U < 60% (%)	U > 60% (%)	U <sub>v</sub> (%)	Sc (m)
1	2,77E-03	0,20676	51,31	51,33	51,31	0,2412
2	2,77E-03	0,41351	72,56	70,78	70,78	0,3327
3	2,77E-03	0,62027	88,87	82,46	82,46	0,3876
4	2,77E-03	0,82703	102,62	89,47	89,47	0,4206
5	2,77E-03	1,03378	114,73	93,68	93,68	0,4404
6	2,77E-03	1,24054	125,68	96,20	96,20	0,4523
7	2,77E-03	1,44730	135,75	97,72	97,72	0,4594
8	2,77E-03	1,65405	145,12	98,63	98,63	0,4637
9	2,77E-03	1,86081	153,92	99,18	99,18	0,4662
10	2,77E-03	2,06757	162,25	99,51	99,51	0,4678
11	2,77E-03	2,27432	170,17	99,70	99,70	0,4687
12	2,77E-03	2,48108	177,74	99,82	99,82	0,4693
13	2,77E-03	2,68784	184,99	99,89	99,89	0,4696
14	2,77E-03	2,89459	191,98	99,94	99,94	0,4698
15	2,77E-03	3,10135	198,71	99,96	99,96	0,4699
16	2,77E-03	3,30811	205,23	99,98	99,98	0,4700
17	2,77E-03	3,51486	211,55	99,99	99,99	0,4700
18	2,77E-03	3,72162	217,68	99,99	99,99	0,4701

Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)



Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Gambar 5.3 (a) Grafik antara Waktu dan U akibat pemasangan PVD 15 m



Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Gambar 5.3 (b) Grafik antara Sc dan U akibat pemasangan PVD 15 m



Tabel 5.5 (a) Derajat Konsolidasi Horizontal,  $U_h$ ,  $S = 1.0$  m

Minggu (t)	U <sub>h</sub>	
	(%)	
0,5	21,09	0,2109
1	37,73	0,3773
2	61,23	0,6123
3	75,86	0,7586
4	84,97	0,8497
5	90,64	0,9064
6	94,17	0,9417
7	96,37	0,9637
8	97,74	0,9774
9	98,59	0,9859
10	99,12	0,9912
11	99,45	0,9945
12	99,66	0,9966
13	99,79	0,9979
14	99,87	0,9987
15	99,92	0,9992
16	99,95	0,9995
17	99,97	0,9997
18	99,98	0,9998
19	99,99	0,9999

Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Tabel 5.5 (b) Derajat Konsolidasi Horizontal,  $U_h$ ,  
dengan Variasi S

Minggu	$U_{rata-rata}$ (%)							
	S=0.6 m	S=0.8 m	S=1.0 m	S=1.25 m	S=1.5 m	S=1.75 m	S=2.0 m	S=2.5 m
0,5	78,69	53,76	37,33	25,57	19,02	15,12	12,64	9,85
1	95,31	77,90	59,42	42,75	32,23	25,55	21,15	16,02
2	99,77	94,89	82,75	65,68	51,90	41,94	34,87	26,13
3	99,99	98,81	92,61	79,26	65,60	54,38	45,81	34,53
4	100,00	99,72	96,82	87,42	75,31	64,02	54,73	41,75
5	100,00	99,93	98,63	92,35	82,23	71,55	62,09	48,05
6	100,00	99,98	99,41	95,34	87,19	77,47	68,20	53,59
7	100,00	100,00	99,74	97,16	90,75	82,13	73,29	58,48
8	100,00	100,00	99,89	98,27	93,32	85,81	77,54	62,82
9	100,00	100,00	99,95	98,94	95,17	88,73	81,10	66,69
10	100,00	100,00	99,98	99,35	96,50	91,04	84,09	70,12
11	100,00	100,00	99,99	99,60	97,47	92,87	86,60	73,19
12	100,00	100,00	100,00	99,76	98,17	94,33	88,70	75,94
13	100,00	100,00	100,00	99,85	98,67	95,48	90,47	78,39
14	100,00	100,00	100,00	99,91	99,04	96,40	91,96	80,59
15	100,00	100,00	100,00	99,94	99,30	97,13	93,22	82,55
16	100,00	100,00	100,00	99,97	99,49	97,72	94,28	84,32
17	100,00	100,00	100,00	99,98	99,63	98,18	95,17	85,90
18	100,00	100,00	100,00	99,99	99,73	98,55	95,92	87,32
19	100,00	100,00	100,00	99,99	99,81	98,84	96,56	88,59
20	100,00	100,00	100,00	100,00	99,86	99,08	97,09	89,74
21	100,00	100,00	100,00	100,00	99,90	99,26	97,54	90,77
22	100,00	100,00	100,00	100,00	99,93	99,41	97,92	91,69
23	100,00	100,00	100,00	100,00	99,95	99,53	98,24	92,52
24	100,00	100,00	100,00	100,00	99,96	99,63	98,52	93,27

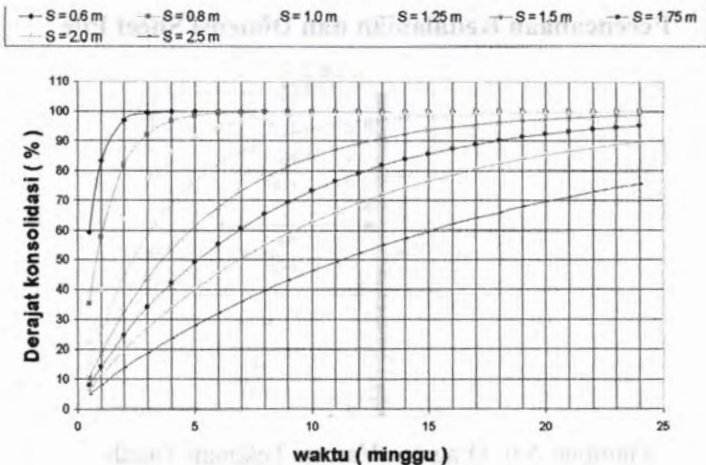
Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)



Tabel 5.7 Derajat Konsolidasi Rata-rata akibat PVD

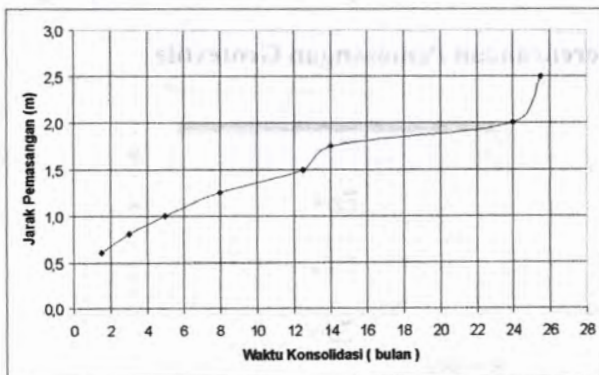
Minggu	Jarak PVD ( dalam m )							
	S=0.6 m	S=0.8 m	S=1.0 m	S=1.25 m	S=1.5 m	S=1.75 m	S=2.0 m	S=2.5 m
0,5	59,25	35,39	22,75	14,61	10,34	7,87	6,34	4,63
1	83,19	57,73	40,23	26,18	18,60	14,06	11,18	7,92
2	97,12	81,82	63,43	44,55	32,58	24,85	19,73	13,72
3	99,51	92,16	77,54	58,22	44,00	34,10	27,24	18,92
4	99,92	96,61	86,17	68,48	53,41	42,12	33,95	23,69
5	99,99	98,54	91,48	76,20	61,21	49,11	39,99	28,12
6	100,00	99,37	94,74	82,01	67,68	55,24	45,44	32,24
7	100,00	99,73	96,76	86,40	73,05	60,60	50,36	36,10
8	100,00	99,88	98,00	89,71	77,53	65,31	54,83	39,71
9	100,00	99,95	98,76	92,22	81,25	69,44	58,88	43,10
10	100,00	99,98	99,24	94,11	84,35	73,08	62,56	46,28
11	100,00	99,99	99,53	95,54	86,94	76,28	65,90	49,27
12	100,00	100,00	99,71	96,62	89,10	79,09	68,93	52,09
13	100,00	100,00	99,82	97,44	90,90	81,57	71,69	54,74
14	100,00	100,00	99,89	98,06	92,40	83,75	74,20	57,24
15	100,00	100,00	99,93	98,53	93,65	85,67	76,49	59,60
16	100,00	100,00	99,96	98,89	94,69	87,36	78,57	61,82
17	100,00	100,00	99,97	99,16	95,57	88,85	80,46	63,91
18	100,00	100,00	99,98	99,36	96,30	90,16	82,19	65,89
19	100,00	100,00	99,99	99,52	96,90	91,32	83,76	67,75
20	100,00	100,00	100,00	99,63	97,41	92,34	85,19	69,51
21	100,00	100,00	100,00	99,72	97,84	93,24	86,49	71,18
22	100,00	100,00	100,00	99,79	98,19	94,04	87,68	72,74
23	100,00	100,00	100,00	99,84	98,49	94,74	88,76	74,23
24	100,00	100,00	100,00	99,88	98,74	95,36	89,75	75,63
T 90%	waktu yang dibutuhkan untuk mencapai T90% ( dalam Minggu)							
	6,0	12	20	32	50	56	96	102

Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)



Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

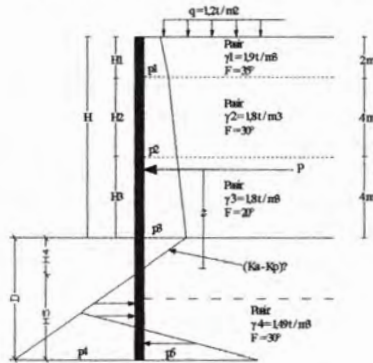
Gambar 5.4. Grafik Hubungan Derajat Konsolidasi Rata-rata dengan Waktu Konsolidasi



Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Gambar 5.5. Grafik Hubungan Waktu Konsolidasi dengan Jarak Pemasangan PVD dengan Pola Segitiga

### 5.1.2 Perencanaan Kedalaman dan Dimensi Sheet Pile



Gambar 5.6 Diagram Variasi Tekanan Tanah

Kedalaman total penetrasi sheet pile adalah:

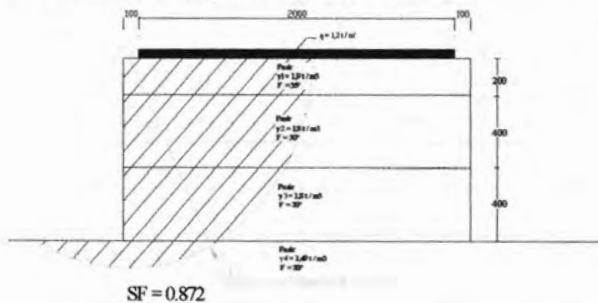
$$\text{Teori} = H_4 + H_5 = 0,6 + 6,27 = 6,87 \text{ m}$$

$$\text{Desain} = 1,2 (H_4 + H_5) = 1,2 \cdot 6,87 = 8,244 \text{ m}$$

$$\text{Panjang total sheet pile} = 10 \text{ m} + 8,244 \text{ m} = 18,244 \text{ m}$$

Sheet Pile Beton PT.WIKA tipe W 600 A 1000 panjang 19 m

### 5.1.3 Perencanaan Pemasangan Geotextile



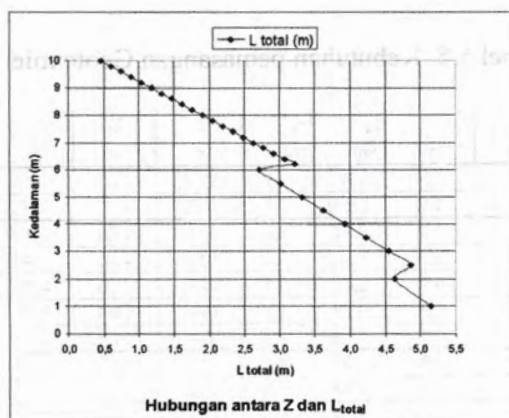
Sumber : (Hasil Analisa dan Perhitungan)

Gambar 5.7 Bidang kelongsoran yang terjadi untuk timbunan bentang 22 m dan tinggi 10 m

Tabel 5.8 Kebutuhan pemasangan Geotextile

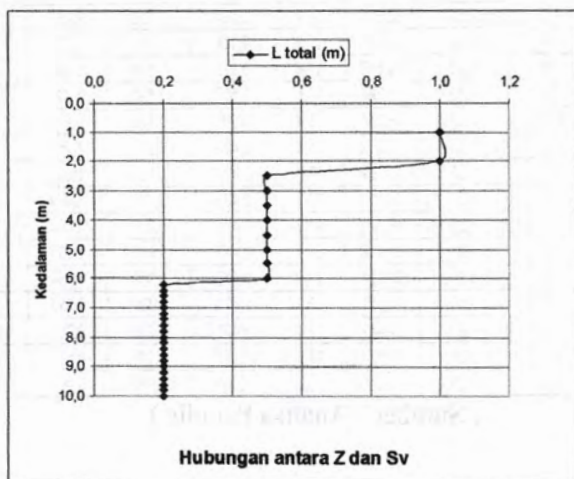
Layer no.	Z (m)	Sv (m)	$\sigma_a$ (ton)	$\sigma_v$ (ton)	$L_e$ (m)	$L_R$ (m)	$L_{total}$ (m)	$L_{pakai}$ (m)
30	1,0	1,00	0,8402	3,1	0,472	4,688	5,159	8,00
29	2,0	1,00	1,3552	5,0	0,472	4,167	4,638	8,00
28	2,5	0,50	3,068	6,0	0,531	4,330	4,861	8,00
27	3,0	0,50	3,347	6,9	0,500	4,042	4,541	8,00
26	3,5	0,50	3,627	7,9	0,476	3,753	4,229	8,00
25	4,0	0,50	3,906	8,8	0,457	3,464	3,921	8,00
24	4,5	0,50	4,186	9,8	0,442	3,176	3,618	8,00
23	5,0	0,50	4,465	10,7	0,430	2,887	3,317	8,00
22	5,5	0,50	4,745	11,7	0,420	2,598	3,018	8,00
21	6,0	0,50	5,024	12,6	0,411	2,309	2,720	8,00
20	6,2	0,20	11,448	13,0	0,558	2,657	3,216	22,00
19	6,4	0,20	11,625	13,4	0,551	2,517	3,068	22,00
18	6,6	0,20	11,801	13,7	0,544	2,378	2,921	22,00
17	6,8	0,20	11,978	14,1	0,537	2,238	2,775	22,00
16	7,0	0,20	12,154	14,5	0,531	2,098	2,628	22,00
15	7,2	0,20	12,330	14,9	0,524	1,958	2,483	22,00
14	7,4	0,20	12,507	15,3	0,519	1,818	2,337	22,00
13	7,6	0,20	12,683	15,6	0,513	1,678	2,192	22,00
12	7,8	0,20	12,860	16,0	0,508	1,538	2,047	22,00
11	8,0	0,20	13,036	16,4	0,503	1,399	1,902	22,00
10	8,2	0,20	13,212	16,8	0,498	1,259	1,757	22,00
9	8,4	0,20	13,389	17,2	0,494	1,119	1,613	22,00
8	8,6	0,20	13,565	17,5	0,489	0,979	1,469	22,00
7	8,8	0,20	13,742	17,9	0,485	0,839	1,324	22,00
6	9,0	0,20	13,918	18,3	0,481	0,699	1,181	22,00
5	9,2	0,20	14,094	18,7	0,478	0,559	1,037	22,00
4	9,4	0,20	14,271	19,1	0,474	0,420	0,893	22,00
3	9,6	0,20	14,447	19,4	0,470	0,280	0,750	22,00
2	9,8	0,20	14,624	19,8	0,467	0,140	0,607	22,00
1	10,0	0,20	14,800	20,2	0,464	0,000	0,464	22,00

( Sumber : Analisa Penulis )



( Sumber : Analisa Penulis )

Gambar 5.8 Grafik Hubungan Antara Kedalaman tanah dan panjang geotextile



( Sumber : Analisa Penulis )

Gambar 5.9 Grafik Hubungan Antara Kedalaman tanah dan jarak vertikal geotextile



## 5.2 Perencanaan Kombinasi Geogrid – Box Culvert

### 5.2.1 Perencanaan Geogrid

Tabel 5.9 Spesifikasi Geogrid

Tipe Geogrid	$\gamma_m$	$\sigma_{ult}$	FS	$\sigma_{ijin}$
		t/m		t/m
SR 80	1,2	3,25	1,35	2,01
SR 110	1,1	4,5	1,35	3,03

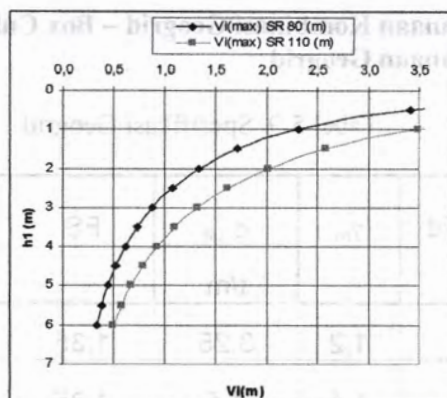
(Sumber : Ir. Indrasurya B.M, Teknologi Perbaikan Tanah, 2000)

Tabel 5.10 Jarak Pemasangan Geogrid berdasarkan Tipe Geogrid

h1	$V_i(\max)$ SR 80	$V_i(\max)$ SR 110
(m)	(m)	(m)
0	6,18	9,32
0,5	3,42	5,15
1,0	2,32	3,49
1,5	1,72	2,59
2,0	1,34	2,02
2,5	1,07	1,62
3,0	0,88	1,33
3,5	0,73	1,10
4,0	0,61	0,93
4,5	0,52	0,79
5,0	0,45	0,67
5,5	0,38	0,58
6,0	0,33	0,50

(Sumber : Analisa Penulis)





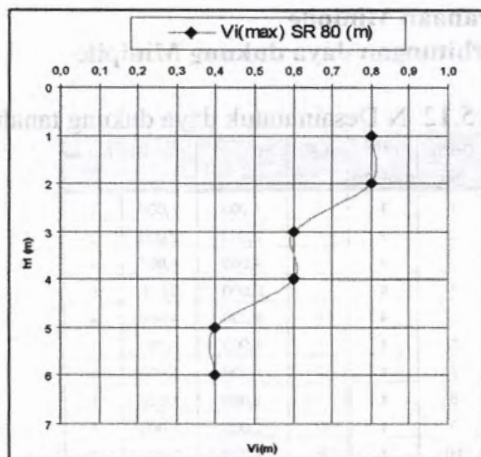
(Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 5.10 Grafik hubungan antara ketinggian timbunan dan jarak pemasangan geogrid tipe SR 80 dan SR 110

Tabel 5.11 Jarak vertikal Geogrid terpasang

z	Vi	Vi terpasang
(m)	(m)	(m)
1	2,32	0,8
2	1,34	0,8
3	0,88	0,6
4	0,61	0,6
5	0,45	0,4
6	0,33	0,4

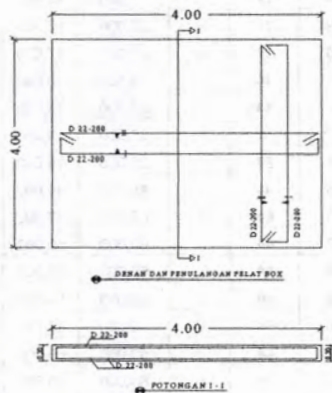
( Sumber : Analisa Penulis )



(Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 5.11 Grafik hubungan antara ketinggian timbunan dan jarak geogrid terpasang

## 5.2.2 Perencanaan Box culvert



Gambar 5.12. Gambar Penulangan Plat Box Culvert.

Sumber : Hasil Analisa dan Perhitungan

## 5.2.3 Perencanaan Minipile

### 5.2.3.1 Perhitungan daya dukung Minipile

Tabel 5.12 N Desain untuk daya dukung tanah

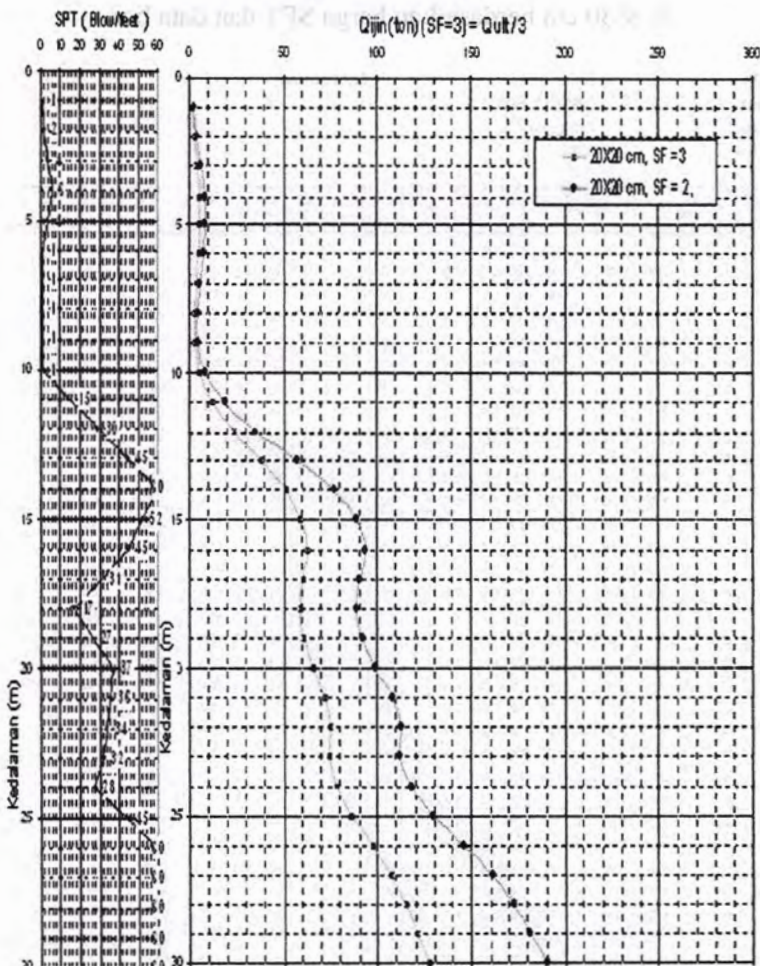
Depth (m)	N (kilonew/ft)	L/P	N <sub>15</sub> (kilonew/ft) 15+	N <sub>15</sub> (kilonew/ft) D.S.N	N <sub>15</sub> (kilonew/ft)
1	1	P	1,000	1,000	1
2	2	P	2,000	2,000	2
3	4	P	4,000	4,000	4
4	6	P	6,000	6,000	6
5	4	P	4,000	4,000	4
6	1	P	1,000	1,000	1
7	1	P	1,000	1,000	1
8	1	P	1,000	1,000	1
9	1	P	1,000	1,000	1
10	1	P	1,000	1,000	1
11	15	L	15,000	15,000	15
12	30	L	30,000	30,000	30
13	45	L	45,000	45,000	45
14	60	L	60,000	60,000	60
15	52	L	52,000	52,000	52
16	45	L	45,000	45,000	45
17	31	L	31,000	31,000	31
18	17	L	17,000	17,000	17
19	27	L	27,000	27,000	27
20	37	L	37,000	37,000	37
21	36	L	36,000	36,000	36
22	34	L	34,000	34,000	34
23	32	P	23,500	19,200	19,2
24	28	L	28,000	28,000	28
25	45	L	45,000	45,000	45
26	60	L	60,000	60,000	60
27	60	L	60,000	60,000	60
28	60	L	60,000	60,000	60
29	60	L	60,000	60,000	60
30	60	L	60,000	60,000	60
31	60	L	60,000	60,000	60
32	60	L	60,000	60,000	60
33	60	L	60,000	60,000	60
34	60	L	60,000	60,000	60

( Sumber : Analisa Penulis )

Tabel 5.12 Perhitungan Daya dukung ijin ( axial-Tekan) minipile 30 x 30 cm berdasarkan harga SPT dan data bor

Bor No.	BH-7		Depth Increment : 1,0 m																
Project	OVERPASS - MAYANGAN																		
Location	PROBOLINGGO																		
Pile Dim.	30 x 30 cm																		
Depth (m)	N (blow/ft)	LP	Q <sub>tip</sub> (kg)	Q <sub>tip</sub> (kg)	N <sub>45</sub> (blow)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	σ <sub>v</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	z <sub>1</sub> (m)	N <sub>60</sub> (blow)	z <sub>2</sub> (m)	N <sub>60</sub> (blow)	Q <sub>tip</sub> (kg)	Q <sub>tip</sub> (kg)	Q <sub>tip</sub> (kg)	Σ Q <sub>tip</sub> (kg)	Q <sub>tip</sub> (kg)	Q <sub>tip</sub> (kg)	Q <sub>tip</sub> (kg)	
1	1	P	1,000	1,000	1	1,469	0,489	0,489	3,945	2	2,00	3,00	10,00	0,40	0,40	0,40	11,20	3,76	5,64
2	2	P	2,000	2,000	2	1,469	0,489	0,578	5,750	4	4,00	4,67	15,00	0,60	0,60	1,44	16,24	6,40	9,12
3	4	P	4,000	4,000	4	1,469	0,489	1,498	16,061	8	8,00	9,50	23,40	1,60	1,60	3,36	26,76	13,12	13,38
4	6	P	6,000	6,000	6	1,469	0,489	1,957	13,462	12	12,00	9,00	28,80	2,40	2,88	6,24	35,04	19,68	17,52
5	4	P	4,000	4,000	4	1,469	0,489	2,446	9,967	8	8,00	7,65	26,05	1,60	1,92	8,16	35,21	19,67	17,51
6	1	P	1,000	1,000	1	1,469	0,489	2,935	1,940	2	1,84	5,68	21,37	0,37	0,44	0,60	26,78	3,51	14,89
7	1	P	1,000	1,000	1	1,469	0,489	3,425	1,988	2	1,68	3,27	11,79	0,24	0,41	0,61	26,78	6,93	16,28
8	1	P	1,000	1,000	1	1,502	0,502	3,526	1,556	2	1,56	1,63	5,67	0,21	0,37	0,30	15,25	5,48	7,85
9	1	P	1,000	1,000	1	1,502	0,502	4,426	1,443	2	1,44	1,51	5,43	0,28	0,35	0,73	15,15	5,85	7,58
10	1	P	1,000	1,000	1	1,521	0,521	5,248	1,343	2	1,34	5,73	20,85	0,37	0,32	10,05	30,30	10,30	15,45
11	15	L	15,000	15,000	15	1,521	0,521	6,401	0,801	30	19,00	51,25	8,41	11,25	21,24	72,59	24,79	36,29	
12	30	L	30,000	30,000	30	1,521	0,521	6,991	35,372	30	35,30	84,09	10,62	21,20	42,54	137,43	45,81	66,71	
13	45	L	45,000	45,000	45	1,521	0,521	6,612	45,354	30	40,10	150,32	20,97	26,96	72,90	222,83	74,28	115,41	
14	60	L	60,000	60,000	60	1,521	0,521	7,030	62,840	120	62,84	130,12	31,47	37,76	110,28	290,39	96,88	145,19	
15	82	L	82,000	82,000	82	1,521	0,521	7,554	91,830	104	51,83	180,25	25,96	31,16	141,42	329,67	109,89	164,64	
16	45	L	45,000	45,000	45	1,521	0,521	8,075	44,362	30	44,36	170,46	22,48	26,82	160,04	338,50	113,33	169,25	
17	31	L	31,000	31,000	31	1,521	0,521	8,596	36,173	82	53,17	126,44	15,09	16,16	186,14	314,59	104,86	157,29	
18	17	L	17,000	17,000	17	1,748	0,748	9,244	16,251	34	16,25	194,82	8,13	9,75	195,89	300,42	100,44	150,21	
19	27	L	27,000	27,000	27	1,748	0,748	10,089	25,357	54	25,36	95,34	12,68	15,21	211,11	306,45	102,15	153,22	
20	37	L	37,000	37,000	37	1,748	0,748	10,836	34,149	74	34,15	97,50	17,07	20,48	239,68	329,19	108,73	164,59	
21	36	L	36,000	36,000	36	1,748	0,748	11,587	32,863	72	32,86	116,26	16,33	19,90	251,20	361,46	126,48	180,73	
22	34	L	34,000	34,000	34	1,738	0,738	12,334	36,341	96	39,34	102,81	15,17	18,26	268,40	372,81	124,09	186,09	
23	32	P	23,500	19,200	19,2	1,738	0,738	13,082	16,858	38,4	16,86	26,31	93,85	3,37	4,05	273,45	367,89	122,34	183,25
24	28	L	28,000	28,000	28	1,738	0,738	13,796	24,159	56	24,19	99,09	12,10	14,91	287,96	386,66	128,80	193,23	
25	45	L	45,000	45,000	45	1,738	0,738	14,537	36,269	36	36,27	116,90	19,13	22,36	310,82	437,52	148,54	213,26	
26	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	15,274	50,238	120	50,24	46,54	145,95	25,12	30,14	341,06	487,81	162,34	243,51
27	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	15,972	46,472	120	46,47	46,56	180,04	24,74	29,96	370,75	538,79	178,59	269,29
28	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	16,730	46,271	120	46,27	49,11	178,31	24,37	29,24	399,99	576,79	192,26	288,40
29	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	17,487	48,012	120	48,01	48,36	174,16	24,01	28,81	428,79	602,97	206,99	301,48
30	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	18,225	47,214	120	47,21	47,97	171,92	23,86	28,16	457,18	628,81	209,68	314,40
31	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	19,982	46,835	120	46,84	48,96	189,15	23,32	27,96	485,16	654,21	218,88	327,15
32	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	19,736	45,977	120	45,98	48,30	186,74	22,89	27,56	512,75	679,49	226,58	339,74
33	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	20,437	45,337	120	45,34	45,37	194,40	22,67	27,26	539,85	704,25	234,78	352,17
34	60	L	60,000	60,000	60	1,738	0,738	21,135	44,714	120	44,71	45,34	192,27	22,36	26,83	566,78	730,01	243,34	365,01





(Sumber : Analisa Penulis)

Gambar 5.13 Grafik Daya dukung ijin ( axial-Tekan) tiang tunggal minipile 30 x 30 cm berdasarkan harga SPT dan data bor



### 5.2.3.2 Penulangan Minipile

Tabel 5.13 Joint Reaction ( SAP 2000 ) untuk minipile 30 x 30 cm

TABLE: Joint Reactions								
Joint	OutputCase	CaseType	U1	U2	U3	R1	R2	R3
Text	Text	Text	Ton	Ton	Ton	Ton-m	Ton-m	Ton-m
84	DEAD	LinStatic	-0,0395	2,722E-14	32,0175	-5,853E-14	0,07456	5,657E-16
84	DCON2	Combination	-0,074	5,755E-14	62,7178	-1,179E-13	0,15172	1,092E-15
86	DEAD	LinStatic	0,0473	1,242E-14	56,602	-4,282E-14	0,04221	6,374E-16
86	DCON2	Combination	0,0888	2,677E-14	114,332	-8,688E-14	0,08662	1,277E-15
88	DEAD	LinStatic	0,0419	1,92E-14	57,0528	-2,066E-14	0,01455	1,162E-15
88	DCON2	Combination	0,0875	3,9E-14	115,2913	-4,227E-14	0,02996	2,333E-15
90	DEAD	LinStatic	-0,0419	8,063E-15	57,0528	5,633E-15	-0,01455	8,702E-16
90	DCON2	Combination	-0,0875	1,646E-14	115,2913	1,041E-14	-0,02996	1,743E-15
92	DEAD	LinStatic	-0,0473	2,347E-14	56,602	2,569E-14	-0,04221	9,049E-16
92	DCON2	Combination	-0,0888	4,8E-14	114,332	5,052E-14	-0,08662	1,812E-15
94	DEAD	LinStatic	0,0395	-1,716E-14	32,0175	6,371E-14	-0,07456	1,891E-15
94	DCON2	Combination	0,074	-3,442E-14	62,7178	1,267E-13	-0,15172	3,786E-15

(Sumber : Analisa Penulis)

dihasilkan kebutuhan diameter tulangan **8 Ø 19**

#### - Perhitungan Tulangan Geser Minipile

$$\begin{aligned}
 Vuk &= \frac{\text{Muk b} + \text{Muk a}}{lk} \\
 &= \frac{43400000}{14000} \times 1 \\
 &= 7233,33 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Direncanakan  $\Phi$  15  
mm

$$\begin{aligned}
 V_s &= \frac{V_{uk}}{0,6} \\
 &= \frac{7233,33}{0,6} \\
 &= 12055,6 \\
 d &= 500-40-19-10 \\
 &= 235 \text{ mm} \\
 S &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} \\
 &= \frac{(2 \times 1/4 \times 3,14 \times 14^2) \times 300 \times 235}{12055,56} \\
 &= 2065,78 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dipasang sengkang  $\Phi$  15- 100

## 5.2.4 Rencana Anggaran Biaya

Tabel 5.14 Analisa Harga Satuan untuk Kombinasi Geotextile \_-Sheet Pile

No	Uraian	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A</b> <b>Persiapan Sirtu dengan pemadatan menggunakan alat berat (m3)</b>					
1	Mandor	0,0210	O.H	50.000,00	1.050,00
2	Pekerja Terampil	0,2570	O.H	22.500,00	5.782,50
3	Tasirtu Sirtu	1,2000	m3	59.175,00	71.010,00
4	Sewa Dump Truck 3,5 T (min 5 jam)	0,0880	jam	31.750,00	2.794,00
5	Sewa Motor Grader 125 - 140 Pk (min 5 jam)	0,0080	jam	154.700,00	1.237,60
6	Sewa Pnematic Tire Roller (min 5 jam)	0,0040	jam	94.725,00	378,90
7	Sewa Truck Tangki Air (min 5 jam)	0,0120	jam	39.650,00	475,80
8	Sewa Vibrator Roller (min 5 jam)	0,0120	jam	9.500,00	114,00
9	Sewa Escavator 6m3	0,0220	jam	74.125,00	1.630,75
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>84.473,55</b>
<b>B</b> <b>Pemancangan Sheet Pile</b>					
1	Mandor	0,125	O.H	50.000,00	6.250,00
2	Sheet Pile (19 m)	1	m	300.000,00	300.000,00
3	Sewa Crane 30 ton - min. 8 jam (termasuk mob/demob, operator, BBM)	0,5	jam	160.000,00	80.000,00
4	Sewa Hammer tiang pancang - min. 8 jam (termasuk mob/demob, operator, BBM)	0,5	jam	160.000,00	80.000,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>466.250,00</b>
<b>C</b> <b>Pekerjaan Perkuatan Tanah</b>					
<b>I</b> <b>Pemasangan Geotextile (M2)</b>					
1	Mandor	0,018	O.H	50.000,00	911,50
2	Pekerja/Buruh Tak Terampil	0,082	O.H	20.000,00	1.640,00
3	Pekerja Terampil	0,018	O.H	22.500,00	411,75
4	Geotextile	1,000	m2	8.250,00	8.250,00
5	Sewa alat bantu (1 set @ 3 alat)	0,039	jam	6.375,00	246,61
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>11.459,86</b>
<b>II</b> <b>Material PVD</b>					
		1,00	m'	3.500,00	3500

(Sumber : Analisa Penulis)

Tabel 5.15 Analisa Harga Total untuk Kombinasi Geotextile \_-Sheet Pile

ANALISA BIAYA UNTUK Kombinasi Sheet Pile - Geotextile					
NO	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	TOTAL (Rp)	
<b>I Pekerjaan Tanah</b>					
1.1	Urugan Tanah dengan Pemadatan	30800	m3	84.473,55	
1.2	Urugan Tanah Pilihan		m3		
<b>II Pekerjaan Pemancangan Pile</b>					
1	Pemancangan Sheet Pile	5340	m'	466.250,00	
<b>III Pekerjaan Perkuatan Tanah</b>					
1	Pemancangan PVD	52.320	m	3.500,00	
2	Pemasangan Geotextile	98.560	m2	11.459,86	
				<b>Total</b>	<b>6.404.164.190,38</b>
				<b>PPn 10%</b>	<b>640.416.419,09</b>
				<b>Grand</b>	<b>7.044.580.609,97</b>

(Sumber : Analisa Penulis)

Tabel 5.16 Analisa Harga Satuan untuk Struktur Geogrid – Box Culvert

No	Urutan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>A Pemasangan Siku dengan pemasangan alat berat (m<sup>3</sup>)</b>					
1	Mandor	0,0219	O.H	50.000,00	1.095,00
2	Pekerja Terampil	0,2579	O.H	22.500,00	5.792,50
3	Tasirlul Siku	1,2000	m <sup>3</sup>	59.175,00	71.010,00
4	Sewa Dump Truck 3,5 T (min 5 jam)	0,0880	jam	31.750,00	2.794,00
5	Sewa Motor Grader 125 - 140 Pk (min 5 jam)	0,0080	jam	154.700,00	1.237,60
6	Sewa Truk Tangki Air (min 5 jam)	0,0120	jam	39.650,00	475,80
7	Sewa Vibrator Roller (min 5 jam)	0,0120	jam	9.500,00	114,00
8	Sewa Escavator 6m <sup>3</sup>	0,0220	jam	74.125,00	1.630,75
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>83.648,00</b>
<b>B Pemasangan Minipile 30 x 30</b>					
1	Mandor	0,125	O.H	50.000,00	6.250,00
2	Minipile 30 cm x 30 cm	1	m	150.000,00	150.000,00
3	Sewa Crane 30 ton - min. 8 jam (termasuk mobil/semob, operator, BEM)	0,5	jam	145.000,00	72.500,00
4	Sewa Hammer tiang pancang - min. 8 jam (termasuk mobil/semob, operator, BEM)	0,5	jam	145.000,00	72.500,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>301.250,00</b>
<b>C Pekerjaan Perawatan Tanah</b>					
<b>I Pemasangan Geogrid (M<sup>2</sup>)</b>					
1	Mandor	0,018	O.H	50.000,00	911,50
2	Pekerja/Plum Tak Terampil	0,002	O.H	20.000,00	1.640,00
3	Pekerja Terampil	0,018	O.H	22.500,00	411,75
4	Geotextile	1,000	m <sup>2</sup>	8.250,00	8.250,00
5	Sewa alat bantu (1 set @ 3 alat)	0,039	jam	6.375,00	246,51
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>11.159,86</b>
<b>II Pemasangan Multiblock (M<sup>2</sup>)</b>					
1	Mandor	0,010	O.H	50.000,00	911,50
2	Pekerja Terampil	0,018	O.H	22.500,00	411,75
3	Multiblock	1,000	m <sup>2</sup>	225.000,00	225.000,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>226.323,25</b>
<b>D Pekerjaan Pemecahan</b>					
<b>I Beton Bertulang 1Pc : 1,5 Ps : 2,5 KR (K350) dengan Pemasangan Besi 100 kg (m<sup>3</sup>)</b>					
1	Pekerjaan Pembeesian pemasangan besi	1,30	kg	6.800,00	888.000,00
2	Arauan untuk Beton Struktur (Bekisting)	1	m <sup>3</sup>	761.767,57	761.767,57
3	Pembongkaran Cetakran dan Penyiraman	1	m <sup>3</sup>	60.000,00	60.000,00
4	Pekerjaan Beton Berstruktur K-350 (1 Pc : 1,5 Ps : 2,5 Kr)	1	m <sup>3</sup>	408.535,70	408.535,70
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>2.086.303,27</b>
<b>II Beton Bertulang 1Pc : 2 Ps : 2,5 KR (K225) dengan Pemasangan Besi 100 kg (m<sup>3</sup>)</b>					
1	Pekerjaan Beton Berstruktur K-225	1	m <sup>3</sup>	369.108,04	369.108,04
2	Pekerjaan Pembeesian Pemasangan Besi	100	kg	6.800,00	680.000,00
3	Arauan untuk Beton Struktur (Bekisting)	1	m <sup>3</sup>	761.767,57	761.767,57
4	Pembongkaran Cetakran dan Penyiraman Beton	1	m <sup>3</sup>	60.000,00	60.000,00
				<b>Nilai HSPK :</b>	<b>1.859.956,41</b>

(Sumber : Analisa Penulis)



Tabel 5.17 Analisa Harga Total untuk Struktur Geogrid - Box Culvert

ANALISA BIAYA UNTUK Kombinasi Struktur Geogrid - Box Culvert					
NO	ITEM PEKERJAAN	VOLUME	SATUAN	UNIT PRICE (Rp)	TOTAL (Rp)
<b>I Pekerjaan Tanah</b>					
1,1	Urugan Tanah dengan Pemasangan	13480	m <sup>3</sup>	83.618,00	1.145.260.640,00
1,2	Urugan Tanah Pilihan		m <sup>3</sup>		
<b>II Pekerjaan Pemancangan Pile</b>					
1	Pemancangan Minipile 30 cm x 30 cm	11.592,00	m'	299.250,00	3.468.906.000,00
2	Pemotongan Kepala Tiang	840,00	Bh	75.200,00	63.168.000,00
<b>III Pekerjaan Penggecoran</b>					
1	Pembuatan Box Culvert 4m x 4m	700,00	m	2.088.303,27	1.461.812.285,85
2	Pengecoran Capping	28,00	m <sup>3</sup>	574.630,00	16.089.640,00
3	Pengecoran Leveling Pad	49,28	m <sup>3</sup>	574.630,00	28.317.766,40
<b>IV Pekerjaan Perkuatan Tanah</b>					
1	Pemasangan Multi blok	1.680	m <sup>2</sup>	226.323,25	380.223.060
2	Pemasangan Geogrid	28.000	m <sup>2</sup>	11.459,86	320.876.094
				<b>Total</b>	<b>7.284.653.486,25</b>
				PPn 10%	728.465.348,63
				<b>Grand Total</b>	<b>8.013.118.834,88</b>

(Sumber : Analisa Penulis)



Tabel 2.17 Analisis Harga Total untuk Struktur Gedung - Box  
 Civi

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Jumlah	Harga Satuan	Jumlah
1	...	...	...	...	...
2	...	...	...	...	...
3	...	...	...	...	...
4	...	...	...	...	...
5	...	...	...	...	...
6	...	...	...	...	...
7	...	...	...	...	...
8	...	...	...	...	...
9	...	...	...	...	...
10	...	...	...	...	...
11	...	...	...	...	...
12	...	...	...	...	...
13	...	...	...	...	...
14	...	...	...	...	...
15	...	...	...	...	...
16	...	...	...	...	...
17	...	...	...	...	...
18	...	...	...	...	...
19	...	...	...	...	...
20	...	...	...	...	...
21	...	...	...	...	...
22	...	...	...	...	...
23	...	...	...	...	...
24	...	...	...	...	...
25	...	...	...	...	...
26	...	...	...	...	...
27	...	...	...	...	...
28	...	...	...	...	...
29	...	...	...	...	...
30	...	...	...	...	...
31	...	...	...	...	...
32	...	...	...	...	...
33	...	...	...	...	...
34	...	...	...	...	...
35	...	...	...	...	...
36	...	...	...	...	...
37	...	...	...	...	...
38	...	...	...	...	...
39	...	...	...	...	...
40	...	...	...	...	...
41	...	...	...	...	...
42	...	...	...	...	...
43	...	...	...	...	...
44	...	...	...	...	...
45	...	...	...	...	...
46	...	...	...	...	...
47	...	...	...	...	...
48	...	...	...	...	...
49	...	...	...	...	...
50	...	...	...	...	...
51	...	...	...	...	...
52	...	...	...	...	...
53	...	...	...	...	...
54	...	...	...	...	...
55	...	...	...	...	...
56	...	...	...	...	...
57	...	...	...	...	...
58	...	...	...	...	...
59	...	...	...	...	...
60	...	...	...	...	...
61	...	...	...	...	...
62	...	...	...	...	...
63	...	...	...	...	...
64	...	...	...	...	...
65	...	...	...	...	...
66	...	...	...	...	...
67	...	...	...	...	...
68	...	...	...	...	...
69	...	...	...	...	...
70	...	...	...	...	...
71	...	...	...	...	...
72	...	...	...	...	...
73	...	...	...	...	...
74	...	...	...	...	...
75	...	...	...	...	...
76	...	...	...	...	...
77	...	...	...	...	...
78	...	...	...	...	...
79	...	...	...	...	...
80	...	...	...	...	...
81	...	...	...	...	...
82	...	...	...	...	...
83	...	...	...	...	...
84	...	...	...	...	...
85	...	...	...	...	...
86	...	...	...	...	...
87	...	...	...	...	...
88	...	...	...	...	...
89	...	...	...	...	...
90	...	...	...	...	...
91	...	...	...	...	...
92	...	...	...	...	...
93	...	...	...	...	...
94	...	...	...	...	...
95	...	...	...	...	...
96	...	...	...	...	...
97	...	...	...	...	...
98	...	...	...	...	...
99	...	...	...	...	...
100	...	...	...	...	...

" Halaman ini sengaja dikosongkan "

(Sumber : Analisis Harga)

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 KESIMPULAN**

Dari perhitungan dan analisa data yang sudah didapat dengan mengacu pada dasar teori maka dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Alternatif 2 ( Kombinasi Geogrid - Box Culvert ) dalam pelaksanaannya membutuhkan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan alternatif 1 ( Sheet Pile-Geotextile).
2. Alternatif 2 ( struktur geogrid – Box Culvert ) lebih mudah dalam pelaksanaannya dilapangan karena lebih sedikit membutuhkan alat berat.
3. Dalam alternatif 2 telah dibuktikan bahwa penggantian material tanah urugan dengan konstruksi box culvert beton efektif karena dapat mengurangi berat dari tanah timbunan.

#### **6.2 SARAN**

Dari perhitungan dan analisa data yang sudah didapat dengan mengacu pada dasar teori analisa perhitungan maka penulis menyarankan bahwa:

1. Mengingat mahalnya anggaran biaya untuk konstruksi tersebut disarankan untuk diperbandingkan dengan perencanaan sistem jembatan dengan konstruksi beton bertulang.

## BAB VI KESTABILAN DAN SARAN

- 6.1 KESTABILAN
- Dari perhitungan dan analisis data yang sudah dibahas dengan mengacu pada dasar teori maka dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:
1. Alternatif 2 ( Kombinasi Geotek - Box Culvert ) dalam pelaksanaan pemertanannya biaya yang lebih murah dibandingkan dengan alternatif 1 ( Sheet Pile - Geotek ).
  2. Alternatif 2 : struktur geotek - Box Culvert 1 lebih mudah dalam pelaksanaannya dibandingkan karena lebih sedikit membutuhkan alat berat.
  3. Dalam alternatif 1 akan dibutuhkan waktu penggantian material tanah untuk dengan konstruksi box culvert beton 60x70 karena dapat memertakan pada saat tanah

**” Halaman ini sengaja dikosongkan ”**

- 6.2 SARAN
- Dari perhitungan dan analisis data yang sudah dibahas dengan mengacu pada dasar teori analisis perhitungan maka penulis menyarankan sebagai berikut:
1. Memerintahkan pelaksanaannya dengan biaya yang ekonomis tersebut di atas dan diusahakan untuk dipertimbangkan dengan cara pemertan sistem pemertan dengan konstruksi beton bertulang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E. 1982. **Foundation Analysis And Design**. Tokyo. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Das, Braja M. 1998. **Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1**. Jakarta. Erlangga.
- Das, Braja M. 1998. **Mekanika Tanah (Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2**. Jakarta. Erlangga.
- Das, Braja M. 1990. **Principles of Foundation Engineering(second edition)**. PWS-KENT Publishing Company. Boston
- Fatena, S. 2002. **Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi**. Jakarta.PT Rineka Cipta.
- Koerner,Robert M. 1997. **Designing With Geosynthetics(fourth edition)**. Prentice Hall. New Jersey
- Mochtar, Indrasurya B. 2000. **Teknologi perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan Pada Tanah Bermasalah**. Surabaya. Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS.
- PT. United Tractors. 1984. **Manajemen Alat-alat Besar**
- Rochmanhadi. 1985. **Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat**. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Rochmanhadi. 1990. **Pemindahan Tanah Mekanis PTM**. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum.
- Rochmanhadi. 1992. **Alat-Alat Berat dan Penggunaannya**. Jakarta. Departemen Pekerjaan Umum Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

# LAMPIRAN



1

**--SLOPE STABILITY ANALYSIS--  
SIMPLIFIED JANBU METHOD OF SLICES  
IRREGULAR FAILURE SURFACES**

**PROBLEM DESCRIPTION** Tugas Akhir AA

**BOUNDARY COORDINATES**

5 TOP BOUNDARIES

8 TOTAL BOUNDARIES

BOUNDARY RIGHT	SOIL TYPE NO.	X-LEFT (FT)	Y-LEFT (FT)	X-RIGHT (FT)	Y- BELOW
BND					

1	.00	10.00	10.00	10.00	4
2	10.00	10.00	10.00	14.00	3
3	10.00	14.00	10.00	18.00	2
4	10.00	18.00	10.00	20.00	1
5	10.00	20.00	32.00	20.00	1
6	10.00	18.00	32.00	18.00	2
7	10.00	14.00	32.00	14.00	3
8	10.00	10.00	32.00	10.00	4

## 1 ISOTROPIC SOIL PARAMETERS

## 4 TYPE(S) OF SOIL

SOIL TOTAL SATURATED COHESION FRICTION  
 PORE PRESSURE PIEZOMETRIC  
 TYPE UNIT WT. UNIT WT. INTERCEPT ANGLE  
 PRESSURE CONSTANT SURFACE  
 NO. (PCF) (PCF) (PSF) (DEG) PARAMETER  
 (PSF) NO.

1	1.9	1.9	.0	30.0	.00	.0	1
2	1.8	1.8	.0	20.0	.00	.0	2
3	1.8	1.8	.0	10.0	.00	.0	3
4	1.5	1.5	.0	30.0	.00	.0	4

1 1 PIEZOMETRIC SURFACE(S) HAVE BEEN  
 SPECIFIED

UNITWEIGHT OF WATER = 1.00

PIEZOMETRIC SURFACE NO. 1 SPECIFIED BY 2  
 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-WATER (FT)	Y-WATER (FT)
1	.00	8.40
2	32.00	8.40

**I BOUNDARY LOAD(S)**

**1 LOAD(S) SPECIFIED**

LOAD DEFLECTION NO.	X-LEFT (FT)	X-RIGHT (FT)	INTENSITY (LB/SQFT)	(DEG)
---------------------------	----------------	-----------------	------------------------	-------

1	11.00	31.00	1.2	.0
---	-------	-------	-----	----

**NOTE - INTENSITY IS SPECIFIED AS A UNIFORMLY DISTRIBUTED**

**FORCE ACTING ON A HORIZONTALLY PROJECTED SURFACE.**

**1 A CRITICAL FAILURE SURFACE SEARCHING METHOD, USING A RANDOM**

**TECHNIQUE FOR GENERATING CIRCULAR SURFACES, HAS BEEN SPECIFIED.**

**25 TRIAL SURFACES HAVE BEEN GENERATED.**

**5 SURFACES INITIATE FROM EACH OF 5 POINTS EQUALLY SPACED**

**ALONG THE GROUND SURFACE BETWEEN X = .00 FT.**

**AND X = 9.00 FT.**

**EACH SURFACE TERMINATES BETWEEN X = 11.00 FT.**

**AND X = 31.00 FT.**

UNLESS FURTHER LIMITATIONS WERE IMPOSED,  
THE MINIMUM ELEVATION  
AT WHICH A SURFACE EXTENDS IS  $Y = .00$  FT.

1.00 FT. LINE SEGMENTS DEFINE EACH TRIAL  
FAILURE SURFACE.

1 FOLLOWING ARE DISPLAYED THE TEN MOST  
CRITICAL OF THE TRIAL  
FAILURE SURFACES EXAMINED. THEY ARE  
ORDERED - MOST CRITICAL  
FIRST.

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 33 COORDINATE  
POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	.00	10.00
2	.99	9.86
3	1.99	9.75
4	2.98	9.68
5	3.98	9.63
6	4.98	9.61
7	5.98	9.63
8	6.98	9.67
9	7.98	9.75
10	8.97	9.85
11	9.96	9.99

12	10.95	10.15
13	11.93	10.35
14	12.90	10.57
15	13.87	10.82
16	14.83	11.11
17	15.78	11.42
18	16.72	11.76
19	17.65	12.13
20	18.57	12.53
21	19.47	12.95
22	20.36	13.40
23	21.24	13.88
24	22.10	14.39
25	22.95	14.92
26	23.78	15.48
27	24.60	16.06
28	25.39	16.67
29	26.17	17.30
30	26.92	17.95
31	27.66	18.63
32	28.38	19.33
33	29.03	20.00

\*\*\* .561 \*\*\*

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 28 COORDINATE  
POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
--------------	----------------	----------------



1	4.50	10.00	81.16	88.31
2	5.50	9.90	85.10	88.31
3	6.49	9.84	82.04	88.31
4	7.49	9.82	78.98	88.31
5	8.49	9.84	75.92	88.31
6	9.49	9.89	72.86	88.31
7	10.49	9.99	69.80	88.31
8	11.48	10.13	66.74	88.31
9	12.46	10.30	63.68	88.31
10	13.44	10.52	60.62	88.31
11	14.41	10.77	57.56	88.31
12	15.36	11.06	54.50	88.31
13	16.31	11.39	51.44	88.31
14	17.24	11.76	48.38	88.31
15	18.15	12.16	45.32	88.31
16	19.05	12.60	42.26	88.31
17	19.93	13.07	39.20	88.31
18	20.79	13.58	36.14	88.31
19	21.63	14.12	33.08	88.31
20	22.45	14.70	30.02	88.31
21	23.25	15.31	26.96	88.31
22	24.02	15.94	23.90	88.31
23	24.76	16.61	20.84	88.31
24	25.48	17.31	17.78	88.31
25	26.17	18.03	14.72	88.31
26	26.83	18.79	11.66	88.31
27	27.45	19.56	8.60	88.31
28	27.78	20.00	5.54	88.31

\*\*\* .561 \*\*\*

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 33 COORDINATE  
POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	2.25	10.00
2	3.24	9.83
3	4.23	9.69
4	5.22	9.58
5	6.22	9.51
6	7.22	9.47
7	8.22	9.46
8	9.22	9.49
9	10.21	9.56
10	11.21	9.66
11	12.20	9.79
12	13.19	9.95
13	14.17	10.15
14	15.14	10.39
15	16.10	10.65
16	17.06	10.95
17	18.00	11.28
18	18.93	11.64
19	19.85	12.04
20	20.76	12.46
21	21.65	12.92
22	22.52	13.41
23	23.38	13.92
24	24.22	14.47
25	25.04	15.04
26	25.83	15.64
27	26.61	16.27
28	27.37	16.92

29	28.10	17.60
30	28.81	18.31
31	29.50	19.03
32	30.16	19.78
33	30.34	20.00

\*\*\* .829 \*\*\*

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 26 COORDINATE  
POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	4.50	10.00
2	5.39	9.55
3	6.32	9.17
4	7.27	8.87
5	8.25	8.65
6	9.24	8.52
7	10.24	8.48
8	11.24	8.51
9	12.23	8.64
10	13.21	8.84
11	14.17	9.13
12	15.10	9.50
13	15.99	9.95
14	16.84	10.47
15	17.65	11.06
16	18.40	11.72
17	19.10	12.44

18	19.73	13.22
19	20.29	14.05
20	20.78	14.92
21	21.19	15.83
22	21.53	16.77
23	21.78	17.74
24	21.95	18.72
25	22.04	19.72
26	22.04	20.00

\*\*\* .872 \*\*\*

1

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 22 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	9.00	10.00
2	9.99	9.83
3	10.98	9.73
4	11.98	9.71
5	12.98	9.76
6	13.97	9.88
7	14.95	10.08
8	15.91	10.36
9	16.85	10.70
10	17.76	11.11
11	18.64	11.59
12	19.48	12.14

13	20.27	12.74
14	21.02	13.41
15	21.72	14.12
16	22.36	14.89
17	22.94	15.71
18	23.46	16.56
19	23.91	17.45
20	24.30	18.37
21	24.61	19.32
22	24.78	20.00

\*\*\* .904 \*\*\*

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 24 COORDINATE  
POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	6.75	10.00
2	7.69	9.67
3	8.66	9.42
4	9.65	9.24
5	10.64	9.15
6	11.64	9.15
7	12.64	9.22
8	13.63	9.38
9	14.60	9.61
10	15.55	9.93
11	16.47	10.32
12	17.35	10.79

13	18.19	11.33
14	18.99	11.94
15	19.73	12.61
16	20.42	13.33
17	21.04	14.12
18	21.60	14.95
19	22.08	15.82
20	22.49	16.73
21	22.83	17.67
22	23.09	18.64
23	23.26	19.62
24	23.30	20.00

\*\*\* .910 \*\*\*

1

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 29 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	4.50	10.00
2	5.47	9.75
3	6.45	9.55
4	7.44	9.39
5	8.43	9.28
6	9.43	9.23
7	10.43	9.22
8	11.43	9.26
9	12.42	9.34





10	13.41	9.48		
11	14.40	9.67		
12	15.37	9.90		
13	16.33	10.18		
14	17.27	10.50		
15	18.20	10.88		
16	19.11	11.29		
17	20.00	11.75		
18	20.86	12.26		
19	21.70	12.80		
20	22.51	13.39		
21	23.29	14.01		
22	24.04	14.67		
23	24.76	15.37		
24	25.44	16.10		
25	26.09	16.87		
26	26.69	17.66		
27	27.26	18.49		
28	27.79	19.34		
29	28.16	20.00		

\*\*\* .949 \*\*\*

**FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 33 COORDINATE POINTS**

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	.00	10.00
2	.89	9.54



3	1.80	9.13
4	2.73	8.76
5	3.68	8.45
6	4.65	8.20
7	5.63	8.00
8	6.62	7.85
9	7.61	7.76
10	8.61	7.72
11	9.61	7.74
12	10.61	7.81
13	11.60	7.94
14	12.58	8.12
15	13.55	8.36
16	14.51	8.65
17	15.45	8.99
18	16.37	9.39
19	17.27	9.83
20	18.13	10.33
21	18.98	10.87
22	19.79	11.45
23	20.56	12.08
24	21.30	12.76
25	22.00	13.47
26	22.66	14.22
27	23.28	15.01
28	23.86	15.83
29	24.38	16.68
30	24.86	17.55
31	25.29	18.46
32	25.67	19.38
33	25.89	20.00

\*\*\* .995 \*\*\*

1

## FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 38 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	.00	10.00
2	.89	9.54
3	1.79	9.11
4	2.72	8.73
5	3.66	8.39
6	4.61	8.09
7	5.58	7.84
8	6.56	7.62
9	7.54	7.46
10	8.53	7.33
11	9.53	7.26
12	10.53	7.22
13	11.53	7.23
14	12.53	7.29
15	13.52	7.39
16	14.51	7.53
17	15.49	7.72
18	16.47	7.96
19	17.43	8.23
20	18.38	8.55
21	19.31	8.91
22	20.22	9.32
23	21.12	9.76
24	22.00	10.24
25	22.85	10.76

26	23.68	11.32
27	24.48	11.92
28	25.25	12.55
29	26.00	13.22
30	26.72	13.92
31	27.40	14.65
32	28.05	15.41
33	28.67	16.19
34	29.25	17.01
35	29.79	17.85
36	30.29	18.71
37	30.76	19.60
38	30.94	20.00

\*\*\* 1.323 \*\*\*

FAILURE SURFACE SPECIFIED BY 38 COORDINATE POINTS

POINT NO.	X-SURF (FT)	Y-SURF (FT)
1	.00	10.00
2	.77	9.36
3	1.58	8.77
4	2.41	8.22
5	3.28	7.73
6	4.18	7.28
7	5.10	6.89
8	6.04	6.55
9	6.99	6.26

10	7.97	6.03
11	8.95	5.86
12	9.95	5.74
13	10.94	5.68
14	11.94	5.68
15	12.94	5.73
16	13.94	5.85
17	14.92	6.02
18	15.90	6.24
19	16.85	6.52
20	17.80	6.86
21	18.72	7.25
22	19.61	7.69
23	20.48	8.18
24	21.32	8.73
25	22.13	9.32
26	22.90	9.95
27	23.64	10.63
28	24.33	11.35
29	24.99	12.11
30	25.59	12.90
31	26.15	13.73
32	26.67	14.59
33	27.13	15.48
34	27.54	16.39
35	27.89	17.32
36	28.20	18.28
37	28.44	19.24
38	28.59	20.00

\*\*\* 1.403 \*\*\*

## I Y A X I S F T

.00 4.26 8.51 12.77 17.02 21.28

X	.00	+	-----	W	*	-----	+
-				81			
-				.0			
-				08.13			
-				.8.1			
-				08.3			
4.26	+			0 12			
-				.08.1			
-				.98.41			
-				0.8.32			
-				.0.4316			
-				.08.1			
A	8.51	+		..98.4.32			
-				0.9.4.315			
-				.0.8.4.31*	*	*	*
-				.0.98..621			
-				....9.846732		/1	
-				0.4.31			
X	12.77	+		.0.9.8.6521			
-				....9.84632			
-				.0.9.84.531			
-				.0..4631			
-				.0.9.8.6521			
-				.....9.84632			
I	17.02	+		..0...8.431			
-				..0.9.431			
-				...0.9.87541			
-				.....9..83641			
-				...0...8362			
-				..0.9.8356144			



S	21.28 +	.....0.9	8 51 6 4 4
-		.....0.9 .	3 821 6 4 4 44
-		.....0.9..	738 1 5 6 6
-		.....0.9.	3 82 5 6 66
-		.....0..	3 12 8 5 5
-		.....9 ..	37 12 8 5 5
25.53 +		.....90..	371 2 8 8
-		.....90...	712 8
-		.....90.0 3 .	172
-		.....9....030.	1722
-		.....99.3 0 1 7	
-		.....9.3...1	
F	29.79 +		... 9.3..
-			...9.33
-			.91/
-		W *	* * *
-			
T	34.04 +		

I

```

*****
***** - ILLEGAL COMMAND *****
*****

```

## LEGAL COMMANDS - PROFIL

```

LOADS
WATER
SURFAC
EXECUT
EQUAKE
SOIL
RANDOM
CIRCLE

```

CIRCL2  
BLOCK  
BLOCK2  
LIMITS  
ANISO  
SURBIS

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* EXECUTION OF STABL ABORTED \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

□ EQUAKE  
SOIL  
RANDOM  
CIRCLE



# LOG PEMBORAN EKSPLORASI

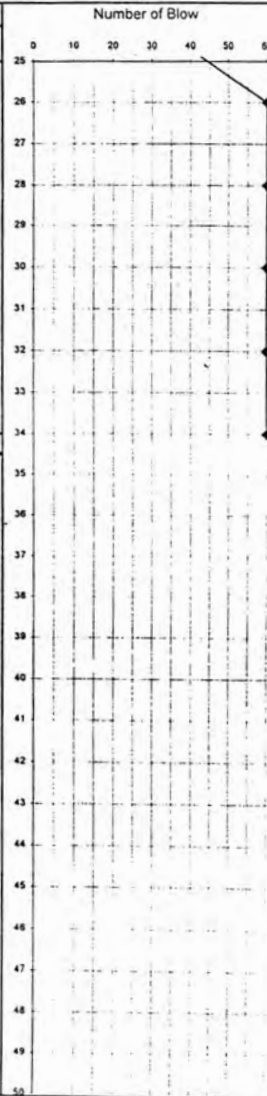
# LOG BOR

Perencanaan Teknik Jalan Lingkar Probolinggo Bypass

No. BD - 7

HASI HASI AIR TANAH DE PEMBORAN MESIN BOR ALAMAN TOTAL (-m)	Mayangan Fly Over 4,6 meter - 1,56 meter Pemboran putar Tone-UD5 34 14 meter	KOORDINAT MULAI PEMBORAN SELESAI PEMBORAN PENGAWAS JURU BOR No. SHEET	X : 744445,10 ; Y : 9149150,17 18 Oktober 2005 21 Oktober 2005 Agus Prianggono Sanif 2 of 2
--	---	--	--

2 G.W.L (m)	3 THICKNESS (m)	4 SYMBOL	5 VISUAL DESCRIPTION	6 COLOR	7 UNDISTURBED SAMPLE	8 S.P.T. No.	9 STANDARD PENETRATION TEST (ASTM - D 1586)			
							N VALUE			
							15 cm	30 cm	45 cm	N
	1.5		Lempung, lunak agak lengket, plastisitas tinggi, densitas medium.	abu-abu keoklatan		13	9	17	63	>60
	2.0		Lempung, mengandung batulempung berukuran kerikil, agak kompak, densitas tinggi, lunak-agak keras	coklat		14	7	38	30	>60
	1.5		Lempung, mengandung batulempung, agak kompak - kompak, agak keras - keras, lunak-agak keras	coklat keabu-abuan		15	8	42	42	>60
	1.0		Batu pasir, pasir halus, dengan sisipan pasir kerikil.	coklat keabu-abuan dan hitam		16	65	-	-	>60
	1.5		Btupasir : keras, kompak, Pasir kerikil : agak keras, agak lepas.			17	65	-	-	>60
	1.5									



ABU.7. BORING LOG

BOREHOLE # : BD-07

PROJECT : Jembatan dan Fly Over

COORDINATE :

GROUND WATER LEVEL : - 1.00 m

LOCATIO : Probolinggo

DEPTH : - 40 m

GROUND SURFACE LEVEL : ± 0.00 m

DEPTH, m	SOIL DESCRIPTION	STANDARD PENETRATION TEST				STRENGTH TEST				ATTERBERG LIMITS				γ	Gs	eo
		0	10	20	30	TYPE	C	φ	cu	20	40	60	80			
0																
1	Fine sand and silt, brown.															
2	☒ Fine sand and clay, grey, some silt, very loose	2														
3																
4	☒ Sand, grey, trace silt, loose.	4														
5																
6	☒	<1				UU	0.12	0	-	35	57	67		1.49	2.59	2.25
7																
8	☒ Clay and silt, grey, inorganic, trace to some sand, very soft.	<1				UU	0.13	0	-	37	49	84		1.50	2.60	2.19
9																
10	☒	<1				UU	0.13	0	-	27	44	80		1.52	2.61	2.09
11																
12	☒ Silt and sand, brown, little clay, dense.															
13	☒ Sand, brown, little to some silt.															
14	☒ Silt and sand, bright brown, little clay, cemented at some depths, very dense.															
15																
16	☒ Sand and silt, brown, little clay, dense.															
17																
18	☒					QT	0.04	38	-	24	28	4		1.75	2.60	1.14
19	☒ Silt and clay, brown, inorganic, trace sand, very stiff to hard.															
20																
21	☒															
22	☒ Silt and clay, bright brown, inorganic, trace sand, hard.					UU	0.91	0	-	31	46	65		1.74	2.63	1.21
23	☒ Sand and silt, brown, little clay.															
24																
25	☒ Silt and clay, brown, inorganic, trace sand, very stiff.															
26																
27	☒															
28	☒ Silt and clay, greyish brown, inorganic, little sand, cemented at some depths, very dense.															
29																
30	☒ Silt and clay, bright brown, little sand.															
31	☒ Sand, grey, little silt, trace gravel.															
32	☒ Fine sand and silt, dark grey, cemented.															
33	☒ Fine sand, dark grey, cemented.															
34	☒ Sand, dark grey, little silt, little gravel.															
35	☒ Fine sand and silt, dark grey, cemented at some depths.															
36	End of boring															
37																
38																
39																
40																

NOTE:

- 0 to 10 % = Trace
- 10 to 20 % = Little
- 20 to 35 % = Some
- 35 to 50 % = And
- ☒ = Thin Wall
- ☒ = SPT
- ☒ = Core sample
- c = Coloumion intercept, kg/cm<sup>2</sup>
- φ = Internal friction angle, deg
- UU = Unconsolidated undrained
- CU = Consolidated undrained
- CD = Consolidated drained
- SPT = Standard penetration test (blows / ft)
- qs = Unconfined compression strength, kg/cm<sup>2</sup>
- = W<sub>n</sub> = Moisture content, %
- = W<sub>p</sub> = Plastic limit, %
- △ = W<sub>L</sub> = Liquid limit, %
- γ = Bulk density, ton/m<sup>3</sup>
- Gs = Specific gravity
- eo = Void ratio



CONSOLIDATION TEST

Project : Jembatan dan Fly Over  
Location : Probolinggo  
Boring No : BD-07  
Depth : 5.50-6.00 m

Test No :  
Date : 24/10/2005  
Tested by : BR  
Checked by : AK

Aparatus  
ring height, cm = 2  
diameter, cm = 6.28  
A area, cm<sup>2</sup> = 30.97

G<sub>s</sub> = 2.59  
e<sub>o</sub> = 2.25

W<sub>s</sub>, solid weight (gr) = 49.36  
2H<sub>o</sub>, solid height (cm) = 0.62

Applied pressure P (kg/cm <sup>2</sup> )	Final dial reading	Dial change	Height 2H (cm)	Void height 2H-2H <sub>o</sub>	e = $\frac{2H-2H_o}{2H_o}$	Fitting time (sec)		CV, Coef of consolidation	
						190	150	0.848H <sup>2</sup> /t <sub>90</sub>	0.197H <sup>2</sup> /t <sub>50</sub>
0.00	1.000		2.000	1.385	2.251				
0.25	0.946	0.054	1.946	1.331	2.183	240.00		3.44E-03	
0.50	0.908	0.038	1.908	1.293	2.101	240.00		3.28E-03	
1.00	0.867	0.041	1.867	1.252	2.034	303.75		2.49E-03	
2.00	0.808	0.059	1.808	1.193	1.938	303.75		2.38E-03	
4.00	0.735	0.073	1.735	1.120	1.820	303.75		2.19E-03	
8.00	0.621	0.114	1.621	1.006	1.635	375.00		1.59E-03	
4.00	0.629	-0.008	1.629	1.014	1.648				
2.00	0.639	-0.010	1.639	1.024	1.664				
1.00	0.651	-0.012	1.651	1.036	1.683				
0.50	0.664	-0.013	1.664	1.049	1.704				
0.25	0.679	-0.015	1.679	1.064	1.729				

Liquid Limit (%)

Plasticity Index (%)

Specific Gravity

Preconsolidation overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>)

Effective overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>)

S<sub>r</sub>  
2.1  
2.59  
0.9  
0.45

Sample height (cm)

Water content (%)

Dry unit weight (gr/cm<sup>3</sup>)

Void ratio

Saturation

Before

After

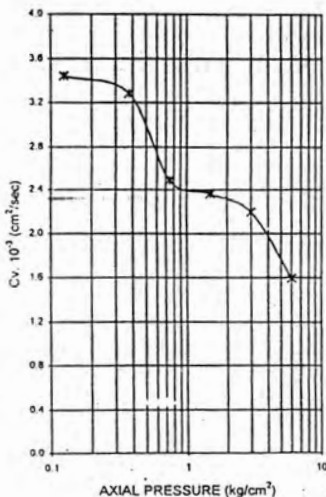
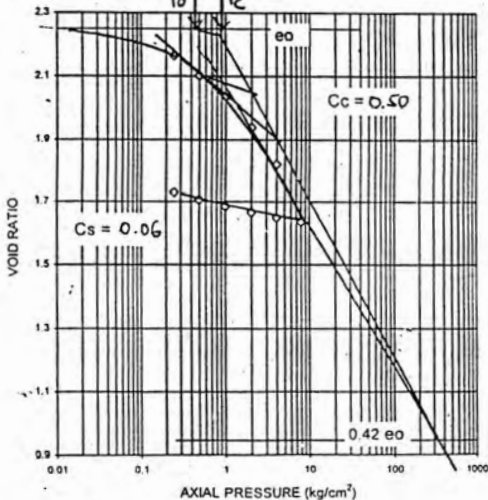
2 1.68

87.0 66.8

0.80 0.95

2.25 1.73

100 100







## CONSOLIDATION TEST

Project : Jembatan dan Fly Over  
 Location : Probolinggo  
 Boring No : BD-07  
 Depth : 7.50-8.00 m

Test No : -  
 Date : 24/10/2005  
 Tested by : BR  
 Checked by : AK

Aparatus  
 ring height, cm = 2  
 diameter, cm = 6.28  
 A area, cm<sup>2</sup> = 30.97

G<sub>s</sub> = 2.6  
 e<sub>o</sub> = 2.19

W<sub>s</sub>, solid weight (gr) = 50.50  
 2H<sub>o</sub>, solid height (cm) = 0.63

Applied pressure P (kg/cm <sup>2</sup> )	Final dial reading	Dial change	Height 2H (cm)	Void height 2H-2H <sub>o</sub>	e = $\frac{2H-2H_0}{2H_0}$	Filling time (sec)	CV, Coef of consolidation	
							150	190
0.00	1.000	0.015	2.00 <sup>o</sup>	1.373	2.189		0.848H <sup>2</sup> /150	0.197H <sup>2</sup> /150
0.25	0.985	0.021	1.985	1.358	2.165	303.75	2.77E-03	
0.50	0.964	0.072	1.964	1.337	2.132	303.75	2.72E-03	
1.00	0.892	0.213	1.892	1.285	2.017	303.75	2.59E-03	
2.00	0.879	0.175	1.879	1.052	1.677	453.75	1.49E-03	
4.00	0.504	0.161	1.504	0.877	1.398	453.75	1.18E-03	
8.00	0.343	-0.010	1.343	0.716	1.142	540.00	7.96E-04	
4.00	0.353	-0.011	1.353	0.726	1.158			
2.00	0.364	-0.012	1.364	0.737	1.175			
1.00	0.376	-0.015	1.376	0.749	1.194			
0.50	0.391	-0.017	1.391	0.764	1.218			
0.25	0.408		1.408	0.781	1.245			

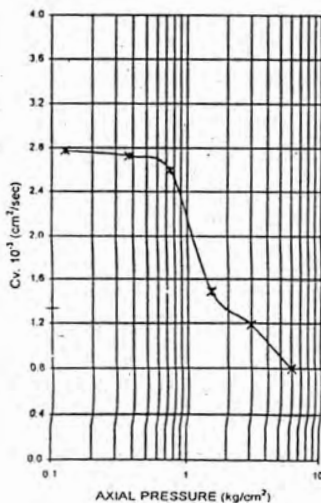
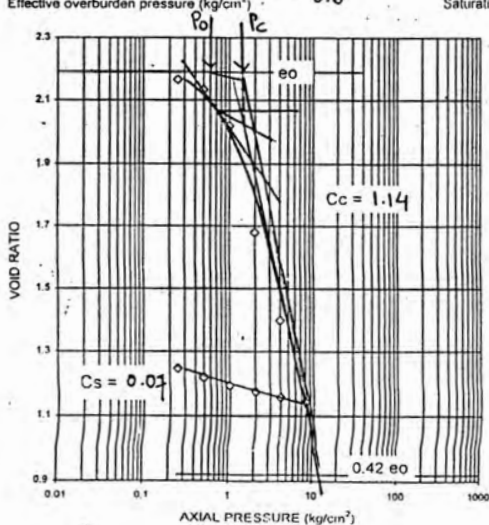
Liquid Limit (%)  
 Plasticity Index (%)  
 Specific Gravity

Preconsolidation overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>)  
 Effective overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>)

49  
 12  
 2.60  
 1.3  
 0.6

Sample height (cm)  
 Water content (%)  
 Dry unit weight (gr/cm<sup>3</sup>)  
 Void ratio  
 Saturation

	Before	After
Sample height (cm)	2	1.41
Water content (%)	84.0	47.9
Dry unit weight (gr/cm <sup>3</sup> )	0.82	1.16
Void ratio	2.19	1.25
Saturation	100	100



1.33 u<sup>-27</sup>

### CONSOLIDATION TEST

Project : Jembatan dan Fly Over  
 Location : Probolinggo  
 Boring No : BD-07  
 Depth : 9.50-10.00 m

Test No : -  
 Date : 24/10/2005  
 Tested by : BR  
 Checked by : AK

Aparatus  
 ring height, cm = 2  
 diameter, cm = 6.28  
 Area, cm<sup>2</sup> = 30.97

G<sub>s</sub> = 2.61  
 e<sub>o</sub> = 2.09

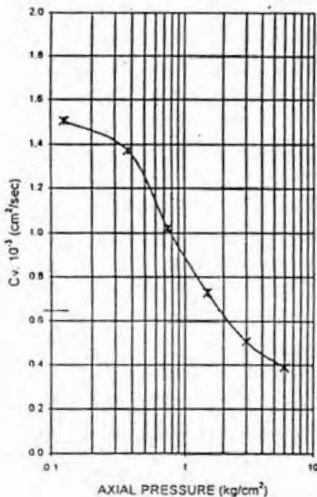
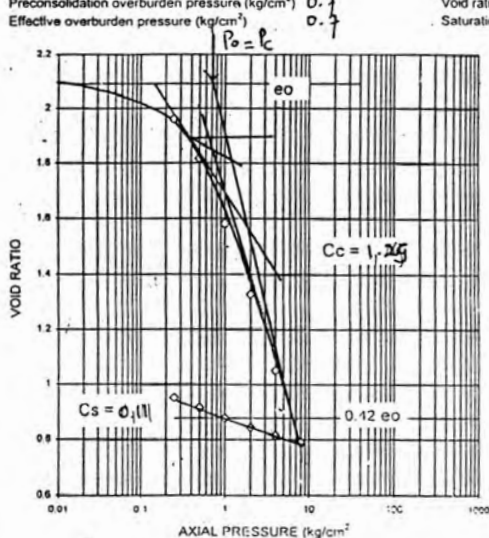
W<sub>s</sub>, solid weight (gr) = 52.31  
 2H<sub>o</sub>, solid height (cm) = 0.65

Applied pressure P (kg/cm <sup>2</sup> )	Final dial reading	Dial change	Height 2H (cm)	Void height 2H-2H <sub>o</sub>	2H-2H <sub>o</sub> / 2H <sub>o</sub>	Fitting time (sec)		CV, Coef of consolidation	
						150	190	0.848H <sup>2</sup> /150	0.197H <sup>2</sup> /150
0.00	1.000		2.000	1.353	2.091				
0.25	0.915	0.085	1.915	1.268	1.959	540.00		1.50E-03	
0.50	0.822	0.093	1.822	1.175	1.816	540.00		1.37E-03	
1.00	0.670	0.152	1.670	1.023	1.581	633.75		1.02E-03	
2.00	0.505	0.165	1.505	0.858	1.328	735.00		7.27E-04	
4.00	0.325	0.179	1.325	0.679	1.049	843.75		5.03E-04	
8.00	0.157	0.169	1.157	0.510	0.788	843.75		3.87E-04	
4.00	0.173	-0.010	1.17	0.526	0.813				
2.00	0.191	-0.018	1.191	0.544	0.841				
1.00	0.214	-0.023	1.214	0.567	0.876				
0.50	0.238	-0.024	1.238	0.591	0.913				
0.25	0.282	-0.024	1.282	0.615	0.950				

Liquid Limit (%)  
 Plasticity Index (%)  
 Specific Gravity

44  
 17  
 2.61  
 0.7  
 0.7

Sample height (cm) Before 2 After 1.26  
 Water content (%) 80.0 36.4  
 Dry unit weight (gr/cm<sup>3</sup>) 0.84 1.34  
 Void ratio 2.09 0.95  
 Saturation 100 100





## CONSOLIDATION TEST

Project : Jembatan dan Fly Over  
 Location : Probolinggo  
 Boring No : BD-07  
 Depth : 17.50-18.00 m

Test No : -  
 Date : 24/10/2005  
 Tested by : BR  
 Checked by : AK

Aparatus  
 ring height, cm = 2  
 diameter, cm = 6.28  
 Area, cm<sup>2</sup> = 30.97

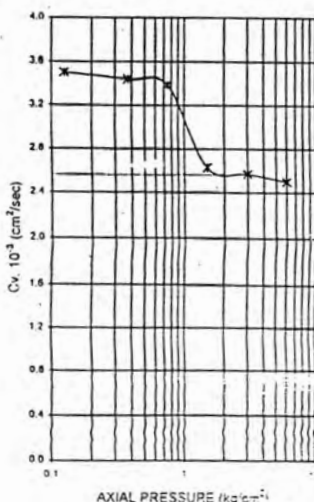
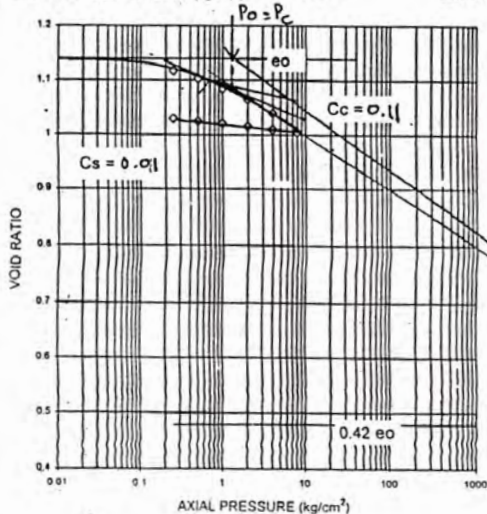
G<sub>s</sub> = 2.6  
 e<sub>o</sub> = 1.14

W<sub>s</sub>, solid weight (gr) = 75.29  
 ZH<sub>o</sub>, solid height (cm) = 0.93

Applied pressure P (kg/cm <sup>2</sup> )	Final dial reading	Dial change	Height ZH (cm)	Void height ZH-ZH <sub>o</sub>	e = $\frac{ZH-ZH_o}{ZH_o}$	Filling time (sec)		CV, Coef of consolidation	
						190	150	$0.848H^2/190$	$0.197H^2/150$
0.00	1.000	0.021	2.000	1.065	1.139				
0.25	0.979	0.014	1.979	1.044	1.117	240.00		3.50E-03	
0.50	0.965	0.017	1.965	1.030	1.102	240.00		3.44E-03	
1.00	0.948	0.019	1.948	1.013	1.084	240.00		3.38E-03	
2.00	0.929	0.023	1.929	0.994	1.063	303.75		2.62E-03	
4.00	0.906	0.032	1.906	0.971	1.039	303.75		2.57E-03	
8.00	0.874	-0.004	1.874	0.939	1.005	303.75		2.49E-03	
4.00	0.878	-0.005	1.878	0.943	1.009				
2.00	0.883	-0.005	1.883	0.948	1.014				
1.00	0.888	-0.004	1.888	0.953	1.020				
0.50	0.892	-0.005	1.892	0.957	1.024				
0.25	0.897		1.897	0.962	1.029				

Liquid Limit (%) = 28  
 Plasticity Index (%) = 4  
 Specific Gravity = 2.60  
 Preconsolidation overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>) = 1.3  
 Effective overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>) = 1/3

Sample height (cm)	Before	After
Water content (%)	2	1.90
Dry unit weight (gr/cm <sup>3</sup> )	44.0	39.5
Void ratio	1.22	1.28
Void ratio	1.14	1.03
Saluration	100	100





CONSOLIDATION TEST

Project : Jembatan dan Fly Over,  
Location : Probolinggo  
Boring No : BC-07  
Depth : 21.50-22.00 m

Test No : -  
Date : 24/10/2005  
Tested by : BR  
Checked by : AK

Aparatus  
ring height, cm = 2  
diameter, cm = 6.28  
A area, cm<sup>2</sup> = 30.97

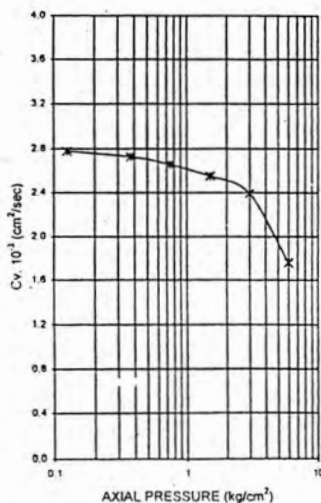
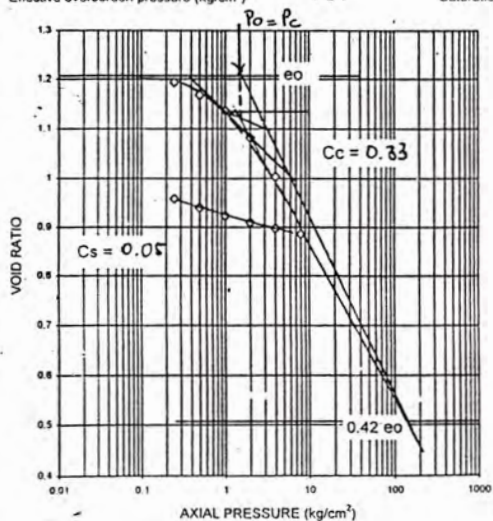
G<sub>s</sub> = 2.63  
e<sub>o</sub> = 1.21

W<sub>s</sub>, solid weight (gr) = 73.83  
2H<sub>o</sub>, solid height (cm) = 0.91

Applied pressure P (kg/cm <sup>2</sup> )	Final dial reading	Dial change	Height 2H (cm)	Void height 2H-2H <sub>o</sub>	2H-2H <sub>o</sub> / 2H <sub>o</sub>	Filling time (sec)	CV, Coef of consolidation
						190	0.848H <sup>2</sup> /t90
0.00	1.000		2.000	1.094	1.207		0.197H <sup>2</sup> /t50
0.25	0.987	0.013	1.987	1.081	1.192	303.75	2.77E-03
0.50	0.964	0.023	1.964	1.058	1.167	303.75	2.72E-03
1.00	0.936	0.028	1.936	1.030	1.136	303.75	2.95E-03
2.00	0.886	0.050	1.886	0.980	1.081	303.75	2.55E-03
4.00	0.815	0.071	1.815	0.909	1.003	303.75	2.39E-03
8.00	0.709	0.106	1.709	0.803	0.886	375.00	1.78E-03
4.00	0.719	-0.010	1.719	0.813	0.897		
2.00	0.730	-0.011	1.730	0.824	0.909		
1.00	0.742	-0.012	1.742	0.836	0.922		
0.50	0.757	-0.015	1.757	0.851	0.939		
0.25	0.774	-0.017	1.774	0.868	0.957		

Liquid Limit (%) 65  
Plasticity Index (%) 34  
Specific Gravity 2.63  
Preconsolidation overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>) 1.6  
Effective overburden pressure (kg/cm<sup>2</sup>) 1.6

Before After  
Sample height (cm) 2 1.77  
Water content (%) 46.0 36.4  
Dry unit weight (gr/cm<sup>3</sup>) 1.19 1.34  
Void ratio 1.21 0.95  
Saturation 100 100

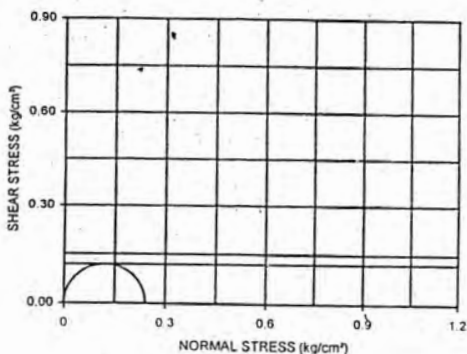
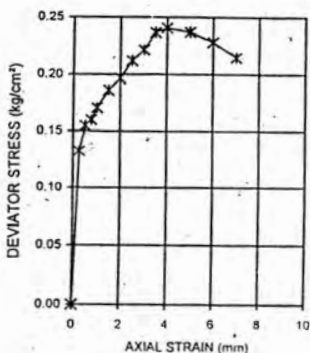


## UNCONFINED COMPRESSION TEST

 Project : Jembatan dan Fly Over  
 Location : Probolinggo

 Operator : BR.  
 Checked by : AK

 Boring no. : BD-07  
 Sample depth : 5.50-6.00 m  
 Soil sample : Clay and silt  
 Date of testing : 24/10/2005

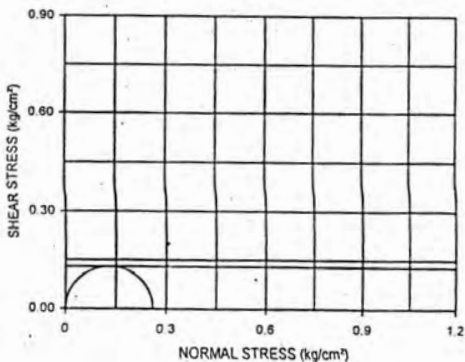
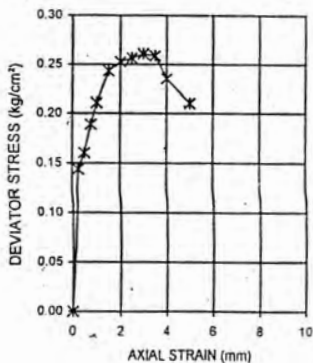
 (U)ndisturbed / (R)emolde : U (UU)  
 Sample no. : 1  
 $q_u$ , kg/cm<sup>2</sup> : 0.24  
 Strain at failure, % : 5.26  
 $C_u$ , kg/cm<sup>2</sup> : 0.12


## UNCONFINED COMPRESSION TEST

 Project : Jembatan dan Fly Over  
 Location : Probolinggo

 Operator : BR.  
 Checked by : AK

 Boring no. : BD-07  
 Sample depth : 7.50-8.00  
 Soil sample : Clay and silt  
 Date of testing : 24/10/2005

 (U)ndisturbed / (R)emolde : U(UU)  
 Sample no. : 1  
 $q_u$ , kg/cm<sup>2</sup> : 0.26  
 Strain at failure, % : 3.95  
 $C_u$ , kg/cm<sup>2</sup> : 0.13




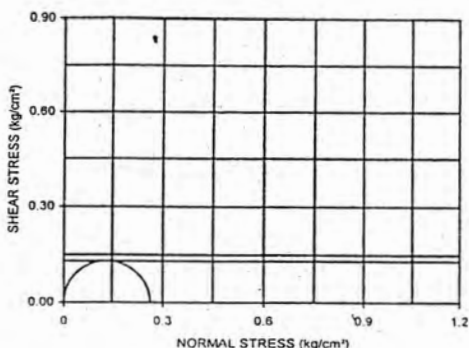
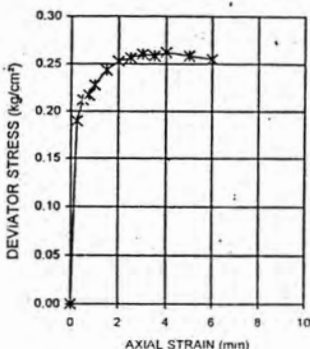
## UNCONFINED COMPRESSION TEST

Project : Jembatan dan Fly Over  
Location : Probolinggo

Operator : BR.  
Checked by : AK

Boring no. : BD-07  
Sample depth : 9.50-10.00 m  
Date of testing : 24/10/2005

(U)ndisturbed / (R)emolde : U (UU)  
Sample no. : 1  
qu, kg/cm<sup>2</sup> : 0.26  
Strain at failure, % : 5.26  
Cu, kg/cm<sup>2</sup> : 0.13



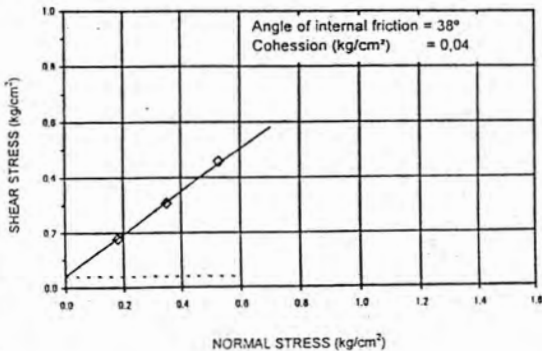
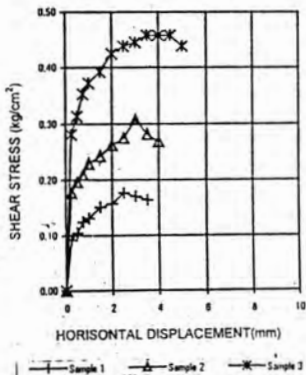
## DIRECT SHEAR TEST

Project : Jembatan dan Fly Over  
Location : Probolinggo

Operator : BR.  
Checked by : HX.

Boring no. : BD-07  
Depth : 17.50-18.00 m  
Date of Test : 22/10/2005

Sample no.	1	2	3
Type	Quick	Quick	Quick
Normal stress, kg/cm <sup>2</sup>	0.18	0.35	0.53
Shear stress, kg/cm <sup>2</sup>	0.177	0.307	0.458





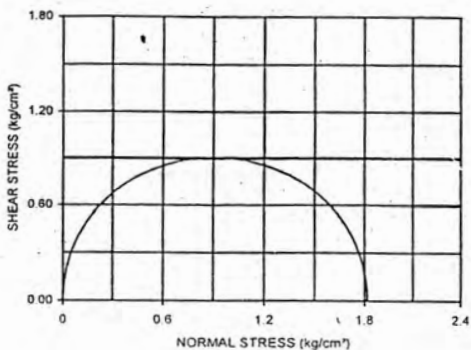
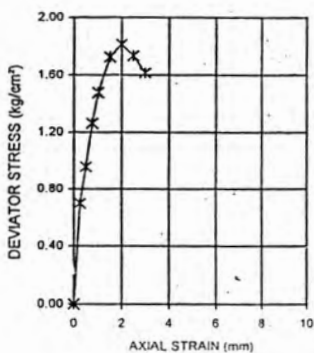
## UNCONFINED COMPRESSION TEST

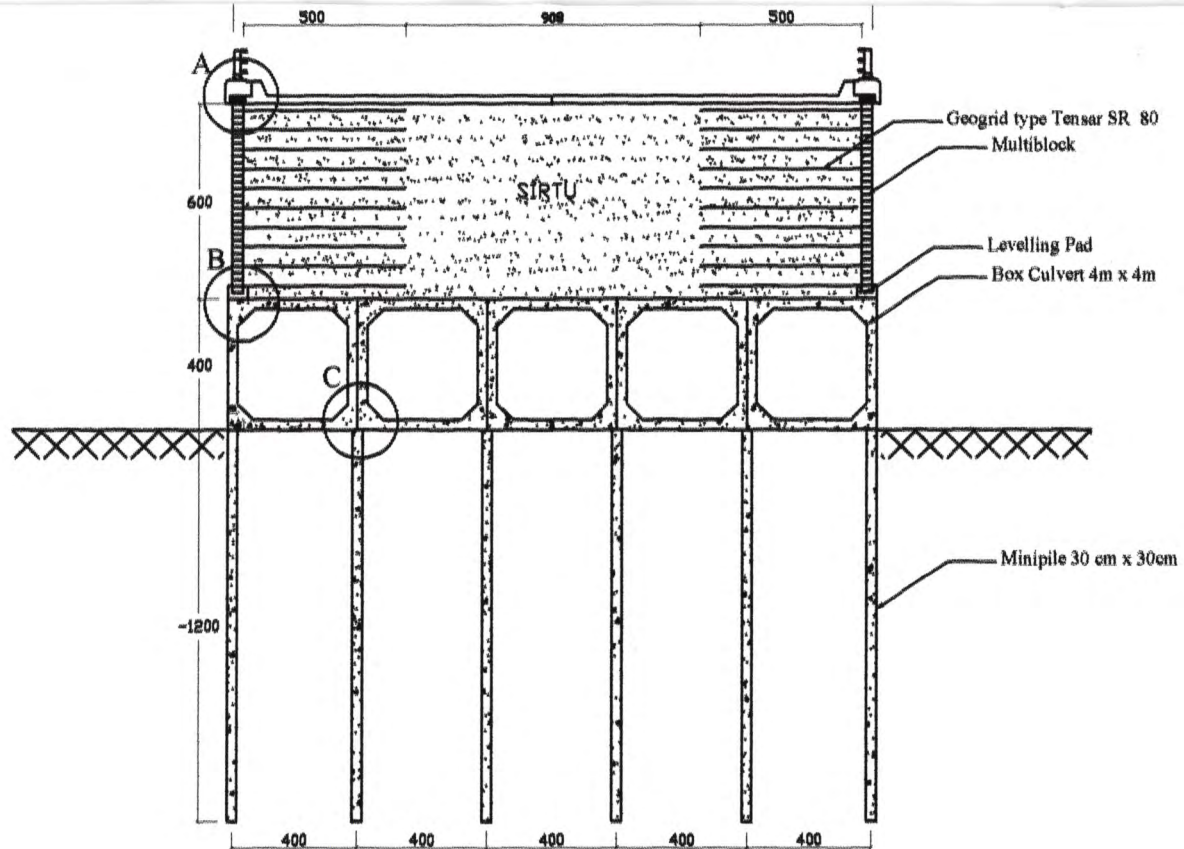
Project : Jembatan dan Fly Over  
 Location : Probolinggo

Operator : BR.  
 Checked by : AK

Boring no. : BD-07  
 Sample depth : 21.50-22.00 m  
 Date of testing : 24/10/2005

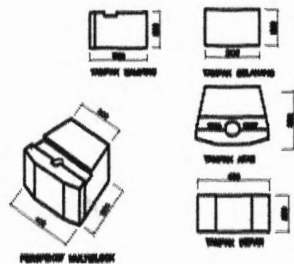
(U)ndisturbed / (R)emolde : U (UU)  
 Sample no. : 1  
 $q_u$ , kg/cm<sup>2</sup> : 1.82  
 Strain at failure, % : 2.63  
 $C_u$ , kg/cm<sup>2</sup> : 0.91



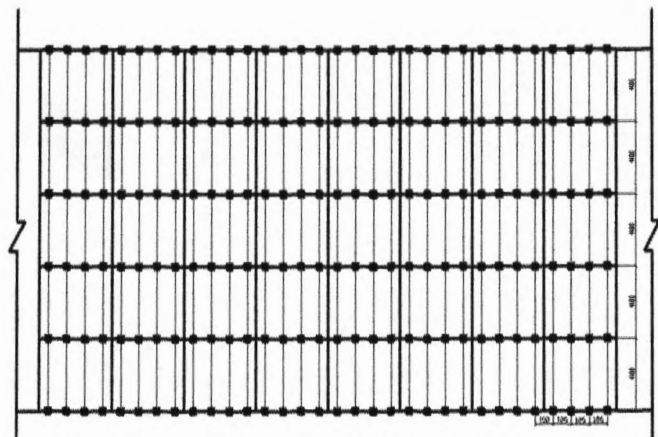


POTONGAN MELINTANG STRUKTUR GEOGRID

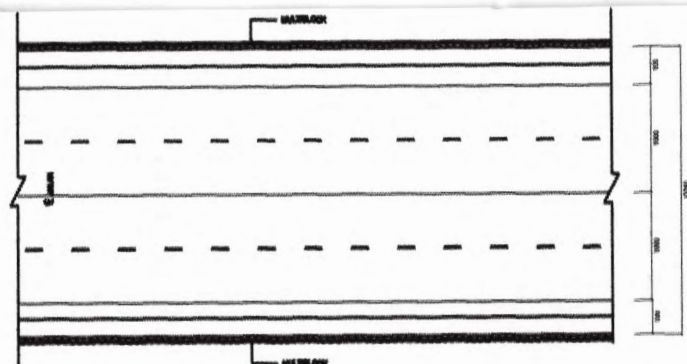




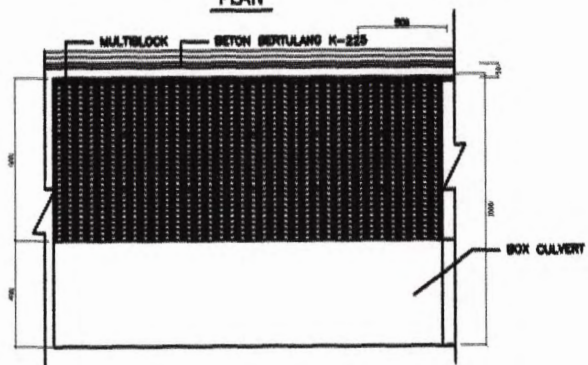
DETAIL MULTIBLOCK



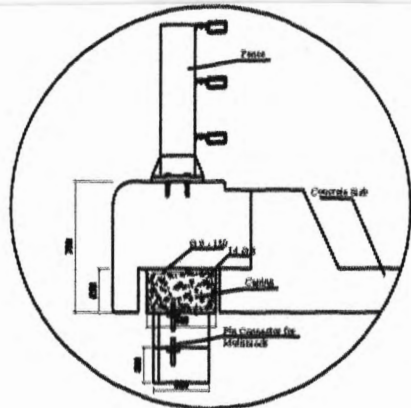
Konfigurasi Minipile



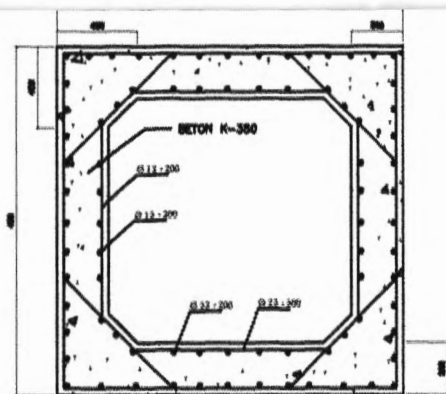
PLAN



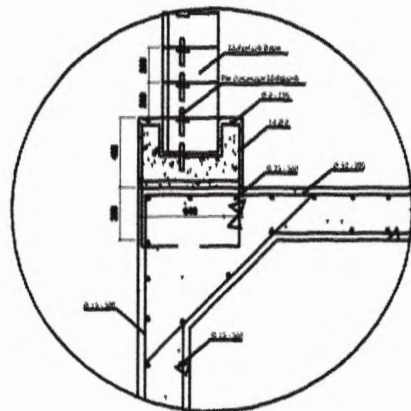
TAMPAK SAMPING



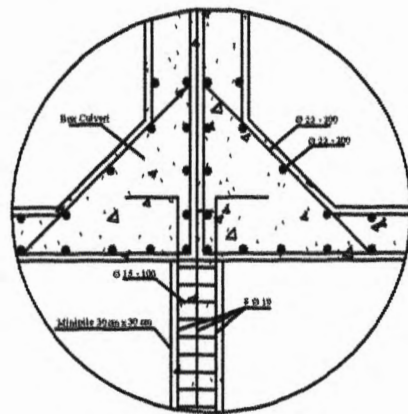
Detail A



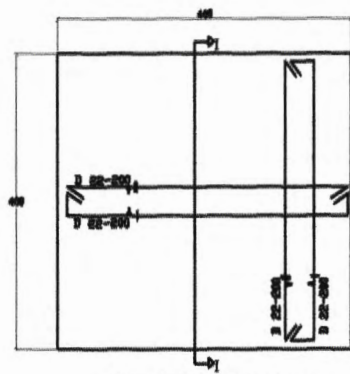
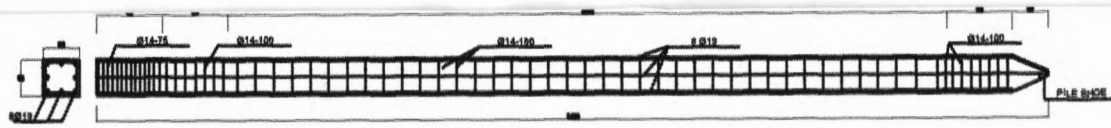
DETAIL BOX CULVERT



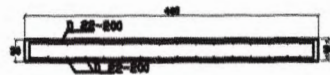
Detail B



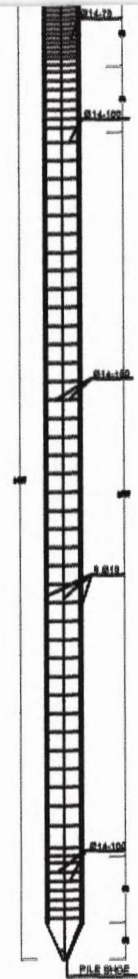
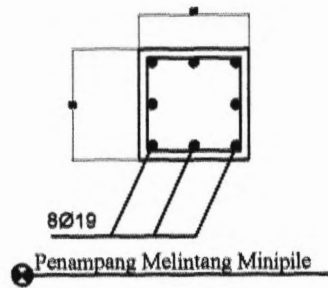
Detail C

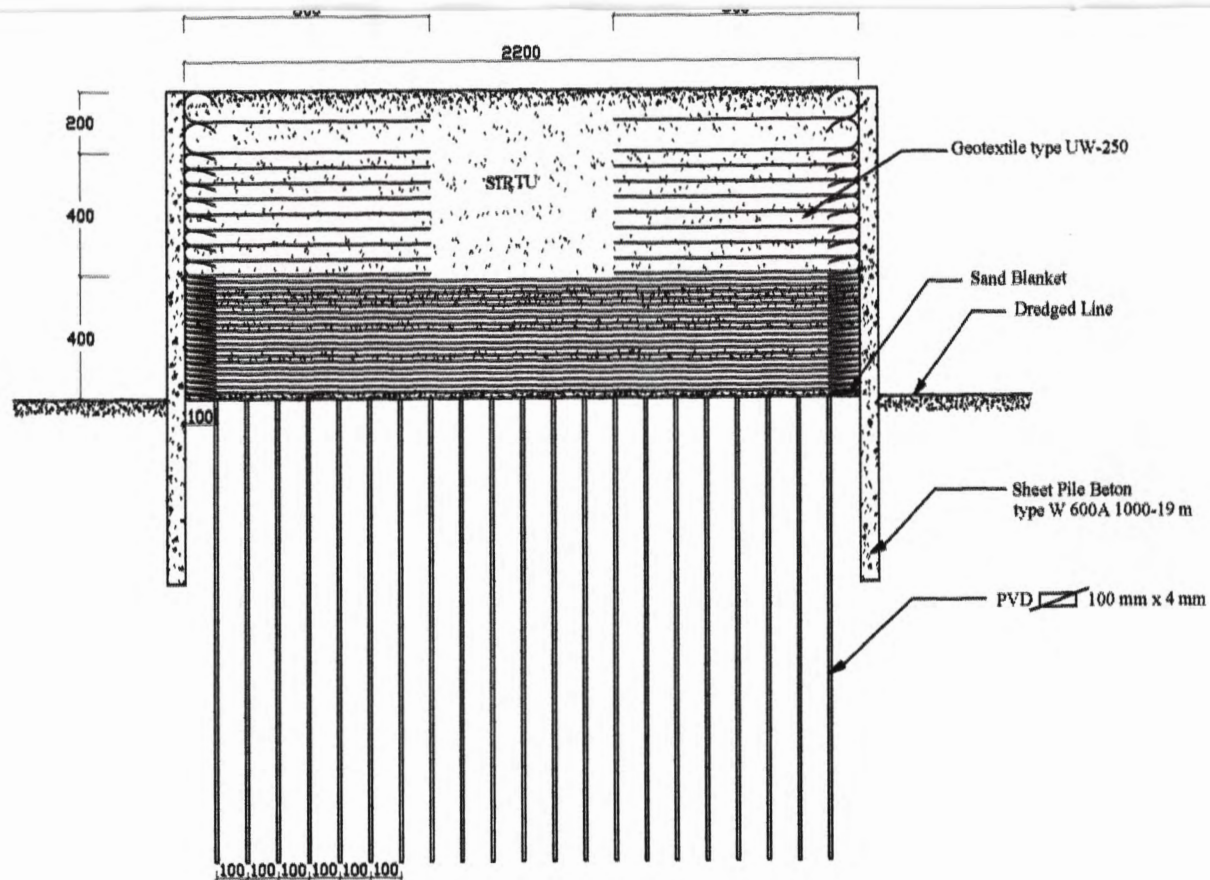


● REKAM BAHU PEMALANGAN PELAT BOX



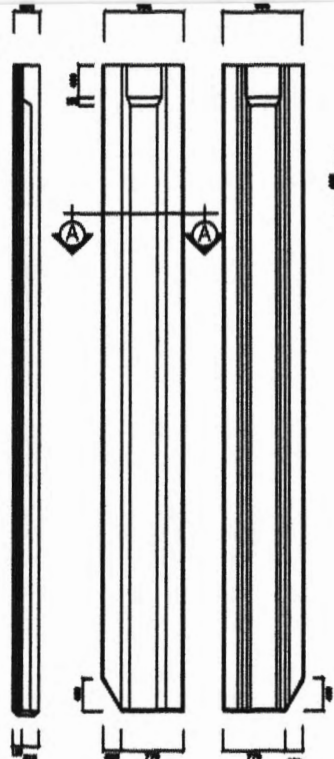
● FOTONGAN I-I



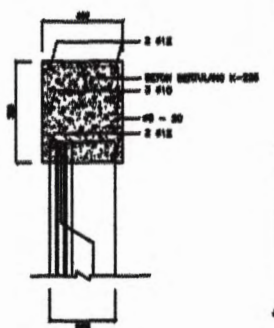
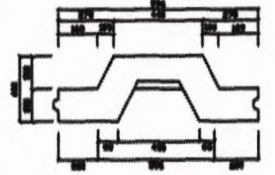


POTONGAN MELINTANG GEOTEXTILE - SHEET PILE

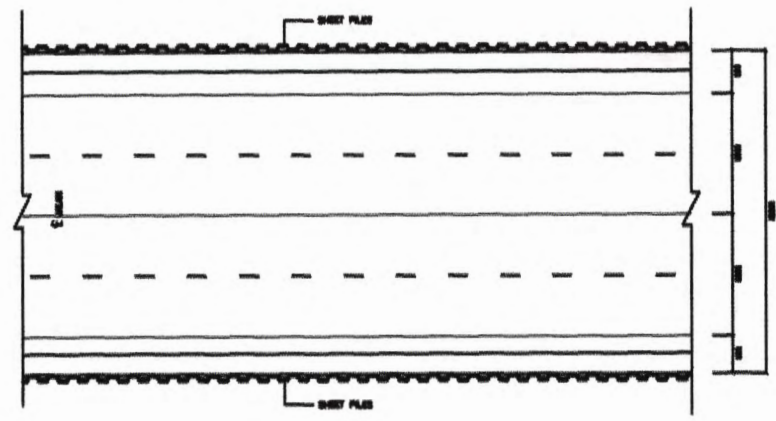




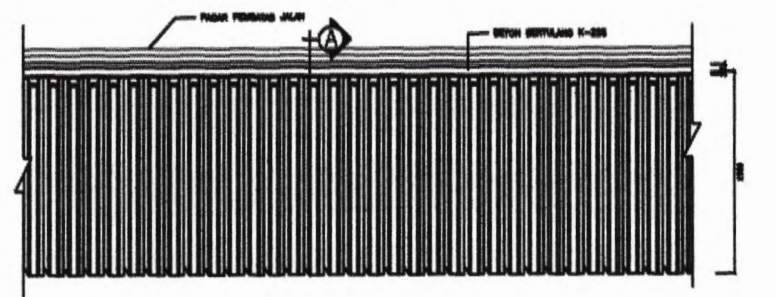
DETAIL



POTONGAN. A-A

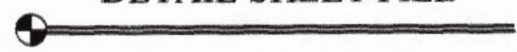


PLAN



TAMPAK SAMPING

## DETAIL SHEET PILE



## **BIODATA PENULIS**



Penulis dilahirkan di Surabaya, pada tanggal 22 Januari 1983, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Nusa Indah Rungkt Surabaya, SDN Wonokromo III Surabaya, kemudian dilanjutkan di SLTPN 36 Surabaya dan SMUN 5 Surabaya. Setelah lulus dari SMUN tahun 2001, Penulis mengikuti UMPTN dan akhirnya diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2001, terdaftar dengan Nomor Registrasi Pokok. 3101 100 052. Di

Jurusan Teknik Sipil ini Penulis aktif dalam kegiatan-kegiatan kemahasiswaan dengan menduduki jabatan sebagai Wakil Ketua II di Himpunan Mahasiswa Sipil FTSP ITS pada tahun 2003, kemudian juga sempat menjabat sebagai Pjs Ketua Himpunan pada tahun 2004, untuk tugas akhir sebagai persyaratan kelulusan sarjana teknik penulis mengambil Bidang Studi Geoteknik.