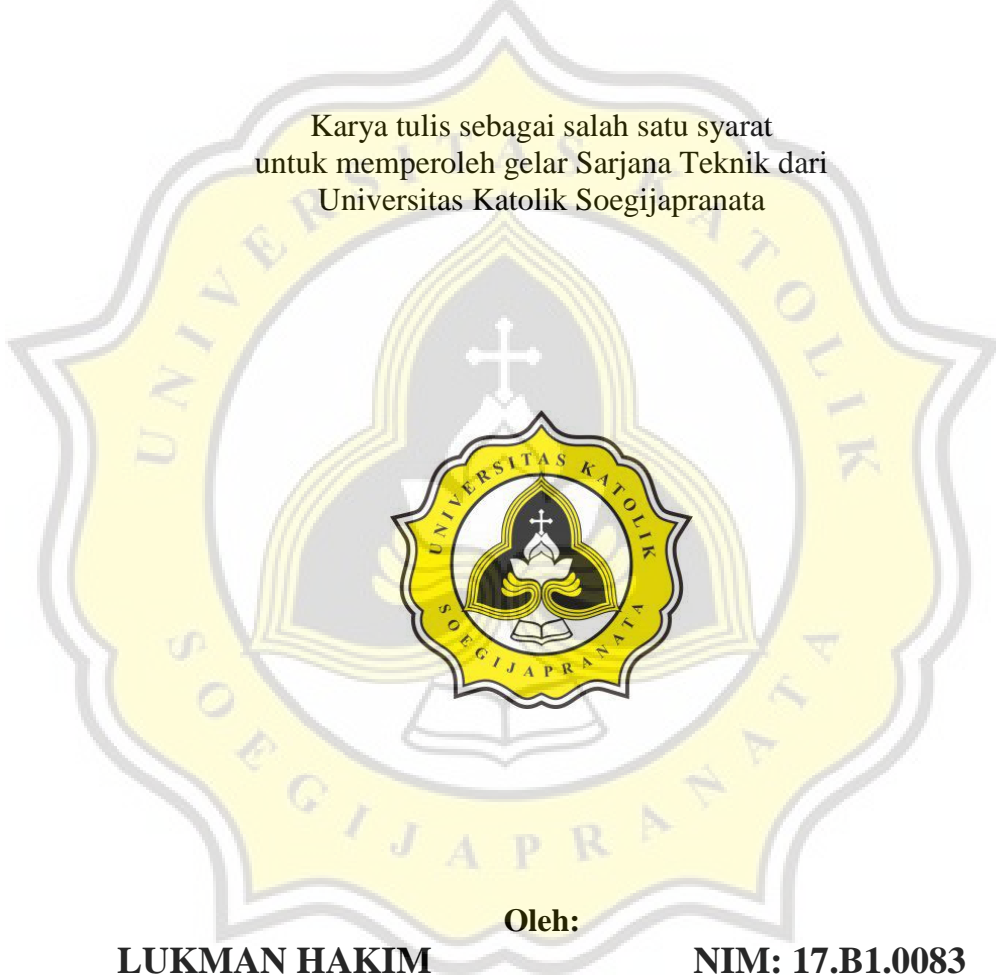


**ANALISIS PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK
MENGUNAKAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*
KOMBINASI *VACUUM* DAN *PRELOADING* (STUDI KASUS
PADA PROYEK X) DI PERUMAHAN SEMARANG TIMUR**

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Universitas Katolik Soegijapranata



Oleh:
LUKMAN HAKIM

NIM: 17.B1.0083

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
JANUARI 2023**

LAPORAN SKRIPSI
ANALISIS PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK
MENGGUNAKAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*
KOMBINASI *VACUUM* DAN *PRELOADING* (STUDI KASUS
PADA PROYEK X) DI PERUMAHAN SEMARANG TIMUR

Diajukan dalam Rangka Memenuhi
Salah Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik



Oleh:
LUKMAN HAKIM NIM: 17.B1.0083

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG
JANUARI 202

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK MENGUNAKAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* KOMBINASI *VACUUM* DAN *PRELOADING* (STUDI KASUS PADA PROYEK X) DI PERUMAHAN SEMARANG TIMUR

Oleh:
LUKMAN HAKIM


NIM: 17.B1.0083

Telah diperiksa dan disetujui:

Tanggal 19 Januari 2023

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


(Dr. Ir. Maria Wahyuni, MT)
(NPP:5811992117)


(Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.Sc)
(NPP:5852022308)



Kaprodi


(Danist Hartanto, ST, MT)
(NPP:5811996197)

* PRODI TEKNIK SIPIL *



HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK MENGGUNAKAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN KOMBINASI VACUUM DAN PRELOADING (STUDI KASUS PADA PROYEK X) DI PERUMAHAN SEMARANG TIMUR

Diajukan oleh:

LUKMAN HAKIM

Telah disetujui, tanggal 12 januari 2023

Oleh

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr.Ir.Maria Wahyuni M.T.
NPP. 5811992117

Dr. Rinda Karlinasari
NPP. 5852022308

Mengetahui
Ka. Progdil Teknik Sipil

Daniel Hartanto S.T., M.T
NPP. 5811996197



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir : ANALISIS PERBAIKAN TANAH LEMPUNG LUNAK
MENGUNAKAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN
KOMBINASI VACUUM DAN PRELOADING (STUDI
KASUS PADA PROYEK X) DI PERUMAHAN SEMARANG
TIMUR

Diajukan oleh : Lukman Hakim

NIM : 17.B1.0083

Tanggal Disetujui : 12 Januari 2023

Telah Disetujui Oleh

Pembimbing 1 : Dr.Ir. Maria Wahyuni M.T.

Pembimbing 2 : Dr. Rinda Karlinasari

Penguji 1 : Dr.Ir. Maria Wahyuni M.T

Penguji 2 : Dr Rinda Karlinasari

Penguji 3 : Ir. D. Budi Setiyadi M.T.

Penguji 4 : Ir. David Widiyanto M.T.

Ketua Program Studi : Daniel Hartanto S.T.,M.T.

Dekan : Prof.Dr.Ir. Slamet Riyadi M.T

Halaman ini merupakan halaman yang sah dan dapat di verifikasi melalui alamat web dibawah ini.

sintak.unika.ac.id/skripsi/verifikasi/?id=17.B1.0083

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Katolik Soegijapranata No.0047/SK.Rek/X/2013 perihal Pernyataan Keaslian Skripsi, Tugas Akhir dan Tesis, maka yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lukman Hakim

NIM: 17.B1.0083

Sebagai penulis Tugas Akhir yang berjudul:

“Analisis Perbaikan Tanah Lempung Lunak Menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* Kombinasi *Vacuum* dan *Preloading* (Studi Kasus Pada Proyek X) Di Perumahan Semarang Timur”

Menyatakan bahwa Tugas Akhir merupakan karya akademik yang ditulis oleh penulis, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi lain atau diterbitkan oleh orang lain. Secara tertulis, semua rujukan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini ditulis dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa tugas akhir ini terdapat sebagian atau seluruhnya merupakan hasil plagiasi maka penulis menyatakan sanggup menerima segala akibatnya sesuai dengan hukuman dan peraturan yang berlaku di Universitas Katolik Soegijapranata, dan atau peraturan serta perundang- undangan yang berlaku.

Semarang, 19 Januari 2023



Lukman Hakim

(NIM: 17.B1.0083)

PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMISI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lukman Hakim

NIM : 17.B1.0083

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir

Menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Katolik Soegijapranata Semarang Hak Bebas Royalti Noneklusif atas karya yang berjudul: **“Analisis Perbaikan Tanah Lempung Lunak Menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* Kombinasi *Vacuum* dan *Preloading* (Studi Kasus Pada Proyek X) Di Perumahan Semarang Timur’** beserta perangkat yang ada. Dengan hak bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Katolik Soegijapranata berhak menyimpan, mengalihkan media, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir ini selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis atau pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Semarang, 19 Januari 2023



Lukman Hakim

(NIM: 17.B1.0083)

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga Tugas Akhir yang berjudul “**Analisis Perbaikan Tanah Lempung Lunak Menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* Kombinasi *Vacuum* dan *Preloading* (Studi Kasus Pada Proyek X) Di Perumahan Semarang Timur**” dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan Tugas Akhir ini dilakukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Jenjang Strata 1 (S1) program studi teknik sipil Universitas Katolik Soegijapranata Semarang.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Slamet Riyadi, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata,
2. Daniel Hartanto, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Soegijapranata,
3. Dr. Ir. Maria Wahyuni, MT selaku dosen pembimbing I selama proses penyusunan tugas akhir,
4. Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.Sc selaku dosen pembimbing II selama proses penyusunan tugas akhir,
5. Orang tua yang telah mendukung moril dan materil selama proses penyusunan tugas akhir,
6. Semua pihak yang telah banyak membantu penyusunan tugas akhir yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Akhir kata penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Semarang, 19 Januari 2023



Penulis



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Lukman Hakim
 MT Kuliah : Proposal Tugas akhir
 Dosen : Dr. Ir. Mario Wahyuni, MT
 Asisten :
 Dimulai :
 Selesai :
 NIM : 17. B1. 0083
 Semester : 10
 Dosen Wali : Dr. Ir. Herma wan, ST, MT.
 IPM ASEAN Eng., CPE.,
 Nilai :

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	16-03-2022	- Perbaiki penulisan judul - Cet kalimat, cet spasi Paragraf Bab 1 - cet penulisan Partarisi - Perbaiki posisi header - Padatkan Materi pada bab 1	f
2.	24-03-2022	- Padatkan isi materi bab 1 - cet penulisan bab 1 - Lanjut bab 2	f
3.	30-03-2022	- cet Rumusan Masalah bab 1 - cet Tujuan bab 1. - cet uraian Sub bab 2. - Perbaiki penulisan Bab 1 dan Bab 2 - Tambahkan gambar	f
4	04-04-2022	- Zoom Pembahasan rumusan masalah dan rujukan dengan Pembimbing 2 - Pembahasan Bab 2.	f
5.	11-04-2022	- Lengkapi bab 3 - Tambah gambar 2 penunjang - Tambahkan studi PLOKS - Lengkapi penelitian terdahulu - Lengkapi bab 2 + daftar pustaka	f
6.	15-04-2022	- Lanjut Bab 3, schedule dandaptarpustaka	b
7.	17-04-2022	- Print draft proposal lengkap Hitam Putih	b
8	18/04-'22	- CHECK MANDIRI DAFTAR ISI VS ISI - PERBAIKI SESUAI CATATAN	f
9	19/04-'22	ACE DIJUKAN DALAM UJIAN PROPOSAL	f

Semarang,.....
 Dosen/ Asisten

.....



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Lukman Hakim NIM : 17.01.0083
 MT Kuliah : Tugas Akhir Semester :
 Dosen : Dr. Irena Maria Wahyuni, MT Dosen Wali : Dr. Hermawan, ST, MT
 Asisten : IM ASEAN Eng. CPS
 Dimulai :
 Selesai : Nilai :

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
10.	20-06-2022	- Peninjauan buku Plaxis - Asistensi Pembahasan target pengerjaan Draft	3f
11.	15-07-2022	- Zoom dengan Rembingbing 1 dan 2 berkaitan Analisa pemodelan	3f
12.	19-07-2022	- Penyermbilan parameter tanah dan latihan pemodelan perbaikan tanah	3f
13	4-09-2022	- Pengajaran sementara pemodelan Plaxis dan dilakukan perbaikan pada parameter tanah	3f
14-	13-09-2022	- PERBAIKI SESUAI CATATAN → CHECK SUMBER, FOMAT PENULISAN, dll - LANJUTKAN	3f
15.	5-10-2022	- Perbaiki bab 3 sesuai catatan? - Lanjutkan susun Bab 4, cover sampai kesimpulan	3f
16.	10-10-2022	- zoom bersama pemodelan, cet hasil tabel buat tabel ringkasan	3f
17.	16-10-2022	- cet penulisan, daftar isi, tabel SF - cet mandiri daftar isi - Daftar pustaka	3f
18	17/10-'22	ACC DRAJUKAN DAFTAR UJIAN DRAFT DENGAN CAT: PERBAIKI SUB. BAB 4 SESUAI DISKUSI	3f

Semarang,.....
 Dosen/ Asisten



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Lykman Hakim
MT Kuliah : Tugas Akhir
Dosen : Dr. Ir. Maria Wahyuni MT
Asisten :
Dimulai :
Selesai :
NIM : 17.01.0083
Semester :
Dosen Wali : Dr. Hermawan ST. MT
IPM. ASEAN Eng. CPSP
Nilai :

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
19	12/12/2022	- Perbaiki Penulisan Lampiran (Daftar Isi) - Perbaiki Diagram Bab 3. - Perbaiki / tambahkan Saran Bab 5.	H
20	15/12-122	ACC DIAJUKAN DALAM UJIAN AKHIR	H

Semarang,.....
Dosen/ Asisten



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Lubman Hakim
 MT Kuliah : Tugas Akhir
 Dosen : Dr. Ir. Rinda Kartina Sari
 Asisten :
 Dimulai :
 Selesai :
 NIM : 17.01.0083
 Semester :
 Dosen Wali : Dr. Hermaawan S.T.MT
 (Dm. ASEAN Eng. CPSP)
 Nilai :

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
9.	20-08-2022	- Perbaiki floris COE parameter - lanjut latihan Vacuum	<i>mi</i>
10.	2-09-2022	- pengecekan skripsi Demodelan Vacuum - Buat Ringkasan dibuat PPT	<i>mi</i>
11.	10-10-2022	- Zoom bersama. Hasil Demodelan PUD dengan pre loading dan PUD dengan Vacuum - Buat Tabel Ringkasan - Demodelan OK	<i>mi</i>
12.	17-10-2022	- Acc Asuhan Sidang DRAFT	<i>mi</i>

Semarang,.....

Dosen/ Asisten

mi



016/00/UNIKA/TS/R-QSR/III/07

Nama : Lukman Haeim NIM : 17.51.0083
 MT Kuliah : Proposal Tugas Akhir Semester : 10
 Dosen : Dr. Ir. Rindi Kartiregiri, MT Dosen Wali : Dr. Ir. Hermawan, ST, MT
 Asisten : IPM ASEAN Eng., CPS
 Dimulai :
 Selesai : Nilai :

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1.	24-03-2021	- Perbaikan mengenai isi Bab 1 - Pergecekan latar belakang - Batasan Penelitian.	<i>ghi</i>
2.	04-04-2022	- Zoom pembahasan rumusan masalah dan tujuan, simpul batasan penelitian dilampirkan perbaikan	<i>ghi</i>
3.	06-04-2022	- Tinjauan pustaka harus ada skema PUD dengan Pre loading dan PUD dengan Vacuum dan Perbaikan Materi Bab 2	<i>ghi</i>
4.	11-04-2022	- Zoom mengenai pembahasan skema perbaikan tanah tanah lunak dan perbaikan isi bab 2 dan 3 - Kirim cover - Daftar Pustaka	<i>ghi</i>
5.	19-04-2022	Acc <u>Proposal</u>	<i>ghi</i>
6.	15-06-2022	- Perencanaan Estimasi penyelesaian Perbaikan & Lapis.	<i>ghi</i>
7.	16-07-2022	- Zoom dengan pembimbing 1 dan 2 berkaitan Analisa Perbaikan.	<i>ghi</i>
8.	5-08-2022	- Zoom dengan pembimbing 2 dan stafnya. Asistensi Pengolahan data tanah yang akan dipapari	<i>ghi</i>

Semarang,.....

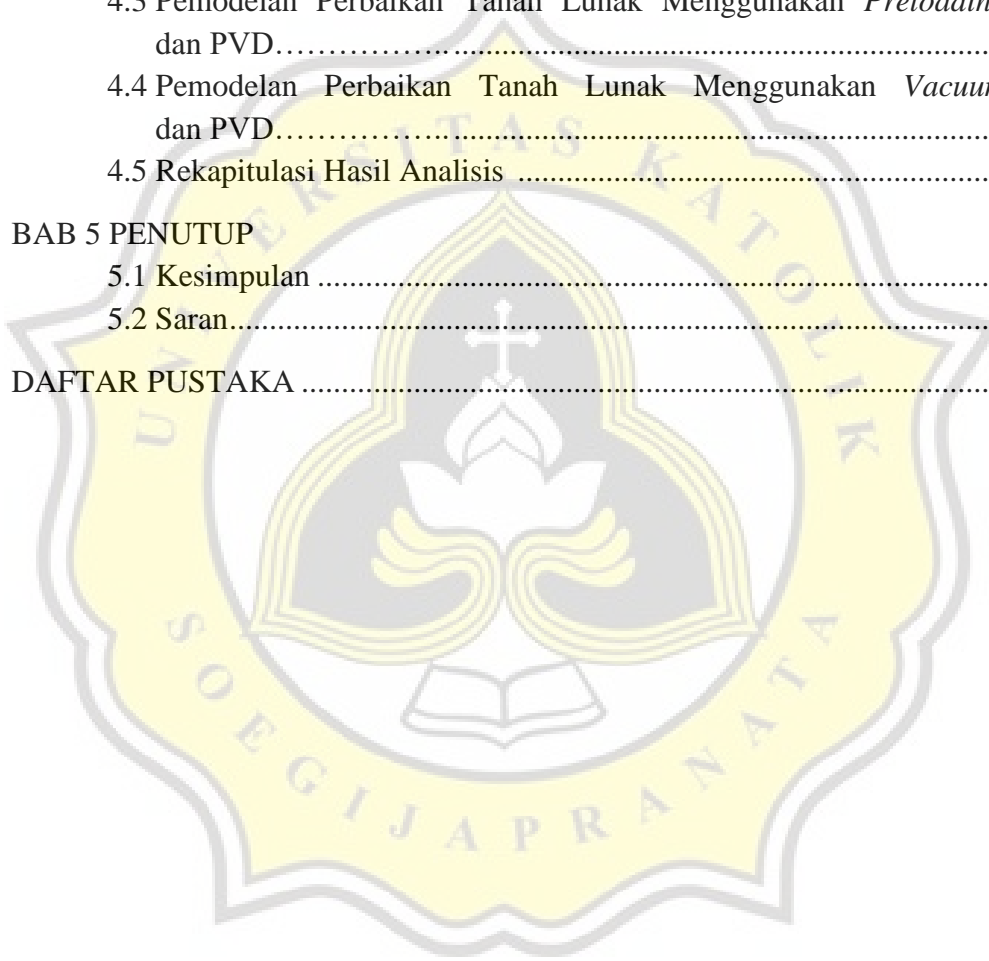
Dosen/ Asisten

ghi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN LAPORAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN TUGAS AKHIR	iv
PRAKARTA	v
KARTU ASISTENSI	vi
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xxi
ABSTRAK	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanah.....	7
2.1.1 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO	13
2.1.2 Klasifikasi Tanah Sistem Unified	15
2.2 Pengertian Tanah Lunak	19
2.3 Sifat-Sifat Tanah Lunak	19
2.4 Tipe Tanah Lunak	21
2.5 Penurunan Tanah Lunak	24
2.6 <i>Standard Penetration Test</i> (SPT) dan <i>Cone Penetration Test</i> (CPT) ..	29
2.7 Perbaikan Tanah Lunak.....	36
2.7.1 <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	37
2.7.2 <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) Kombinasi <i>Preloading</i> ...	40
2.7.2.1 Kriteria Perancangan	43
2.7.2.2 Pelaksanaan Pekerjaan	45
2.7.3 <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD) Kombinasi <i>Vacuum</i>	52
2.7.3.1 Persyaratan Material dan Pemasangan	55
2.7.3.2 Pelaksanaan Pekerjaan	58
2.7.4 <i>Prefabricated Horizontal Drain</i> (PHD)	60
2.8 Plaxis 2D	62

2.9 Penelitian Terdahulu	70
BAB 3 Metode Penelitian	
3.1 Uraian Umum.....	75
3.2 Diagram Alir Penelitian	75
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Umum Proyek	79
4.2 Pemodelan Tanpa PVD	85
4.3 Pemodelan Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan <i>Preloading</i> dan PVD.....	99
4.4 Pemodelan Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan <i>Vacuum</i> dan PVD.....	118
4.5 Rekapitulasi Hasil Analisis	141
BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	144
5.2 Saran.....	145
DAFTAR PUSTAKA	146



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batasan-Batasan Ukuran Golongan Tanah	10
Tabel 2.2	Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO	15
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah Sistem USCS.....	17
Tabel 2.4	Nilai Angka Pori, Kadar Air Dari Tanah Jenuh Air Dan Berat Volume Kering Dari Tanah Asli	21
Tabel 2.5	Klasifikasi Tanah Berdasarkan CPT	31
Tabel 2.6	Konsistensi Tanah Lempung Berdasarkan Hasil CPT	31
Tabel 2.7	Korelasi N-SPT dengan Kohesi Tanah Kohesif.....	32
Tabel 2.8	Korelasi N-SPT dengan Sudut Geser Tanah Pasir	32
Tabel 2.9	Korelasi N-SPT dengan Sudut Geser Berbagai Tanah.....	32
Tabel 2.10	Nilai Perkiraan Modulus Elastisitas Tanah	33
Tabel 2.11	Nilai Perkiraan Angka <i>Poisson</i> Tanah	33
Tabel 2.12	Nilai Permeabilitas Tanah	34
Tabel 2.13	Hubungan Indeks Pemampatan (C_c)	36
Tabel 2.14	Hubungan Angka Pori Dengan Berbagai Macam Jenis Tanah	36
Tabel 2.15	Kapasitas Aliran Minimum (BS EN 15237:2007)	39
Tabel 2.16	Kelas Geotekstil Untuk Separator (AASHTO M-228-96).....	55
Tabel 2.17	Sifat-sifat dan Persyaratan Geotekstil	56
Tabel 2.18	Parameter <i>Mohr-Coloumn</i>	67
Tabel 2.19	Parameter <i>Hardening Soil</i>	68
Tabel 2.20	Parameter <i>Soft Soil</i>	69
Tabel 4.1	Klasifikasi Tanah SPT Titik BH1	81
Tabel 4.2	Korelasi N-SPT Dengan Modulus Elastisitas	81
Tabel 4.3	Nilai Permeabilitas Tanah	82
Tabel 4.4	Hubungan Nilai N-SPT dengan Berat Jenis Tanah Jenuh.....	83
Tabel 4.5	Rekapitulasi Parameter Tanah Titik BH1	83
Tabel 4.6	Tahapan Pelaksanaan Konstruksi Pemodelan PLAXIS	90
Tabel 4.7	Tahapan Pelaksanaan Konstruksi Pemodelan Preloading dan PVD.....	101
Tabel 4.8	Penurunan Tiap Konsolidasi	109
Tabel 4.9	Tahapan Pelaksanaan Konstruksi Pemodelan <i>Vacuum</i>	120
Tabel 4.10	Penurunan Tiap Konsolidasi Metode <i>Vacuum</i>	132
Tabel 4.11	Rekapitulasi Penurunan Konsolidasi Metode PVD Kombinasi <i>Preloading</i>	141
Tabel 4.12	Rekapitulasi Penurunan Konsolidasi Metode PVD Kombinasi <i>Vacuum</i>	141

Tabel 4.13	Rekapitulasi <i>Excess Pore Pressure</i> Metode PVD Kombinasi <i>Preloading</i>	142
Tabel 4.14	Rekapitulasi <i>Excess Pore Pressure</i> Metode PVD Kombinasi <i>Vacuum</i>	142
Tabel 4.15	Rekapitulasi <i>Safety Factor</i> Metode PVD Kombinasi <i>Preloading</i> .	143
Tabel 4.16	Rekapitulasi <i>Safety Factor</i> Metode PVD Kombinasi <i>Vacuum</i>	143



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Penyebaran Tanah Lunak Indonesia	1
Gambar 2.1	Diagram Fase Tanah	7
Gambar 2.2	Siklus Kejadian Beberapa Tipe Batuan.....	8
Gambar 2.3	Partikel Krikil.....	10
Gambar 2.4	Partikel Pasir	11
Gambar 2.5	Tanah Lanau.....	11
Gambar 2.6	Tanah Lempung	12
Gambar 2.7	Grafik Rentang Dari Batas Cair (LL) Dan Indek Plastisitas (PI) Untuk Tanah A-2 Sampai A-7	14
Gambar 2.8	Batasan-batasan <i>Atterberg Limit</i>	20
Gambar 2.9	Tanah Ekspansif	22
Gambar 2.10	Tanah Residual.....	22
Gambar 2.11	Tanah Sedimen.....	23
Gambar 2.12	Tanah Gambut.....	23
Gambar 2.13	Butiran Di Dalam Tanah Saat Proses Konsolidasi.....	25
Gambar 2.14	Grafik Hubungan Antara Waktu Dengan Pemampatan Untuk Penambahan Beban Yang Diberikan	25
Gambar 2.15	Grafik Hubungan Antara Angka Pori dan Tekanan Dari Tanah Untuk Lempung Yang Terkonsolidasi Normal Dengan Sensitifitas Rendah Hingga Sedang.....	26
Gambar 2.16	Grafik Hubungan Antara Angka Pori dan Tekanan Dari Tanah Untuk Lempung Yang Terkonsolidasi Lebih Dengan Sensitifitas Rendah Hingga Sedang	27
Gambar 2.17	<i>Split Spoon Sampler</i>	29
Gambar 2.18	Pengujian SPT.....	30
Gambar 2.19	Kurva hubungan antara log tekanan p dengan angka pori untuk perhitungan indeks pemampatan dan indeks pengembangan.....	35
Gambar 2.20	Material <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	37
Gambar 2.21	Skema Perbaikan Tanah Lunak Metode <i>Preloading</i>	41
Gambar 2.22	Skema Kombinasi <i>Preloading</i> dan <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	42
Gambar 2.23	Pola Pemasangan PVD Segitiga dan Segiempat.....	43
Gambar 2.24	Metode Pelaksanaan Pemasangan PVD.....	45
Gambar 2.25	Pola Konfigurasi Pemasangan PVD.....	46
Gambar 2.26	Pemasangan Sepatu Pelat.....	46
Gambar 2.27	Pemancangan Mandrel Kedalam Tanah.....	47

Gambar 2.28	Pemotongan <i>Mandrel</i> Diatas Tanah.....	47
Gambar 2.29	Pemasangan PHD.....	48
Gambar 2.30	Pemasangan <i>Settlement Plate</i>	48
Gambar 2.31	Pemasangan <i>Extensometer</i>	49
Gambar 2.32	Pemasangan <i>Standpipe Piezometer</i>	49
Gambar 2.33	Pemasangan <i>Vibrating Wire Piezometer</i>	50
Gambar 2.34	Pemasangan <i>Pneumatic Piezometer</i>	50
Gambar 2.35	Pemasangan <i>Inclinometer</i>	50
Gambar 2.36	Pemasangan Timbunan Tanah <i>Preload</i>	51
Gambar 2.37	Alat <i>Vibro Compactor</i>	52
Gambar 2.38	Skema Kombinasi <i>Vacuum</i> dan <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	53
Gambar 2.39	Pemasangan Geotekstil.....	58
Gambar 2.40	Pemasangan Geomembrane.....	59
Gambar 2.41	Galian Angkur.....	59
Gambar 2.42	Pemasangan Pompa <i>Vacuum</i>	60
Gambar 2.43	Fungsi PHD.....	60
Gambar 2.44	Material <i>Prefabricated Horizontal Drain</i>	61
Gambar 2.45	PHD Untuk <i>Preloading</i>	61
Gambar 2.46	PHD Untuk Vakum.....	62
Gambar 2.47	Pemodelan Geometri <i>Plane Strain</i>	64
Gambar 2.48	Pemodelan Geometri <i>Axisymmetry</i>	64
Gambar 2.49	Peraturan 6 Nodal.....	65
Gambar 2.50	Peraturan 15 Nodal.....	65
Gambar 2.51	Lingkaran Mohr.....	66
Gambar 2.52	Grafik <i>Perfectly Elastic Plastic Model Mohr-Coloumn</i>	66
Gambar 2.53	Contoh Model <i>Joint-Rock</i>	67
Gambar 2.54	Grafik Hubungan Perbandingan Waktu Konsolidasi Dengan Derajat Konsolidasi Pada Desain PVD Pola Pemasangan Segitiga Dengan Konsolidasi Alami.....	70
Gambar 2.55	Pemodelan Geometri Reklamasi, <i>Preloading</i> Dan Drainase Vertikal.....	71
Gambar 2.56	Pemodelan Mesh Reklamasi, <i>Preloading</i> Dan Drainase Vertikal.....	72
Gambar 2.57	Total Displacement Setelah Tahapan Konsolidasi.....	72
Gambar 2.58	Grafik Hubungan Total Displacement Dengan Waktu.....	72
Gambar 2.59	Grafik Hubungan Antara Derajat Konsolidasi Dengan Waktu.....	73
Gambar 2.60	Pemodelan Tanah Timbunan di Program Plaxis.....	73

Gambar 2.61	Grafik Hasil Pemodelan Tanah Timbunan di Program PLAXIS.....	74
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	76
Gambar 4.1	<i>Site Plan Cluster C</i>	79
Gambar 4.2	Data Hasil Uji SPT BH1	80
Gambar 4.3	Membuat <i>Borehole</i> Lapisan Kedalaman Tanah.....	85
Gambar 4.4	Hasil Lapisan Tanah Menggunakan <i>Borehole</i>	85
Gambar 4.5	<i>Input</i> Parameter γ_{sat} , γ_{unsat} dan Material Model <i>Soft Soil</i>	86
Gambar 4.6	<i>Input</i> Nilai Permeabilitas k_x dan k_y	86
Gambar 4.7	<i>Input</i> Parameter Indek Kompresibilitas (C_c), Indek Pengembangan Atau <i>Swelling Indeks</i> (C_s), Sudut Geser (Φ) dan Kohesi (c)	87
Gambar 4.8	<i>Input</i> Parameter γ_{sat} , γ_{unsat} dan Material Model <i>Mohr Coloumb</i>	87
Gambar 4.9	<i>Input</i> Parameter Modulus Elastisitas (E), Sudut Geser (Φ) dan Kohesi (c)	88
Gambar 4.10	<i>Input</i> Nilai Permeabilitas k_x dan k_y	88
Gambar 4.11	Struktur Timbunan 2m Tanah dan Timbunan <i>Preloading</i> 2m	89
Gambar 4.12	<i>Mesh Option</i>	89
Gambar 4.13	Hasil <i>Mesh</i>	90
Gambar 4.14	<i>Initial Condition</i>	90
Gambar 4.15	<i>Stage</i> Timbunan 1	91
Gambar 4.16	<i>Stage</i> Konsolidasi Timbunan 1	92
Gambar 4.17	<i>Stage</i> <i>Safety Factor</i> 10 Tahun	93
Gambar 4.18	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Akhir Konstruksi	94
Gambar 4.19	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 1 Tahun	94
Gambar 4.20	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 3 Tahun	95
Gambar 4.21	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 10 Tahun	95
Gambar 4.22	Lokasi Titik Point (52, -4).....	96
Gambar 4.23	Grafik <i>Excess Pore Pressure</i> Akhir Konstruksi	96
Gambar 4.24	Grafik <i>Excess Pore Pressure</i> 10 Tahun	97
Gambar 4.25	Grafik Penurunan vs <i>Time</i> 10 Tahun	98
Gambar 4.26	Struktur Timbunan Pasir <i>Platform</i> 0.5 m, Timbunan Tanah 2 m dan Timbunan <i>Preloading</i> 2 m	99
Gambar 4.27	Pemasangan Vertikal <i>Drain</i> dan PHD di PLAXIS	100
Gambar 4.28	<i>Mesh Option</i> PLAXIS	100
Gambar 4.29	Hasil <i>Mesh Option</i> PLAXIS.....	100
Gambar 4.30	<i>Initial Condition</i> di PLAXIS	101
Gambar 4.31	<i>Stage</i> Timbunan <i>Platform</i> di PLAXIS	102

Gambar 4.32	<i>Stage</i> Pemasangan PVD dan PHD	102
Gambar 4.33	<i>Stage</i> Timbunan 1	103
Gambar 4.34	<i>Stage</i> Konsolidasi Timbunan 1	103
Gambar 4.35	<i>Stage Safety Factor</i> 10 Tahun	104
Gambar 4.36	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Timbunan Pertama.....	105
Gambar 4.37	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Timbunan Kedua	105
Gambar 4.38	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Timbunan Kedua	106
Gambar 4.39	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Akhir Konstruksi	106
Gambar 4.40	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 1 Tahun	107
Gambar 4.41	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 3 Tahun	107
Gambar 4.42	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 10 Tahun	108
Gambar 4.43	Lokasi Titik Pengecekan Point (52, -4).....	108
Gambar 4.44	Grafik Penurunan Titik Point (52,-4).....	109
Gambar 4.45	<i>Excess Pore Pressure</i> Timbunan Pertama	110
Gambar 4.46	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi Timbunan Pertama	111
Gambar 4.47	<i>Excess Pore Pressure</i> Timbunan Kedua.....	111
Gambar 4.48	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi Timbunan Kedua.....	112
Gambar 4.49	<i>Excess Pore Pressure Preloading</i> Timbunan Pertama	112
Gambar 4.50	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi Timbunan <i>Preloading</i> Pertama.....	113
Gambar 4.51	<i>Excess Pore Pressure</i> Timbunan <i>Preloading</i> Kedua.....	113
Gambar 4.52	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi Timbunan <i>Preloading</i> Kedua	114
Gambar 4.53	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi 1 Tahun.....	114
Gambar 4.54	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi 3 Tahun.....	115
Gambar 4.55	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi 10 Tahun.....	115
Gambar 4.56	Grafik <i>Excess Pore Pressure</i> Akhir Konstruksi	116
Gambar 4.57	Grafik <i>Excess Pore Pressure</i> 10 Tahun	117
Gambar 4.58	Struktur Timbunan Pasir <i>Platform</i> 0.5 m, Timbunan Tanah 2 m	118
Gambar 4.59	Pemasangan Vertikal <i>Drain</i> di PLAXIS	119
Gambar 4.60	<i>Mesh Option</i> PLAXIS	119
Gambar 4.61	Hasil <i>Mesh Option</i> PLAXIS.....	119
Gambar 4.62	<i>Initial Condition</i> di PLAXIS	120
Gambar 4.63	<i>Stage</i> Timbunan <i>Platform</i> di PLAXIS	121
Gambar 4.64	<i>Stage</i> Pemasangan PVD dan PHD	122
Gambar 4.65	<i>Stage</i> Timbunan 1 m	123
Gambar 4.66	<i>Stage</i> Konsolidasi Timbunan 1	124
Gambar 4.67	<i>Stage Safety Factor</i> 10 Tahun	125
Gambar 4.68	Total <i>Displacement</i> Timbunan Akhir <i>Platform</i>	126

Gambar 4.69	Total <i>Displacement Vacuum</i> Aktif.....	126
Gambar 4.70	Total <i>Displacement</i> Timbunan Tanah Pertama.....	127
Gambar 4.71	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Timbunan Pertama.....	127
Gambar 4.72	Total <i>Displacement</i> Timbunan Tanah Kedua	128
Gambar 4.73	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Timbunan Kedua	128
Gambar 4.74	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi Akhir Konstruksi	129
Gambar 4.75	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 1 Tahun	129
Gambar 4.76	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 3 Tahun	130
Gambar 4.77	Total <i>Displacement</i> Konsolidasi 10 Tahun	130
Gambar 4.78	Grafik <i>Back Fill On Top Of Membrane vs Time</i>	131
Gambar 4.79	Grafik Penurunan vs <i>Time</i> Akhir Konstruksi.....	131
Gambar 4.80	Grafik Penurunan vs <i>Time</i> Konsolidasi 10 Tahun	132
Gambar 4.81	<i>Excess Pore Pressure</i> Timbunan Pasir Akhir Platform.....	133
Gambar 4.82	<i>Excess Pore Pressure Vacuum</i> Aktif	134
Gambar 4.83	<i>Excess Pore Pressure Vacuum</i> Timbunan Tanah Pertama	134
Gambar 4.84	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi Timbunan Pertama	135
Gambar 4.85	<i>Excess Pore Pressure</i> Timbunan Tanah Kedua	135
Gambar 4.86	<i>Excess Pore Pressure</i> Timbunan Kedua	136
Gambar 4.87	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi Akhir Konstruksi.....	136
Gambar 4.88	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi 1 Tahun.....	137
Gambar 4.89	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi 3 Tahun.....	137
Gambar 4.90	<i>Excess Pore Pressure</i> Konsolidasi 10 Tahun.....	138
Gambar 4.91	Grafik <i>Back Fill On Top Of Membrane vs Time</i>	139
Gambar 4.92	Grafik <i>Excess Pore Pressure</i> Akhir Konstruksi	139
Gambar 4.93	Grafik <i>Excess Pore Pressure</i> 10 Tahun	140

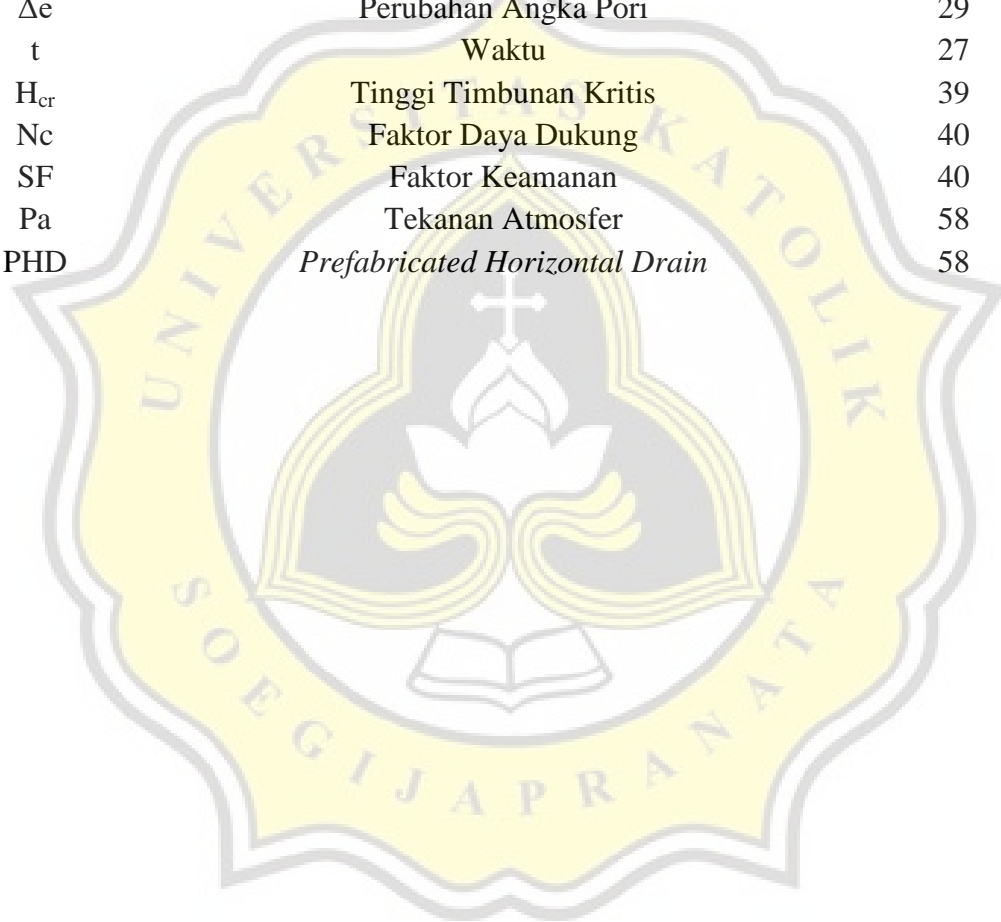
DAFTAR LAMPIRAN

Hasil <i>Plagiarsm Check</i>	LA-1
<i>Site Plan</i> Lokasi Uji SPT BH1, BH2, BH3.....	LA-2
Hasil Uji SPT BH1	LB-1
Sample Uji SPT BH1	LB-2
Hasil Uji SPT BH2.....	LC-1
Sample Uji SPT BH2	LC-2
Hasil Uji SPT BH3.....	LD-1
Sample Uji SPT BH3	LD-2
Hasil Uji Tanah Labolatorium	LE-1
Grafik <i>Excess Pore Pressure vs Time</i> Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan <i>Preloading</i> dan PVD Titik A, Titik B, Ttitik C	LF-1
Grafik <i>Excess Pore Pressure vs Time</i> Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan <i>Vacuum</i> dan PVD Titik A, Titik B, Ttitik C	LF-2
Grafik Total <i>Displacment U_y vs Time</i> Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan <i>Preloading</i> dan PVD Titik A, Titik B, Ttitik C	LG-1
Grafik Total <i>Displacment U_y vs Time</i> Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan <i>Vacuum</i> dan PVD Titik A, Titik B, Ttitik C	LG-2

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali Pada Halaman
ϕ	Sudut Geser	2
γ	Berat Volume Tanah	2
n	Nilai Porositas	2
k	Nilai Permeabilitas Tanah	2
C_c	Nilai Kompresibilitas	2
w	Kadar Air	2
q_u	Daya Dukung Tanah	2
NaOH	<i>Natrium Oksida</i>	2
H ₃ PO ₄	<i>Asam Fosfat</i>	2
H ₂ SO ₄	<i>Asam Sulfat</i>	2
σ_{eff}	Tegangan Efektif	2
NaCl	<i>Natrium Clorida</i>	2
τ	Kuat Geser Tanah	2
D_r	Kerapatan Relatif	3
CPT	<i>Cone Penetration Test</i>	3
CPT-u	<i>Cone Penetration Test With U</i>	3
PVD	<i>Prefabricated Vertical Drain</i>	4
C_v	Konsolidasi Vertikal	4
C_h	Konsolidasi Horizontal	4
USCS	<i>Unified Soil Clasification System</i>	9
MIT	<i>Massachussetts Institute of Technology</i>	10
AASHTO	<i>American association of State Hightway and Transportation Officials</i>	10
PI	<i>Plasticity Indek</i>	14
LL	Batas Cair	14
USBR	<i>United State Bureau of Reclamation</i>	15
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>	15
C_u	<i>Uniformity Coeffisien,</i>	16
E	Modulus Elastisitas Tanah	25
I_p	Faktor Pengaruh	25
ρ_i	Penurunan Elastis	24
μ	Angka Poison	25
σ_0	Tegangan Overburden	

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali Pada Halaman
S_c	Penurunan Tanah	27
C_c	Indeks Pemampatan	29
e_p	Angka Pori Akhir Konsolidasi Primer	29
S_s	Konsolidasi Sekunder	27
Δe	Perubahan Angka Pori	29
t	Waktu	27
H_{cr}	Tinggi Timbunan Kritis	39
N_c	Faktor Daya Dukung	40
SF	Faktor Keamanan	40
P_a	Tekanan Atmosfer	58
PHD	<i>Prefabricated Horizontal Drain</i>	58



ABSTRAK

Tanah lunak menjadi salah satu kendala ketika proses konstruksi berlangsung di atas tanah ini seperti konsolidasi tanah yang cukup lama. Konsolidasi tanah berkaitan dengan tekanan air pori dan tekanan air pori berlebih di dalam tanah ketika saat beban bekerja.. Tanah lunak memiliki tekanan air pori yang besar, sehingga diperlukan perbaikan tanah. Perbaikan tanah lunak dalam penelitian ini menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) kombinasi *vacuum* dan *preloading*. Pemodelan perhitungan dilakukan secara numeris dengan software PLAXIS V20. Tujuan penelitian untuk mengetahui besarnya penurunan tanah dan *excess pore pressure* tiap masing-masing pemodelan. Perbaikan tanah PVD kombinasi *vacuum* dan *preloading* jarak PVD 1 m, kedalaman PVD 24,5 m, tekanan *vacuum* 80 kPa, tinggi timbunan 2 m dan tinggi *preloading* 2 m.

Hasil pemodelan secara numeris PVD kombinasi *preloading* ketika masa akhir konstruksi dengan total waktu 78 hari penurunan konsolidasi sebesar 0,514 m dengan *excess pore pressure* 0,6509 kN/m² dan nilai *safety factor* sebesar 1,725. Hasil pemodelan secara numeris PVD kombinasi *vacuum* ketika masa akhir konstruksi dengan total waktu 204 hari penurunan konsolidasi sebesar 0,229 m dengan *excess pore pressure* 0,8683 kN/m² dan nilai *safety factor* sebesar 3,55. Penulis menyimpulkan bahwa perbaikan tanah menggunakan metode PVD kombinasi *vacuum* lebih baik karena dapat mengeluarkan tekanan air pori di dalam tanah lebih maksimal.

Kata kunci: Tanah Lunak, Konsolidasi, *Excess Pore Pressure*, PVD, *Preloading*, *Vacuum Consolidatio*