

## **TUGAS AKHIR**

**“PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN METODE  
PRELOADING MENGGUNAKAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN  
(PVD) PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL  
PADANG – LUBUK ALUNG – SICINCIN STA 3+550 – 3+750”**

*Disusun guna memenuhi persyaratan mata kuliah Tugas Akhir pada  
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Universitas Bung Hatta*

**Oleh :**

**NAMA : INDRIANI LEWINSKY**

**NPM : 1610015211010**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS BUNG HATTA**

**PADANG  
2021**

**PERENCANAAN PERBAIKAN TANAH LUNAK DENGAN METODE  
PRELOADING MENGGUNAKAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN  
(PVD) PADA PROYEK PEMBANGUNAN JALAN TOL  
PADANG – LUBUK ALUNG – SICINCIN STA 3+550 – 3+750”**

**Indriani Lewinsky<sup>1)</sup>, Eva Rita<sup>2)</sup>, Robby Permata<sup>3)</sup>**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,  
Universitas Bung Hatta, Padang

E-mail : [indrianilewinsky08@gmail.com](mailto:indrianilewinsky08@gmail.com) , [evarita@bunghatta.ac.id](mailto:evarita@bunghatta.ac.id), [robbypermata@bunghatta.ac.id](mailto:robbypermata@bunghatta.ac.id)

**Abstrak**

Kondisi tanah pada proyek pembangunan Jalan Tol Padang – Lubuk Alung – Sicincin STA 3+550 sampai STA 3+750 memiliki konsistensi tanah sangat lunak dengan nilai tahanan konus ( $q_c$ ) sebesar 0-10 kg/cm<sup>2</sup>. Tanah dengan kondisi tersebut mempunyai daya dukung rendah, pemampatan tanah dasar yang relatif besar dan berlangsung lama, sehingga dapat mengakibatkan keruntuhan struktur yang dibangun di atasnya. Untuk itu dilakukanlah perbaikan tanah lunak dengan menggunakan metode preloading dan *Prefabricated Vertikal Drain* (PVD). Adapun data yang digunakan adalah data sondir elektrik (CPTu) untuk menentukan parameter tanah dan besarnya penurunan (*settlement*). Perencanaan pemasangan PVD digunakan dua pola yaitu pola segitiga dan bujur sangkar dengan jarak pemasangan PVD ( 1, 1,5 dan 2 m). Hasil perencanaan Preloading diperoleh, untuk  $H_{rencana} = 2$  m,  $H_{preloading} = 2,64$  m dan  $H_{total} = 4,64$  m dengan penurunan total sebesar 71,329 cm. Pada derajat konsolidasi 90% dengan konsolidasi tanpa PVD didapatkan waktu konsolidasi 13,27 tahun, sedangkan konsolidasi menggunakan PVD pola pemasangan berbentuk segitiga dengan jarak 1 m diperlukan waktu konsolidasi selama 120 hari dan untuk PVD pola pemasangan berbentuk bujur sangkar diperlukan waktu selama 150 hari.

**Kata Kunci : Tanah Lunak, CPTu, *Prefabricated Vertical Drain*, Penurunan, Waktu**

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL TUGAS AKHIR</b>	
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xiv</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>xv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sitematika Penulisan.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 Tinjauan Umum.....	6
2.2 Penyelidikan Tanah di Lapangan .....	6
2.2.1 Penyelidikan Tanah dengan Sondir .....	7
2.2.2 Penyelidikan Tanah di dengan Bor Tes dan SPT .....	10
2.3 Penyelidikan Tanah di Laboratorium .....	11
2.4 Pengertian Tanah .....	12
2.4.1 Sistem Klasifikasi Tanah .....	13
2.4.1.1 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tesktur .....	13
2.4.1.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Unified System .....	14
2.4.1.3 Kalsifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO .....	16
2.5 Tanah Lunak .....	19
2.6 Tipe-tipe Perbaikan Tanah.....	20

2.7 Interpretasi Parameter CPTu (Piezecone) .....	23
2.7.1 Menentukan Profil dan Klasifikasi Tanah .....	23
2.7.2 Menentukan Berat Satuan Tanah ( $\gamma$ ) .....	25
2.7.3 Menentukan nilai Tegangan Efektif Tanah .....	25
2.7.4 Menentukan Nilai <i>Over Consolidation Ratio</i> (OCR) .....	27
2.7.5 Menentukan Nilai <i>Constrained Modulus</i> (M) .....	28
2.8. Penurunan/ Konsolidasi .....	29
2.8.1 Besar Penurunan Konsolidasi ( $S_c$ ) .....	30
2.8.2 Konduktivitas Hidraulik/ <i>permeability</i> (k) .....	34
2.8.3 Koefisien Konsolidasi Vertikal ( $C_v$ ) .....	35
2.8.4 Waktu Konsolidasi Alami .....	36
2.8.5 Derajat Konsolidasi Arah Vertikal ( $U_v$ ) .....	37
2.9. Pembebanan Timbunan .....	38
2.10 Prapembebanan (Preloading).....	38
2.11 Penentuan Tinggi Timbunan .....	39
2.12 <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) .....	40
2.12.1 Teori Drainase Vertikal .....	43
2.12.2 Koefisien Konsolidasi Arah Horizontal ( $C_h$ ) .....	47
2.12.3 Menentukan Nilai $K_h/K_v$ .....	48
2.12.4 Diameter Ekuivalen ( $d_w$ ) .....	49
2.12.5 Penentuan Waktu Penurunan.....	50
2.13 Instrumen Geoteknik .....	51
2.13.1 <i>Settlement Plate</i> .....	52
2.13.2 <i>Pneumatic Piezometer</i> .....	53
2.13.3 <i>Inclinometer</i> .....	54
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>55</b>
3.1 Lokasi Penelitian .....	55
3.2 Diagram Penelitian .....	57
3.3 Tahapan Penelitian .....	58
3.3.1 Tahapan Persiapan.....	58
3.3.2 Pengumpulan Data.....	59

3.3.3 Perencanaan Geoteknik .....	61
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>63</b>
4.1 Pendahuluan .....	63
4.2 Penyelidikan Tanah .....	62
4.3 Menentukan Nilai Interpretasi Parameter Tanah dari data CPTu.....	64
4.3.1 Profil dan Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data CPTu .....	64
4.3.2 Menentukan Berat Satuan Tanah ( $\gamma$ ) .....	70
4.3.3 Menentukan Nilai Tegangan Efektif dan Tegangan Total Lapisan Tanah.....	71
4.3.4 Penentuan Nilai <i>Over Consolidation Ratio</i> (OCR) .....	72
4.3.5 Perhitungan Nilai <i>Constrained Modulus</i> (M) .....	74
4.4 Data Beban .....	75
4.4.1 Data Beban Perkerasan.....	75
4.4.2 Data Beban Lalu Lintas .....	76
4.4.3 Spesifikasi <i>Prefabricated Vertikal Drain</i> (PVD) .....	76
4.5 Perhitungan Konsolidasi tanpa Menggunakan PVD akibat beban timbunan .....	79
4.5.1 Distribusi Tegangan ( $\Delta p$ ) .....	79
4.6 Penurunan Konsolidasi .....	87
4.6.1 Penurunan Konsolidasi Primer .....	87
4.6.2 Penurunan Konsolidasi Sekunder .....	89
4.7 Perhitungan Waktu Penurunan Tanpa PVD .....	92
4.7.1 Konduktivitas Hidraulik (k) .....	93
4.8 Perencanaan <i>Prefabricated Vertikal Drain</i> (PVD) .....	98
4.8.1 Spesifikasi <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) .....	99
4.8.2 Nilai Koefisien Konsolidasi arah Horizontal (Ch) .....	99
4.8.3 Nilai Kh/Kv pada Tanah Lunak.....	100
4.8.4 Penentuan Jumlah Titik PVD .....	101
4.9 Analisa Debit Aliran Air Vertikal .....	117
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>122</b>
5.1 Kesimpulan .....	122

5.2 Saran .....123

**DAFTAR PUSTAKA**..... xvii

**LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Sebaran Tanah Lunak Indonesia .....	2
Gambar 2.1	Prosedur Pengujian Penetrasi Kerucut Piezocone (CPTu) .....	8
Gambar 2.2	Pengujian Kerucut Statis CPTu .....	8
Gambar 2.3	Ukuran Konus Untuk Pengujian CPTu.....	9
Gambar 2.4	<i>Split Spoon Sampler</i> Untuk Pengujian SPT .....	11
Gambar 2.5	Klasifikasi Berdasarkan Tekstur Tanah Yang Dikembangkan Oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) Skema Hubungan Kerja.....	14
Gambar 2.6	Kriteria Tanah Untuk Aplikasi <i>Vertical Drain</i> .....	22
Gambar 2.7	Metode Konstruksi Di Atas Tanah Lunak .....	22
Gambar 2.8	<i>Cpt Soil Behavior Type</i> (SBT) Chart .....	23
Gambar 2.9	Dimensi Berat Satuan Tanah $\gamma/\gamma_w$ Dari Data CPTu .....	25
Gambar 2.10	Tegangan Effektif Akibat Berat Sendiri Tanah .....	27
Gambar 2.11	Tambahan Tegangan Vertikal Akibat Beban Timbunan .....	33
Gambar 2.12	Prinsip <i>Preloading</i> Dengan PVD .....	39
Gambar 2.13	Material PVD .....	40
Gambar 2.14	Fungsi Penggunaan PVD Dan Tanpa PVD .....	41
Gambar 2.15	Pengujian Kerucut Statis CPTu .....	41
Gambar 2.16	PVD Dikaitkan Ke Pelat Baja .....	42
Gambar 2.17	Proses Pemasangan PVD .....	43
Gambar 2.18	Pemasangan PVD Di Lapangan.....	43
Gambar 2.19	Pola Pemasangan PVD .....	46
Gambar 2.20	Bentuk Konfigurasi Pemasangan <i>Vertical Drains</i> .....	46
Gambar 2.21	Grafik Penentuan Nilai $C_h$ Dari Hasil Uji CPTu.....	47
Gambar 2.22	Grafik Hubungan Nilai $T_{50}$ Nilai Koefisien Permeabilitas .....	48
Gambar 2.23	Diameter Ekuivalen PVD .....	50
Gambar 2.24	Proses Pemasangan <i>Settlement Plate</i> .....	52
Gambar 2.25	Detail <i>Settlement Plate</i> .....	53
Gambar 2.26	Detail <i>Pneumatic Piezometer</i> .....	54
Gambar 2.27	Material Dan Detail <i>Inclinometer</i> .....	54
Gambar 3.1	Lokasi Penelitian.....	55

Gambar 3.2	Rencana Jalan Kerja.....	56
Gambar 3.3	Bagan Alir Perencanaan.....	58
Gambar 3.4	Interpretasi Data Cptu Sta 3+650.....	59
Gambar 3.5	Grafik Dissipasi Sta 3+650.....	60
Gambar 4.1	Kondisi Tanah Berdasarkan Pengujian CPTu Pada Sta 3+650 .....	65
Gambar 4.2	Grafik Menentukan Jenis Perilaku Tanah (SBT).....	68
Gambar 4.3	Distribusi Tegangan Metode <i>Boussinesq</i> .....	80
Gambar 4.4	Sketsa Timbunan.....	91
Gambar 4.5	Grafik Hubungan Waktu Dan Derajat Konsolidasi Tanpa PVD .....	97
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Pemampatan ( $S_c$ ) Dengan Waktu Konsolidasi Tanpa PVD.....	98
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Nilai T50 Dengan Nilai Koefisien Permeabilitas (K) .....	100
Gambar 4.8	Hubungan Antara Penurunan Tanah Dan Waktu Konsolidasi Menggunakan Pvd.....	116
Gambar 4.9	Hubungan Antara Derajat Konsolidasi Dan Waktu Konsolidasi Menggunakan Pvd.....	116
Gambar 4.10	Pola <i>Prefabricated Vertical Drain</i> Jarak 1 m .....	120



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Konsistensi Tanah Menurut Harga Cu, N-Spt, Dan Qc.....	12
Tabel 2.2	Sistem Klasifikasi Tanah Menurut Unified .....	16
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO .....	18
Tabel 2.4	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO .....	19
Tabel 2.5	Definisi Kuat Geser Lempung Lunak .....	20
Tabel 2.6	Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah Lempung Lunak .....	20
Tabel 2.7	Cpt <i>Soil Behavior Type</i> (Sbt) .....	24
Tabel 2.8	Perkiraan Permeabilitas Tanah (K) Berdasarkan Grafik SBR Cpt Oleh Robertson (2010) .....	34
Tabel 2.9	Hubungan $U_v - Y_v$ Dan $T_v - U_v$ Dari Teori Konsolidasi Terzaghi Satu Dimensi (Leonard, 1962).....	36
Tabel 2.10	Beban Lalu Lintas Untuk Analisis Stabilitas .....	38
Tabel 2.11	Rentang Nilai Dari Nilai $K_h/K_v$ Untuk Lempung Lunak.....	49
Tabel 4.1	Ruang Lingkup Pekerjaan-CPTu (Piezocone) .....	63
Tabel 4.2	Karakteristik Tanah Dasar Menggunakan Data CPTu .....	65
Tabel 4.3	Konsistensi Tanah Lunak pada STA 3+650 .....	66
Tabel 4.4	Jenis Perilaku Tanah (SBT) .....	68
Tabel 4.5	Klasifikasi Jenis Tanah Berdasarkan Nilai $Q_t$ .....	69
Tabel 4.6	Resume Nilai Berat Isi Tanah Tiap Lapisan Tanah .....	70
Tabel 4.7	Resume Nilai Tegangan Efektif Dan Tegangan Total Lapisan Tanah ....	72
Tabel 4.8	Resume Nilai OCR Pada Lapisan Tanah .....	73
Tabel 4.9	Resume Nilai $Q_t$ Dan M .....	75
Tabel 4.10	Beban Lalu Lintas Untuk Analisis Stabilitas .....	76
Tabel 4.11	Tinggi Timbunan Preloading .....	77
Tabel 4.12	Akumulasi Tanah Timbunan Dan Preloading.....	78
Tabel 4.13	Nilai Kohesi Efektif dan Sudut Geser Tanah pada Tanah Kohesif .....	78
Tabel 4.14	Faktor Distribusi Tegangan Dengan Nilai $Q_0 = 74,24 \text{ kN/m}^2$ .....	82
Tabel 4.15	Faktor Distribusi Tegangan Dengan Nilai $Q_0 = 90,24 \text{ kN/m}^2$ .....	83
Tabel 4.16	Faktor Distribusi Tegangan Dengan Nilai $Q_0 = 106,24 \text{ kN/m}^2$ .....	84
Tabel 4.17	Faktor Distribusi Tegangan Dengan Nilai $Q_0 = 122,24 \text{ kN/m}^2$ .....	85

Tabel 4.18	Faktor Distribusi Tegangan Dengan Nilai $Q_0 = 138,24 \text{ kN/m}^2$ .....	86
Tabel 4.19	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Penurunan Primer Pada STA 3+650 .....	88
Tabel 4.20	Nilai Penurunan Total dari Beban Distribusi Tegangan yang berbeda....	90
Tabel 4.21	Rekapitulasi Nilai Penurunan Akibat variasi Hr.....	91
Tabel 4.22	Rekapitulasi Hasil Perhitungan H Bongkar .....	92
Tabel 4.23	Perkiraan Permeabilitas Tanah (K) Berdasarkan Grafik Sbt Cpt Oleh Robertson (2010) .....	93
Tabel 4.24	Resume Nilai Cv Tiap Lapisan Tanah Dan Nilai Cv Gabungan .....	95
Tabel 4.25	Hubungan Waktu Dengan Derajat Konsolidasi .....	97
Tabel 4.26	Rentang Nilai Dari $K_h/K_v$ Untuk Lempung Lunak.....	100
Tabel 4.27	Jumlah Titik PVD .....	101
Tabel 4.28	Rekapitulasi Hasil Parameter Dari Perencanaan Jarak PVD 1 m, 1,5 m, 2 m Untuk Pola Segitiga .....	103
Tabel 4.29	Rekapitulasi Hasil Analisis Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Pola Segitiga Dengan Jarak 1 Meter .....	105
Tabel 4.30	Rekapitulasi Hasil Analisis Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Pola Segitiga Dengan Jarak 1,5 Meter .....	106
Tabel 4.31	Rekapitulasi Hasil Analisis Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Pola Segitiga Dengan Jarak 2 Meter .....	107
Tabel 4.32	Rekapitulasi Hasil Parameter Dari Perencanaan Jarak Pvd 1 M, 1,5 M , 2 M Untuk Pola Bujur Sangkar.....	110
Tabel 4.33	Rekapitulasi Hasil Analisis Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Pola Bujur Sangkar Dengan Jarak 1 Meter .....	112
Tabel 4.34	Rekapitulasi Hasil Analisis Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Pola Bujur Sangkar Dengan Jarak 1,5 Meter .....	113
Tabel 4.35	Rekapitulasi Hasil Analisis Derajat Konsolidasi Menggunakan PVD Dengan Pola Bujur Sangkar Dengan Jarak 2 Meter .....	114
Tabel 4.36	Perhitungan Debit Vertikal Pola Segitiga .....	118
Tabel 4.37	Perhitungan Debit Vertikal Pola Bujursangkar.....	119

## DAFTAR NOTASI

FR	: Rasio Gesekan
F <sub>s</sub>	: Gesekan Selimut
OCR	: Over Consolidated Rasio
Q <sub>c</sub>	: Tahanan Ujung Konus
Q <sub>t</sub>	: Tahanan Ujung Terkoreksi
T	: Waktu
u <sub>2</sub>	: Tekanan Air Pori
SBT	: Soil Behaviour Type
γ	: Berat Satuan Tanah
γ <sub>w</sub>	: Berat Satuan Air
P <sub>a</sub>	: Tekanan Atmosfir (100 kPa)
σ <sub>vo</sub>	: Tegangan Total
σ' <sub>vo</sub>	: Tegangan Efektif
M	: Constrained Modulus
Δp	: Distribusi Tegangan
Sc	: Penurunan Konsolidasi
k	: Permeabilitas Tanah
C <sub>v</sub>	: Koefisien Konsolidasi Vertikal
Ch	: Koefisien Konsolidasi Horizontal
U <sub>v</sub>	: Derajat Konsolidasi Vertikal
U <sub>h</sub>	: Derajat Konsolidasi Horizontal
H <sub>dr</sub>	: Tebal Tanah yang mampat
T	: Waktu
T <sub>v</sub>	: Faktor Waktu arah vertikal
T <sub>h</sub>	: Faktor Waktu arah horizontal
S	: Jarak PVD
D	: Daerah Ekuivalen
F(n)	: Faktor Tahanan Akibat Jarak antara PVD
U <sub>gab</sub>	: Nilai Derajat Konsolidasi Gabungan