



**-PERCEPATAN KONSOLIDASI TANAH LAUT
DENGAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*
(*PVD*) UNTUK KONSTRUKSI *BREAKWATER*
LAMONGAN *SHOREBASE***

SKRIPSI

FARIS PRATAMA PUTRA
NIM. 20241333031

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Isnaniati, M.T.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

2026



**-PERCEPATAN KONSOLIDASI TANAH LAUT
DENGAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN*
(*PVD*) UNTUK KONSTRUKSI *BREAKWATER*
LAMONGAN *SHOREBASE***

SKRIPSI

Diajukan kepada Universitas Muhammadiyah Surabaya
Untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik

**FARIS PRATAMA PUTRA
NIM. 20241333031**

**DOSEN PEMBIMBING
Dr. Ir. Isnaniati, M.T.**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURABAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

2026

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Faris Pratama Putra
NIM : 20241333031
Program Studi : S1 Teknik Sipil
Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya, dan bukan merupakan plagiasi baik sebagian atau seluruhnya.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil plagiasi, baik sebagian atau seluruhnya, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Muhammdiyah Surabaya.

Surabaya, 12 Mei 2026

Yang membuat pernyataan,



Faris Pratama Putra
20241333031

Skripsi disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Oleh:
FARIS PRATAMA PUTRA
20241333031

Tanggal Ujian : 12 Mei 2026

Dewan Penguji,



Dr. Ir. Isnaniati, M.T.
Pembimbing



Ir. Bambang Kiswono, M.T.
Penguji I



Muhammad Difaa'ul Haq, S.Tr.T., M.T.
Penguji II



Cahyo Aji Rollono, S.Tr., M.T.
Penguji III

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknik,



Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars.

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Sipil



Anna Rosytha, S.T., M.T.

*Karya ilmiah ini kutujukan kepada
Istri, Anak, Ayahanda dan Ibunda tercinta,
saudara-saudaraku yang selalu mendukungku*

PERCEPATAN KONSOLIDASI TANAH LAUT DENGAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)* UNTUK KONSTRUKSI *BREAKWATER* LAMONGAN *SHOREBASE*

Nama : Faris Pratama Putra
NIM : 20241333031
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Isnaniati, M.T.

ABSTRAK

Konstruksi *breakwater* di wilayah pesisir Lamongan Shorebase menghadapi tantangan geoteknis akibat kondisi tanah dasar berupa lempung lunak yang memiliki daya dukung rendah dan laju konsolidasi yang sangat lambat. Karakteristik ini berisiko menyebabkan penurunan tanah (*settlement*) berlebih yang dapat mengganggu stabilitas dan keberlanjutan struktur *breakwater* dalam jangka panjang. Oleh karena itu, diperlukan metode perbaikan tanah yang mampu mempercepat proses konsolidasi sehingga pembangunan dapat berlangsung secara efektif dan aman. Penelitian ini bertujuan merancang sistem Prefabricated Vertical Drain (PVD) yang mampu mempercepat proses konsolidasi tanah hingga mencapai minimum derajat konsolidasi sebesar 90% dalam waktu maksimum 60 minggu, sehingga memenuhi kebutuhan teknis percepatan pembangunan infrastruktur pesisir.

Penelitian dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu kondisi tanah tanpa penggunaan PVD dan kondisi tanah dengan penggunaan PVD sebagai metode perbaikan tanah. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data tanah hasil pengujian lapangan, data teknis proyek *breakwater*, serta analisis parameter tanah untuk menentukan besarnya penurunan dan waktu konsolidasi. Analisis dengan PVD dilakukan menggunakan metode perhitungan manual dan pemodelan numerik menggunakan perangkat lunak Settle3D. Variasi pola pemasangan drain dan spasi antar drain dianalisis untuk memperoleh konfigurasi paling efektif terhadap percepatan konsolidasi. Hasil penelitian kemudian dibandingkan dengan batas waktu proyek selama 60 minggu untuk menentukan desain yang paling optimal.

Hipotesis awal penelitian ini adalah penggunaan PVD dengan konfigurasi tertentu mampu mempercepat disipasi tekanan air pori sehingga waktu konsolidasi tanah lunak menjadi lebih singkat dibandingkan kondisi tanpa perbaikan tanah. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar teknis dalam perencanaan sistem PVD yang efektif guna meningkatkan efisiensi pembangunan dan kestabilan konstruksi *breakwater* di kawasan pesisir Lamongan Shorebase.

Kata kunci : *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*, Tanah lunak, konsolidasi, *breakwater*, Settle 3D.

ACCELERATION OF MARINE SOIL CONSOLIDATION USING PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD) FOR BREAKWATER CONSTRUCTION AT LAMONGAN SHOREBASE

Name : Faris Pratama Putra
NIM : 20241333031
Supervisor : Dr. Ir. Isnaniati, M.T.

ABSTRACT

The construction of breakwaters in the coastal area of Lamongan Shorebase faces geotechnical challenges due to the presence of soft clay subsoil, which exhibits low bearing capacity and a slow Consolidation rate. These conditions pose a risk of excessive ground settlement that could compromise the stability and long-term performance of the structure. To address this issue, the study aims to design a Prefabricated Vertical Drain (PVD) system capable of accelerating soil Consolidation to achieve 90% degree of Consolidation within a maximum period of 60 weeks, as a technical requirement for expedited construction.

The research was conducted through a comparative analysis of two approaches: without PVD (natural condition) and with the application of PVD as a ground improvement method. The research stages included the collection of soil test data and project technical information, followed by the calculation of settlement and Consolidation time for both scenarios. In the PVD approach, analysis was carried out both manually using classical calculation methods and through numerical modeling with Settle 3D software. Various installation patterns and PVD spacing were evaluated to determine the most effective configuration. The analysis results were used to compare each scenario against the 60-week time constraint. This study provides a solid technical basis for designing an optimal PVD system to accelerate the Consolidation of soft soil, improve construction efficiency, and ensure the stability of breakwater structures in the coastal environment of Lamongan.

The initial hypothesis of this study is that the use of Prefabricated Vertical Drain (PVD) with a specific configuration is capable of accelerating excess pore water pressure dissipation, thereby reducing the consolidation time of soft soil compared to conditions without ground improvement. This study is expected to provide a technical basis for designing an effective PVD system in order to improve construction efficiency and ensure the stability of breakwater structures in the coastal area of Lamongan Shorebase.

Keywords : Prefabricated Vertical Drain (PVD), Soft Clay, Consolidation, Breakwater, Settle 3D,

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, karena atas ridho dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan penyusunan proposal skripsi yang berjudul **“PERCEPATAN KONSOLIDASI TANAH LAUT DENGAN *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)* UNTUK KONSTRUKSI *BREAKWATER LAMONGAN SHOREBASE*”**

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, saya menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tidak akan terlaksana dan selesai tanpa bantuan dan bimbingan dari beberapa pihak. Pada kesempatan ini saya menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Sukadiono, dr. MM. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya atas kesempatan yang diberikan kepada saya untuk menimba ilmu di Universitas Muhammadiyah serta kebijakankebijakannya,
2. Ir. Vippy Dharmawan., M. Ars. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya atas kemudahan administrasi saat menimba ilmu ataupun ketika proses penyusunan proposal skripsi ini,
3. Anna Rosytha, S.T., M.T. Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surabaya yang sudah mendukung serta kemudahan administrasi saat penyusunan proposal skripsi ini,
4. Dr. Ir. Isnaniati, M.T. Selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan arahan serta saran selama proses penyusunan Proposal Skripsi ini,
5. Istri, Anak dan Orang Tua saya yang tidak berhenti mendoakan keberhasilan saya serta mendukung, membimbing, dan menemani saya hingga saat ini,
6. Teman-teman seperjuangan Teknik Sipil P2K Angkatan 2024 Universitas Muhammadiyah Surabaya yang telah mendukung serta menyemangati saya selama di perkuliahan,

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk memperbaiki kekurangan di dalam skripsi ini.

Surabaya, 12 Mei 2026

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| JUDUL | I |
| PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT | II |
| HALAMAN PENGESAHAN | III |
| HALAMAN DEDIKASI..... | IV |
| ABSTRAK | V |
| ABSTRACT | VI |
| KATA PENGANTAR..... | VII |
| DAFTAR ISI | VIII |
| DAFTAR TABEL | X |
| DAFTAR GAMBAR..... | XI |
| DAFTAR LAMPIRAN | XIII |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1.LATAR BELAKANG..... | 1 |
| 1.2.RUMUSAN MASALAH | 3 |
| 1.3.TUJUAN PENELITIAN | 4 |
| 1.4.MANFAAT PENELITIAN | 4 |
| 1.5.BATASAN MASALAH | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1.DATA UMUM | 5 |
| 2.1.1.Tanah Pesisir Laut..... | 5 |
| 2.1.2.Masalah Konstruksi di Tanah Lunak Pesisir..... | 6 |
| 2.1.3.Kebutuhan Perbaikan Tanah di Wilayah Pesisir | 7 |
| 2.2. <i>BREAKWATER</i> | 8 |
| 2.3. <i>PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD)</i> | 10 |
| 2.3.1.Karakteristik PVD | 11 |
| 2.3.2.Hubungan PVD Dan <i>Breakwater</i> | 14 |
| 2.3.3.Tahapan Pengawasan PVD dan Monitoring Settlement | 15 |
| 2.4.KONSOLIDASI..... | 17 |
| 2.4.1. <i>Consolidation Settlement (Sc)</i> | 17 |
| 2.4.2.Parameter Tanah untuk Perhitungan <i>Consolidation Settlement (Sc)</i> | 18 |
| 2.4.3.Lamanya Pemampatan Tanah..... | 21 |
| 2.4.4.Parameter Tanah untuk Menghitung Waktu Pemampatan Konsolidasi | 21 |
| 2.5.PENELITIAN TERDAHULU | 22 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 23 |
| 3.1.UMUM..... | 23 |
| 3.2.PENGUMPULAN DATA SEKUNDER..... | 25 |
| 3.2.1.Hasil Pengujian Tanah | 25 |
| 3.2.2.Informasi Desain <i>Breakwater</i> | 26 |

| | |
|--|----|
| 3.2.3.Data Material PVD..... | 27 |
| 3.3.PERHITUNGAN TANPA PVD | 28 |
| 3.4.PERHITUNGAN MENGGUNAKAN PVD DAN <i>PRELOADING</i> | 29 |
| 3.5.PEMODELAN SETTLE 3D | 30 |
| 3.5.1.Konsep Pemodelan PVD pada Settle3D | 30 |
| 3.5.2.Parameter Tanah..... | 31 |
| 3.5.3.Model dan Skenario | 32 |
| 3.6. WAKTU PENURUNAN KONSOLIDASI EFEKTIF | 33 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 35 |
| 4.1.HASIL PENGUJIAN TANAH | 35 |
| 4.1.1.Lokasi Pengujian Tanah | 35 |
| 4.1.2.Penyelidikan lapangan..... | 36 |
| 4.1.3.Penyelidikan Laboratorium | 38 |
| 4.2.PERHITUNGAN PENURUNAN SEBELUM PVD..... | 39 |
| 4.2.1.Data Lapisan Tanah..... | 39 |
| 4.2.2.Perhitungan Waktu Pemampatan Tanpa Percepatan..... | 44 |
| 4.2.3.Perhitungan <i>Rate of Settlement</i> | 44 |
| 4.3.PERHITUNGAN PERENCANAAN PVD | 47 |
| 4.3.1.Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal (U_v)..... | 47 |
| 4.3.2.Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal (U_h)..... | 47 |
| 4.3.3.Perhitungan Derajat Konsolidasi Rata-Rata (\bar{U}) | 48 |
| 4.3.4.Perhitungan Analisis Penurunan Dengan PVD Dan Mempertimbangkan Efek <i>Smear Zone</i> | 49 |
| 4.4.PERHITUNGAN PVD MENGGUNAKAN APLIKASI SETTLE 3D..... | 51 |
| 4.4.1.Kondisi dan Parameter Tanah | 51 |
| 4.4.2.Beban Timbunan | 52 |
| 4.4.3.Parameter PVD..... | 53 |
| 4.4.4.Tahapan Pemodelan Menggunakan Settle3D | 54 |
| 4.4.5.Hasil Analisis Penurunan Tanah | 54 |
| 4.5.HASIL DAN PEMBAHASAN | 56 |
| 4.5.1.Hasil Perhitungan Manual..... | 56 |
| 4.5.2.Hasil Perhitungan Settle 3D | 59 |
| 4.5.3.Hasil dan Pembahasan Manual dan Settle3D..... | 64 |
| 4.6.REKOMENDASI..... | 66 |
| BAB V PENUTUP | 69 |
| 5.1.KESIMPULAN | 69 |
| 5.2.SARAN | 70 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 71 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Tipe-Tipe Drainase Vertikal..... | 11 |
| Tabel 2. 2 Perbandingan Nilai Ch/Cv..... | 14 |
| Tabel 2. 3 Korelasi antara T_v dan U | 21 |
| Tabel 3. 4 Parameter Hasil Pengujian Tanah | 31 |
| | |
| Tabel 4. 1 Tabel Parameter Tanah..... | 39 |
| Tabel 4. 2 Rekap Data Dimensi Timbunan | 41 |
| Tabel 4. 3 Rekap Perhitungan Penurunan Tanah Semua Layer | 42 |
| Tabel 4. 4 Koefisien Konsolidasi Vertikal dan horizontal | 44 |
| Tabel 4. 5 Kecepatan Pemampatan Tanpa PVD pada Umur Rencana ORF..... | 45 |
| Tabel 4. 6 <i>Tabel Rate of Settlement</i> | 46 |
| Tabel 4. 7 Perhitungan F(n) PVD Pola Segitiga dan Persegi | 48 |
| Tabel 4. 8 Perhitungan Faktor Pengaruh (m) PVD Pola Segitiga dan Persegi..... | 50 |
| Tabel 4. 9 Tahapan Konstruksi dan Waktu Tunggu..... | 54 |
| Tabel 4. 10 Validasi Silang Antara Perhitungan Manual dan Settle 3D | 68 |
| | |
| Tabel 5. 1 Rekapitulasi Waktu Konsolidasi Menggunakan PVD | 69 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 1. 1 Ilustrasi Aliran Air Tanah (Drainage) Tanpa PVD..... | 2 |
| Gambar 1. 2 Ilustrasi Aliran Air Tanah (Drainage) Dengan PVD | 3 |
| | |
| Gambar 2. 1 Pemecah Gelombang Sisi Miring | 9 |
| Gambar 2. 2 Pemecah Gelombang Sisi Tegak..... | 9 |
| Gambar 2. 3 Skema Drainase Vertikal dan horizontal dengan Penambahan Beban..... | 10 |
| Gambar 2. 4 Pola Pemasangan PVD | 12 |
| Gambar 2. 5 Penampang dan Diameter Ekuivalen..... | 12 |
| Gambar 2. 6 Daerah Pengaruh Vertical Drain..... | 14 |
| Gambar 2. 7 Grafik Faktor Pengaruh untuk Beban Bentuk Trapesium | 20 |
| Gambar 2. 8 Grafik Faktor Pengaruh untuk Beban Bentuk Persegi..... | 20 |
| | |
| Gambar 3. 1 Lokasi <i>Project Lamongan Shorebase</i> | 23 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir | 24 |
| Gambar 3. 3 Diagram Kondisi Tanah..... | 26 |
| Gambar 3. 4 Potongan Melintang <i>Breakwater</i> | 27 |
| Gambar 3. 5 Desain Muka Air dan Elevasi | 27 |
| Gambar 3. 6 <i>Prefabricated Vertical Drain (Alidrain)</i> | 28 |
| Gambar 3. 7 Konsep Pemodelan PVD | 32 |
| Gambar 3. 8 Kurva S <i>Project</i> | 34 |
| | |
| Gambar 4. 1 Lokasi <i>Soil Investigation SI-07</i> | 35 |
| Gambar 4. 2 Hasil SPT SI07 | 38 |
| Gambar 4. 3 Perbandingan <i>Vane Shear Test, Cptu, Dan Interpretasi Lab Tes SI-07</i> | 38 |
| Gambar 4. 4 Tebal lapisan tanah dan Tebal Timbunan..... | 40 |
| Gambar 4. 5 <i>Cross Section</i> Timbunan..... | 40 |
| Gambar 4. 6 Soil layer Settle3D..... | 51 |
| Gambar 4. 7 <i>Soil Properties</i> Settle3D | 52 |
| Gambar 4. 8 Parameter Tanah yang Digunakan..... | 52 |
| Gambar 4. 9 <i>Embankment Design</i> | 53 |
| Gambar 4. 10 <i>Wick Drain Properties</i> | 53 |
| Gambar 4. 11 <i>Stage Construction</i> | 54 |
| Gambar 4. 12 Hasil Analisis Settle3D Tanpa PVD..... | 55 |
| Gambar 4. 13 Hasil Analisis Settle3D Menggunakan PVD | 55 |
| Gambar 4. 14 Grafik Waktu terhadap Derajat Konsolidasi Tanpa PVD..... | 56 |
| Gambar 4. 15 Grafik Waktu terhadap Derajat Konsolidasi dengan Pemasangan PVD | 57 |
| Gambar 4. 16 Grafik Waktu terhadap Derajat Konsolidasi dengan PVD dan <i>Smearzone</i> | 58 |
| Gambar 4. 17 Grafik Waktu terhadap Total <i>Settlement</i> dengan PVD..... | 59 |
| Gambar 4. 18 Grafik Waktu terhadap Konsolidasi <i>Settlement</i> dengan PVD | 60 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 19 Grafik Waktu terhadap <i>Excess Pore Pressure</i> dengan PVD..... | 61 |
| Gambar 4. 20 Grafik Waktu terhadap <i>Pore Water Pressure</i> dengan PVD..... | 62 |
| Gambar 4. 21 Grafik Waktu Derajat terhadap Konsolidasi dengan PVD..... | 63 |
| Gambar 4. 22 Grafik Waktu terhadap Derajat Konsolidasi, Hitungan Manual dan Settle 3D. | 64 |
| Gambar 4. 23 Grafik Waktu terhadap Total Penurunan, Hitungan Manual dan Settle 3D..... | 65 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Perhitungan Grafik Waktu Tanpa PVD | 72 |
| Lampiran 2 Perhitungan Grafik Dengan PVD Variasi Pola dan Jarak..... | 75 |
| Lampiran 3 Perhitungan Grafik Efek Smearzone Variasi Pola dan Jarak..... | 81 |
| Lampiran 4 Gambar Potongan..... | 85 |
| Lampiran 5 Berita Acara Ujian Skripsi | 86 |
| Lampiran 6 Hasil Evaluasi Ujian Skripsi | 87 |
| Lampiran 7 Surat Keterangan Bukti Bebas Plagiasi | 95 |
| Lampiran 8 Biografi Penulis..... | 96 |