

TUGAS AKHIR
ANALISIS PERBAIKAN TANAH DASAR MENGGUNAKAN METODE *PRELOADING*
DENGAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* (PVD) DI JALAN LINGKAR UTARA
LAMONGAN



RAHARDYAN PRIAMBODO

22.11.0006

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS WIJAYA KUSUMA SURABAYA
SURABAYA
2026

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat

Memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Di Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

oleh :

Rahardyan Priambodo

22.11.0006

Tanggal Ujian : 24 Juni 2026

Disetujui oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.

NIK:93190-ET

Danang Setiwa Raharja, S.T., M.T.

NIK: 22866-ET

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Dr. Ir. Anang Kukuh Adisusilo, S.T., M.T.

NIP : 1978021520105041001

Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.

NIK :93190-ET

LEMBAR PENGESAHAN REVISI

Judul : Analisis Perbaikan Tanah Dasar Menggunakan Metode *Preloading* dengan
Prefabricated Vertical Drain (PVD) di Jalan Lingkar Utara Lamongan
Nama : Rahardyan Priambodo
NPM : 22110006

Tanggal Ujian : 24 Juni 2026

Disetujui oleh:

Dosen Penguji I



Akhmad Maliki, S.T., M.T.

NIK: 16762-ET

Dosen Penguji II



Akbar Bayu Kresno Suharso, S.T., M.T.

NIK: 71849 - ET

Mengetahui,

Pembimbing I



Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.

NIK :93190 - ET

Pembimbing II



Danang Setiwa Raharja, S.T., M.T.

NIK: 22866 - ET

**ANALISIS PERBAIKAN TANAH DASAR MENGGUNAKAN METODE
PRELOADING DENGAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD) DI JALAN
LINGKAR UTARA LAMONGAN**

Nama Mahasiswa : Rahardyan Priambodo
NPM : 22.11.0006
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.
Dosen Pembimbing II : Danang Setiya Raharja, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pertumbuhan infrastruktur yang pesat menuntut solusi efektif dalam perbaikan tanah, terutama pada proyek-proyek di atas tanah lunak. Salah satu teknik yang berkembang dan terbukti efisien adalah metode *preloading* dan PVD (*prefabricated vertical drain*), yang mampu meningkatkan daya dukung tanah dan mempercepat konsolidasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daya dukung tanah asli, besarnya penurunan tanpa perbaikan tanah, menentukan konfigurasi *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) dan *preloading* yang memenuhi kriteria teknis, mengevaluasi tahapan konstruksi timbunan, serta menganalisis pengaruh pemasangan PVD dan *preloading* terhadap penurunan dan stabilitas timbunan. Metode yang digunakan meliputi analisis parameter tanah berdasarkan data penyelidikan tanah, perhitungan daya dukung tanah dan penurunan konsolidasi secara teoritis, serta pemodelan numerik menggunakan PLAXIS 2D 2023. Perencanaan PVD dilakukan dengan kedalaman pemasangan 16 m menggunakan variasi spasi 1,0 m; 1,1 m; 1,2 m; 1,3 m; 1,4 m; dan 1,5 m pada pola segitiga dan pola persegi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah dasar memiliki daya dukung ultimit sebesar 161,52 kN/m² dan daya dukung izin sebesar 31,77 kN/m², sehingga memerlukan perbaikan tanah sebelum pelaksanaan timbunan. Penurunan total tanpa perbaikan tanah mencapai 1,87 m, yang terdiri atas penurunan segera sebesar 0,66 m dan penurunan konsolidasi primer sebesar 1,21 m. Hasil analisis stabilitas timbunan menunjukkan bahwa tinggi kritis (H_{kritis}) sebesar 5,04 m, sedangkan tinggi timbunan rencana (H_{rencana}) sebesar 4,00 m, sehingga timbunan yang direncanakan masih berada di bawah tinggi kritis dan dinyatakan aman terhadap potensi keruntuhan selama kontruksi. Hasil analisis PVD menunjukkan bahwa semakin rapat spasi pemasangan, semakin cepat proses konsolidasi yang terjadi. Konfigurasi terbaik diperoleh pada PVD pola segitiga dengan spasi 1,0 m dan kedalaman 16 m, yang mampu mencapai derajat konsolidasi 90% dalam waktu 78 hari, sedangkan pola persegi dengan spasi yang sama memerlukan waktu 93 hari. Pemasangan PVD dan *preloading* terbukti mampu mempercepat disipasi tekanan air pori berlebih, mempercepat proses konsolidasi, serta meningkatkan stabilitas timbunan melalui peningkatan tegangan efektif tanah.

Kata kunci: Metode *Preloading*, *Prefabricated Vertical Drain* (PVD), Plaxis, Tanah Lunak

**ANALYSIS OF GROUND IMPROVEMENT USING THE PRELOADING METHOD
WITH PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD) ON THE NORTH RING ROAD
OF LAMONGAN**

Student Name : Rahardyan Priambodo
Student ID : 22.11.0006
Department : Civil Engineering
Supervisor I : Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T.
Supervisor II : Danang Setiya Raharja, S.T., M.T.

ABSTRACT

Rapid infrastructure growth demands effective solutions for soil improvement, especially for projects on soft soils. One emerging and proven technique is the preloading and prefabricated vertical drain (PVD) method, which can increase soil bearing capacity and accelerate consolidation. This study aims to analyze the bearing capacity of the original soil, the magnitude of settlement without soil improvement, determine a Prefabricated Vertical Drain (PVD) and preloading configuration that meets technical criteria, evaluate the embankment construction stages, and analyze the effect of PVD installation and preloading on embankment settlement and stability. The methods used include soil parameter analysis based on soil investigation data, theoretical calculations of soil bearing capacity and consolidation settlement, and numerical modeling using PLAXIS 2D 2023. PVD design was performed with an installation depth of 16 m using spacing variations of 1.0 m, 1.1 m, 1.2 m, 1.3 m, 1.4 m, and 1.5 m in triangular and square patterns. The results of the study indicate that the subgrade has an ultimate bearing capacity of 95.31 kN/m² and a permissible bearing capacity of 31.77 kN/m², thus requiring soil improvement before embankment implementation. The total settlement without soil improvement reached 1.87 m, consisting of an immediate settlement of 0.66 m and a primary consolidation settlement of 1.21 m. The embankment stability analysis results indicate a critical height ($H_{critical}$) of 5.04 m, whereas the planned embankment height ($H_{planned}$) is 4.00 m; consequently, the planned embankment remains below the critical height and is deemed safe against potential failure during construction. The results of the PVD analysis showed that the closer the installation spacing, the faster the consolidation process that occurs. The best configuration was obtained in a triangular PVD pattern with a spacing of 1.0 m and a depth of 16 m, which was able to achieve a degree of consolidation of 90% in 78 days, while a square pattern with the same spacing required 93 days. The installation of PVD and preloading was proven to accelerate the dissipation of excess pore water pressure, accelerate the consolidation process, and improve embankment stability by increasing the effective soil stress.

Keywords: *Preloading Method, Prefabricated Vertical Drain (PVD), Plaxis, Soft Soil*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan kemudahan yang telah diberikan sehingga saya dapat menyusun Tugas Akhir dengan judul “Analisis Perbaikan Tanah Dasar Menggunakan Metode Preloading dengan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) di Jalan Lingkar Utara Lamongan” sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Kusuma Surabaya.

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengkaji secara ilmiah penerapan metode *preloading* dan PVD sebagai alternatif perbaikan tanah dasar, khususnya pada proyek Jalan Lingkar Utara Lamongan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis maupun praktis dalam bidang geoteknik, serta menjadi bahan pertimbangan dalam pengambilan keputusan teknis pada proyek-proyek sejenis.

Ucap terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Kepada orang tua penulis : Bapak Sutikno dan Ibu Puji Purwati yang selalu memberikan dukungan dan semangat tiada henti selama penulis mengerjakan penyusunan Tugas Akhir.
2. Ibu Dr. Ir. Utari Khatulistiani, M.T. dan Bapak Danang Setiya Raharja, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Ir. Anang Kukuh Adisusilo, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Wijaya Kusuma Surabaya..
4. Bapak Akhmad Maliki, S.T., M.T. dan Bapak Akbar Bayu Kresno Suharso, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang memberi pengarahan selama proses ujian tugas akhir ini
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil yang memberi pengarahan selama proses belajar hingga mengerjakan tugas akhir ini
6. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2022, dan teman luar kampus yang turut memberikan motivasi dan bantuan selama proses penyusunan.

Surabaya 22 Juni 2026

Rahardyan Priambodo

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN REVISI	iii
ABSTRAK.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Lokasi Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Karakteristik Tanah Lunak	6
2.3 Perbaikan Daya Dukung Tanah Lunak Menggunakan Metode <i>Preloading</i>	6
2.3.1 Hubungan Tinggi Awal (H_i), Tinggi Final (H_f), dan Penurunan (S_c)	7
2.3.2 Tinggi Kritis Timbunan (H_{kritis}).....	8
2.3.3 Kenaikan Daya Dukung Tanah Akibat Timbunan Bertahap.....	9
2.3.4 Distribusi tegangan oleh beban luar	9
2.3.5 Tekanan vertical tanah (overburden Pressure).....	10
2.4 Teori Kelongsoran	11
2.4.1 Metode Irisan (Method of Slice)	11
2.4.2 Metode Fellenius	12
2.5 Parameter Tanah	13
2.5.1 Uji Standart Penetratin Test (SPT)	13
2.5.2 Penentuan Parameter Tanah.....	15

2.5.3	Sudut Geser Dalam.....	16
2.5.4	Modulus Elastisitas dan Poisson Rasio	16
2.6	Daya Dukung Tanah	18
2.7	Stabilitas Lereng.....	18
2.7.2	Teori Analisis Stabilitas Lereng.....	19
2.8	Penurunan Tanah	20
2.8.1	Segera	20
2.8.2	Konsolidasi	20
2.9	Perencanaan PVD	22
2.9.1	Material Prefabricated Vertical Drain (PVD):.....	22
2.9.2	Teori-teori perhitungan Prefabricated Vertical Drain (PVD).....	23
2.9.3	Waktu Percepatan Konsolidasi dengan PVD.....	23
2.10	Stabilitas Lereng (lereng timbunan)	24
2.10.1	Konsep Dasar Stabilitas Lereng	24
2.10.2	Pendekatan Analisis Menggunakan Finite Element (Plaxis).....	25
2.11	Metode <i>Finite Element Method</i> (FEM) Plaxis	27
2.11.1	Gambaran Pengoperasian Plaxis 2D.....	27
2.11.2	Pemodelan Geometry Plaxis 2023.....	28
2.11.3	Tahap Input Material Tanah.....	31
2.11.4	Tahap Mesh.....	32
2.11.5	Model kondisi air dan mode Konstruksi bertahap.....	33
2.11.6	Mode konstruksi bertahap (Staged construction mode)	34
BAB 3	METODE PENELITIAN	38
3.1	Kerangka Penelitian.....	38
3.2	Studi Literatur.....	40
3.3	Tahap Pengumpulan Data	40
3.4	Pengumpulan Data.....	41
3.4.1	Studi literatur	41
3.4.2	Sumber yang di gunakan	41
3.4.3	Pengumpulan data sekunder	41
BAB 4	ANALISA DAN PEMBAHASAN	43
4.1	Umum	43

4.2	Analisa Data Tanah.....	43
4.2.1	Lokasi Penyelidikan Tanah.....	43
4.2.2	Korelasi Parameter Tanah.....	44
4.3	Analisis Pembebanan.....	47
4.3.1	Beban Timbunan.....	48
4.3.2	Beban Jalan.....	48
4.3.3	Beban Gempa	49
4.4	Perhitungan Penurunan Akibat Pembebanan Awal.....	51
4.4.1	Tegangan Vertikal Akibat Beban Tanah Sendiri	53
4.4.2	Analisis Beban Timbunan.....	55
4.4.3	Perhitungan Tinggi Kritis Timbunan	55
4.5	Analisis Daya Dukung Tanah	61
4.5.1	Perhitungan Daya Dukung Tanah Asli Tanpa Perbaikan Tanah	61
4.6	Analisis Penurunan tanah	64
4.6.1	Tambahan tegangan	64
4.6.2	Analisis Tegangan Efektif Awal	65
4.6.3	Penurunan Segera	65
4.6.4	Penurunan Konsolidasi	66
4.6.5	Penurunan Total Tanah	66
4.6.6	Waktu Konsolidasi Tanpa PVD	66
4.7	Rekapitulasi Data Dasar Perhitungan	66
4.7.1	Perhitungan Beban yang Bekerja pada Tanah Dasar	67
4.7.2	Tegangan Efektif Awal Tanah.....	68
4.7.3	Perhitungan Daya Dukung Tanah Asli Tanpa Perbaikan.....	68
4.7.4	Perhitungan Penurunan Tanah	68
4.7.5	Waktu Konsolidasi Tanpa PVD	69
4.7.5	Perhitungan Manual Waktu Konsolidasi Menggunakan PVD Pola Persegi	69
4.7.6	Perencanaan Awal PVD	70
4.7.7	Kontrol Tahapan Konstruksi Timbunan.....	72
4.7.8	Rekapitulasi Hasil Tambahan Perhitungan	72
4.8	Perhitungan Konsolidasi Menggunakan Plaxis	73
4.8.1	Pemodelan Geometri	74
4.8.2	Parameter Material	78

4.8.3	Hasil Analisis Penurunan.....	78
4.8.4	Analisis Tekanan Air Pori Berlebih	79
4.8.5	Pengaruh Variasi Spasi PVD	79
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		80
5.1	Kesimpulan.....	80
5.2	Saran	81
DAFTAR PUSTAKA.....		82
LAMPIRAN.....		83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Proyek Jalan Lingkar Utara	4
Gambar 2.1 Timbunan saat mengalami penurunan	7
Gambar 2.2 Grafik Osterbreg	10
Gambar 2.3 Gaya yang terjadi pada bidang longsor	12
Gambar 2.4 Gaya – gaya dan asumsi pada bidang longsor	12
Gambar 2.5 Skema urutan pengujian uji penetrasi standar	14
Gambar 2.6 Hubungan nilai kohesi dan N-SPT pada tanah kohesif	15
Gambar 2.7 Stabilitas Lereng	20
Gambar 2.8 Pola Jarak Drainase Vertical	23
Gambar 2.9 Konsolidasi dengan menggunakan PVD	24
Gambar 2.10 Mekanisme Gerakan Tanah dan Kelongsoran	25
Gambar 3.1 Diagram Alir	40
Gambar 4.1 Lokasi STA 1+275 – 1+375	44
Gambar 4.2 Grafik Nilai N-SPT	46

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu yang relevan dengan topik <i>Preloading</i> dan PVD	5
Tabel 2. 2 Koreksi yang digunakan dalam uji SPT	15
Tabel 2. 3 Besaran Sudut Geser Dalam	16
Tabel 2. 4 Korelasi jenis tanah dengan nilai Modulus Elastisitas dan Poisson Rasio	17
Tabel 2. 5 Korelasi jenis tanah dengan nilai modulus elastisitas.....	17
Tabel 2. 6 Faktor Keamanan Lereng	26
Tabel 3. 1 Data N-SPT.....	40
Tabel 4. 1 Data Parameter Tanah.....	47
Tabel 4. 2 Tabel Pembebanan	48
Tabel 4. 3 Tabel Timbunan	48
Tabel 4. 4 Tabel Beban Jalan	49
Tabel 4. 5 Nilai PGA di Lamongan	50
Tabel 4. 6 Nilai N - SPT	50
Tabel 4. 7 Faktor PGA dan Periode 0,1 Detik	51
Tabel 4. 8 Data Tegangan Vertikal.....	52
Tabel 4. 9 Tabel Overborden	53
Tabel 4. 10 Data Perencanaan.....	61
Tabel 4. 11 Parameter Penurunan Tanah.....	64
Tabel 4. 12 Rekapitulasi Data Dasar Perhitungan	66
Tabel 4. 13 Rekapitulasi Beban pada Tanah Dasar.....	67
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Penurunan Tanah Tanpa Perbaikan	69
Tabel 4. 15 Waktu Konsolidasi Radial PVD Pola Segitiga	71
Tabel 4. 16 Waktu Konsolidasi Radial PVD Pola Persegi.....	71
Tabel 4. 17 Kontrol Awal Tahapan Timbunan	72
Tabel 4. 18 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tambahan.....	72