



**UM SURABAYA**

**“PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH  
METODE PRELOADING  
DIKOMBINASIKAN DENGAN  
*PREFABRICATED VERTICAL DRAINS (PVD)*  
(Studi Kasus Pengembangan Terminal Peti Kemas**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh :  
Arief Fachrur Rozi  
NIM. 09330006**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Isnaniati, MT**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI S1  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA  
2014**

**“Perencanaan Perbaikan Tanah Metode Preloading  
Dikombinasikan dengan  
*Prefabricated Vertical Drains (PVD)*  
(Studi Kasus Pengembangan Terminal Peti Kemas  
Belawan - Medan)”**

TUGAS AKHIR



oleh :

**Arief Fachrur Rozi**

**NIM : 09330006**

**Jurusan Teknik Sipil**

**Program Studi S1**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surabaya**

**2014**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**“Perencanaan Perbaikan Tanah Metode Preloading  
Dikombinasikan dengan  
*Prefabricated Vertical Drains (PVD)*  
(Studi Kasus Pengembangan Terminal Peti Kemas  
Belawan - Medan)”**

**Disusun Oleh :  
Arief Fachrur Rozi  
NRP. 09330006**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Isnaniati, MT. ....  
Pembimbing
2. Bambang Kiswono, ST. MT .....  
Penguji I
3. Ridwan, ST .....  
Penguji II

Surabaya, 21 Juli 2014

Kajur Teknik Sipil

Dekan Fakultas Teknik

Ir. Zainal Abidin, MT.

Ir. Gunawan, MT.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Alhamdulillah Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas Rahmat dan Karunia-Nya kepada penulis, sehingga naskah Tugas Akhir yang berjudul **“Perencanaan Perbaikan Tanah Metode Preloading Dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drains (PVD)*, (Studi Kasus Pengembangan Terminal Peti Kemas Belawan - Medan)”** dapat diselesaikan.

Untuk menyelesaikan Tugas akhir ini, tentunya tidak lepas dari segala hambatan dan rintangan, namun berkat bantuan moril maupun materiil dari berbagai pihak, akhirnya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Bapak Ir. Gunawan MT selaku dekan fakultas teknik.
2. Bapak Ir. Zaenal Abidin MT selaku Kaprodi Teknik Sipil.

3. Ibu Ir. Isnaniati MT yang menjadi dosen mekanika tanah dan pondasi yang selalu membimbing saya.
4. PT Teknindo Geosistem Unggul yang telah memberikan banyak masukan data untuk kelancaran Tugas Akhir ini.
5. Kedua orang tua yang selalu mendoakan keberhasilan anak-anaknya.
6. Teman-teman seperjuangan di Teknik Sipil, Bashofi Agus Fachris dan Noven.
7. Seluruh mahasiswa Universitas Muhammadiyah Surabaya pada umumnya dan mahasiswa prodi sipil pada khususnya.
8. Semua pihak yang telah membantu didalam penyusunan Tugas Akhir ini

*Wassalamu'alaikum Wr. Wb.*

Penyusun

## Daftar Isi

<b>Lembar pengesahan</b> .....	i
<b>Kata pengantar</b> .....	ii
<b>Abstrak</b> .....	iv
<b>Daftar isi</b> .....	vi
<b>Daftar Tabel</b> .....	x
<b>Daftar Gambar</b> .....	xi
<b>Daftar Istilah</b> .....	xiii
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xv
<b>BAB I Pendahuluan</b>	
1.1. Latar belakang .....	1
1.2. Rumusan masalah .....	3
1.3. Tujuan penulisan .....	4
1.4. Batasan masalah .....	5
1.5. Peta lokasi .....	6
<b>BAB II Landasan Teori</b>	
2.1. Tinjauan Umum .....	7
2.2. Penyelidikan Tanah (Soil Investigation) .....	12
2.2.1. Standart Penetration Test (SPT) .....	13
2.3. Tanah Lempung Lunak .....	16

2.4. Penurunan Tanah .....	18
2.4.1. Jenis – jenis Penurunan Tanah .....	18
2.5. Penurunan Konsolidasi .....	31
2.5.1. Koefisien konsolidasi vertikal ( $C_v$ ) .....	31
2.5.2. Faktor waktu .....	33
2.5.3. Derajat konsolidasi .....	33
2.5.4. Waktu penurunan konsolidasi .....	34
2.5.5. Panjang aliran drainage .....	35
2.6. Vertical Drain .....	36
2.6.1. Perkembangan vertical Drain .....	36
2.6.2. Prinsip dan fungsi vertical drain.....	37
2.6.3. Perencanaan vertical drain .....	43
2.7. Preloading .....	53
2.7.1. Tinggi timbunan awal .....	53
2.7.2. Tinggi timbunan kritis .....	56
2.7.3. Preloading tanpa vertical drain .....	56
2.7.4. Preloading dengan vertical drain .....	63

### **BAB III Metodologi**

3.1. Sistematika Penelitian .....	67
3.2. Time Schedule .....	73



## **BAB IV Analisa Data dan Perhitungan**

4.1. Data Sekunder .....	75
4.1.1. Data tanah .....	75
4.1.2. Spesifikasi (PVD) .....	78
4.1.3. Dimensi area reklamasi .....	79
4.2. Perencanaan Vertical drain .....	79
4.2.1. Data tanah sesuai kedalaman tanah .....	79
4.2.2. Perhitungan settlement .....	82
4.2.3. Merencanakan kedalaman vertikal drain .....	88
4.2.3.1. Perhitungan waktu konsolidasi	88
4.2.3.2. Menentukan kedalaman PVD ...	92
4.2.4. Pemilihan pola pemasangan PVD .....	94
4.2.5. Perhitungan derajat konsolidasi vertikal.....	95
4.2.6. Perhitungan derajat konsolidasi horisontal.....	95
4.3. Perencanaan Preloading .....	106
4.3.1. Perhitungan H-Initial dan H-Final .....	106
4.3.2. Perencanaan penimbunan bertahap ...	110

4.4. Perhitungan Daya dukung tanah ..... 112

**BAB V Penutup**

5.1. Kesimpulan ..... 125

5.2. Saran ..... 127

**Daftar Pustaka** ..... 128

**Lampiran** .....129

## Daftar Tabel

Tabel 2.1 Konsistensi tanah dominan lempung dan lanau .....	18
Tabel 2.2 Korelasi antara $T_v$ dan $U$ .....	33
Tabel 4.1 Korelasi $C_u$ , SPT dan Sondir .....	80
Tabel 4.2 Parameter Tanah .....	81
Tabel 4.3 Perhitungan settlement akibat beban timbunan $q = 3 \text{ t/m}^2$ .....	86
Tabel 4.4 Kecepatan penurunan tanpa vertikal drain .....	91
Tabel 4.5 Perbandingan Kedalaman <i>Prefabricated Vertical Drain</i> PVD dengan Rate Of Settlement ( $q = 3 \text{ t/m}^2$ ). .....	93
Tabel 4.6 Nilai $F(n)$ untuk pola segitiga .....	97
Tabel 4.7 Nilai $F(n)$ untuk pola segiempat .....	98
Tabel 4.8 Derajat konsolidasi Rata - rata ( $U_{av}$ ), PVD pola segitiga jarak 0,80 m .....	100
Tabel 4.9 Derajat konsolidasi Rata - rata ( $U_{av}$ ), PVD pola segiempat jarak 0,80 m .....	103
Tabel 4.10 Hubungan H-Initial, H-Final dan Settlement total sedalam PVD .....	107
Tabel 4.11 Tahapan penimbunan dengan $H_{cr} = 4,1 \text{ m}$ .....	113
Tabel 4.12 Hubungan $t$ dengan $U$ , jarak PVD 0,80 m .....	114
Tabel 4.13 Kondisi Penimbunan Sampai $H = 4.00 \text{ m}$ .....	115

## Daftar Gambar

Gambar 2.1 Sistem Urugan dengan Sistem Hydraulic Fill .....	9
Gambar 2.2 Reklamasi dengan Blanket Fill .....	10
Gambar 2.3 Penetrasi dengan SPT .....	15
Gambar 2.4 Perubahan volume pada penurunan konsolidasi .....	21
Gambar 2.5 Perubahan Tegangan saat Konsolidasi .....	25
Gambar 2.6 Perhitungan Penurunan Konsolidasi pada Normally Consolidated Clay .....	26
Gambar 2.7 Perhitungan Penurunan Konsolidasi pada Over Consolidated Clay untuk kondisi $(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma') < \sigma'_p$ .....	27
Gambar 2.8 Perhitungan Penurunan Konsolidasi pada Over Consolidated Clay untuk kondisi $(\sigma_{vo}' + \Delta\sigma') > \sigma'_p$ .....	28
Gambar 2.9 Tahapan Penurunan Tanah .....	30
Gambar 2.10 Panjang Lintasan Drainase Satu arah (a) dan Dua arah (b) .....	35
Gambar 2.11 Preloading dengan Prefabricated vertical Drains .....	40
Gambar 2.12 Bagian Prefabricated vertical drains.....	41
Gambar 2.13 Contoh penampang Mandrel .....	42

Gambar 2.14 Zona Pengaruh Drain berdasarkan Pola Pemasangan Persegi dan Segitiga .....	46
Gambar 2.15 Pola Pemasangan Persegi .....	48
Gambar 2.16 Pola Pemasangan Segitiga .....	49
Gambar 2.17 Proses Preloading .....	57
Gambar 2.18 Perbandingan Waktu dan Penurunan Tanpa Preloading dan dengan Preloading .....	58
Gambar 2.19 Pemberian preloading secara bertahap (a) dan secara counter weight (b) .....	62
Gambar 2.20 Perbandingan Waktu dan Penurunan Tanpa Preloading, dengan Preloading, dan dengan Vertical Drains .....	64
Gambar 2.21 Proses Preloading dengan Vertical Drains .....	64
Gambar 4.1 Grafik N-SPT Vs Kedalaman .....	77
Gambar 4.2 Data Spesifikasi PVD .....	78
Gambar 4.3 Tabel Influence Factor I. (NAVFAC DM-7, 1970) .....	85
Gambar 4.4 Grafik Derajat konsolidasi PVD .....	105
Gambar 4.5 Kurva Hubungan H-Initial vs H-Final .....	108
Gambar 4.6 Kurva Hubungan Sc vs H-Final .....	109

## Daftar Istilah

P	= Beban terbagi rata (diatas permukaan tanah)
B	= Beban pondasi
$\mu$	= Angka poisson
E	= Modulus elastisitas tanah (modulus young)
$I_p$	= Faktor pengaruh
Q	= beban timbunan
$S_i$	= Penurunan segera
$S_c$	= Penurunan konsolidasi primer
$S_s$	= Penurunan konsolidasi sekunder
$\sigma_{vo}'$	= tegangan overburden efektif (t/m <sup>2</sup> )
$\Delta\sigma'$	= penambahan tekanan/beban (t/m <sup>2</sup> )
$e_0$	= angka pori
H	= tebal lapisan tanah lembek yang memampat
$C_s$	= indeks pengembangan tanah
$C_c$	= indeks kompresi tanah
$E_p$	= Angka pori pada akhir konsolidasi primer
$C_a$	= Indeks pemampatan sekunder
$t_2/t_1$	= waktu
$C_v$	= koefisien konsolidasi ( cm <sup>2</sup> /dtk )
$T_v$	= faktor waktu tergantung dari derajat konsolidasi
t	= waktu konsolidasi

- $H_{dr}$  = Panjang aliran drainase  
 $C_v$  = koefisien konsolidasi (  $cm^2/dtk$  )  
 $C_h$  = koefisien konsolidasi aliran horisontal (  $cm^2/dtk$  )  
 $t$  = waktu konsolidasi (  $dtk$  )  
 $U_v$  = derajat konsolidasi berdasarkan drainase arah vertikal (dalam desimal)  
 $U_h$  = derajat konsolidasi berdasarkan drainase arah horizontal (dalam desimal)  
 $D$  = diameter equivalen lingkaran (  $cm$  )  
 $F(n)$  = faktor hambatan disebabkan karena jarak antara PVD  
 $d_e$  = diameter hidrolis)  
 $d_w$  = diameter drain)  
 $c_u$  = kohesi tanah dasar (  $t/m^2$  )  
 $\gamma_{timb}$  = berat volume tanah timbunan (  $t/m^3$  )  
 $H_{cr}$  = tinggi timbunan kritis (  $m$  )  
 $\gamma$  = berat volume tanah  
 $\gamma^1$  = berat volume tanah jenuh air

## **DAFTAR LAMPIRAN**

### **Lampiran 1**

Lembar asistensi  
Lokasi titik bore hole  
Profil lapisan tanah  
Layout reklamasi  
Data boring log  
Data laboratorium tanah  
Kurva konsolidasi

### **Lampiran 2**

Settlement akibat beban timbunan ( $q$ )  
Daya dukung tanah

### **Lampiran 3**

Derajat konsolidasi gabungan ( $U$  gab)  
Perubahan daya dukung tanah akibat penimbunan bertahap  
Hasil perhitungan pemampatan akibat pentahapan penimbunan  
Kurva waktu dan penurunan



## DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah dalam Prinsip – Prinsip Rekayasa Geoteknik, Jilid 1*. Jakarta : Erlangga.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dangkal*. Surabaya : Penerbit ITS.
- Wahyudi, Herman. 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya : Penerbit ITS.
- Mochtar, Indra Surya B. 2000. *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)*. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil ITS.
- Wahyudi, Herman. 1997. *Teknik Reklamasi*. Surabaya : Penerbit ITS.
- PT. Teknindo Geosistem Unggul. DVD – Perbaikan tanah Lunak – Preloading dan PVD. Surabaya.
- PT. Teknindo Geosistem Unggul. DVD – Kuliah Produk Geosintetik. Surabaya.