

**PERCEPATAN PROSES KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG
DENGAN APLIKASI TEKANAN VAKUM
DAN DRAINASE VERTIKAL**



TESIS

**OLEH :
ARHAB
GEOTEKNIK
182710032**

**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – S2
UNIVERSITAS BINA DARMA
PALEMBANG
2023**

**PERCEPATAN PROSES KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG
DENGAN APLIKASI TEKANAN VAKUM
DAN DRAINASE VERTIKAL**



**Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar**

MAGISTER TEKNIK SIPIL

**OLEH :
ARHAB
GEOTEKNIK
182710032**

**PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL-S2
UNIVERSITAS BINA DARMA
PALEMBANG
2023**

Halaman Pengesahan Pembimbing Tesis

Judul Tesis : PERCEPATAN PROSES KONSOLIDASI TANAH
LEMPUNG DENGAN APLIKASI TEKANAN VAKUM
DAN DRAINASE VERTIKAL

Oleh : ARHAB

Nim : 182710032

Konsentrasi : Geoteknik

Tesis ini telah disetujui dan disahkan oleh tim Penguji Program Studi Teknik Sipil-S2 konsentrasi GEOTEKNIK, Program Pascasarjana Universitas Bina Darma pada tanggal 23 Maret 2023 dan telah dinyatakan LULUS

Mengetahui,

Program Studi Teknik Sipil-S2
Universitas Bina Darma
Ketua,

Universitas Bina Darma

Magister Teknik Sipil

Dr. Ir. Firdaus, S.T., M.T., IPM

Pembimbing :

Pembimbing.

Ir. Nurly Gofar, MSCE., Ph.D.


Lembar Pengesahan Penguji Tesis

Judul Tesis : PERCEPATAN PROSES KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG
DENGAN APLIKASI TEKANAN VAKUM DAN DRAINASE
VERTIKAL

Oleh Arhab NIM 182710032, Tesis ini telah disetujui dan disahkan oleh Tim
Penguji Program Studi Teknik Sipil - S2 konsentrasi Geoteknik, Program
Pascasarjana Universitas Bina Darma pada tanggal 23 Maret 2023 dan telah
dinyatakan LULUS.

Palembang, **23** Maret 2023

Mengetahui,

Program Pascasarjana
Universitas Bina Darma
Direktur,

PROGRAM PASCASARJANA
Prof. Hj. Isnawijayani, M.Si., Ph.D.

Tim Penguji :

Penguji I,


Ir. Nurly Gofar, MSCE, Ph.D

Penguji II,


Dr. Ir. Firdats, S.T, M.T., IPM.

Penguji III


Dr. Ir. Achmad Syarifudin, M.Sc., PU-SDA.

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : ARHAB
NIM : 182710032

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis Saya (Tesis, Skripsi, Tugas Akhir) ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik baik (Magister, Sarjana, dan Ahli Madya) di Universitas Bina Darma;
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan dan penelitian Saya sendiri dengan arahan tim pembimbing;
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dikutip dengan mencantumkan nama pengarang dan memasukkan ke dalam daftar pustaka;
4. Karena yakin dengan keaslian karya tulis ini, Saya menyatakan bersedia Tesis/Skripsi/Tugas Akhir, yang Saya hasilkan di unggah ke internet;
5. Surat Pernyataan ini Saya tulis dengan sungguh-sungguh dan apabila terdapat penyimpangan atau ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka Saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Palembang, 23 Maret 2023
Yang Membuat Pernyataan,



ARHAB
NIM: 182710032

ABSTRAK

PERCEPATAN PROSES KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG DENGAN APLIKASI TEKANAN VAKUM DAN DRAINASE VERTIKAL

ARHAB

Pos-el : arhab@binadarma.ac.id

Abstrak: Paper ini menyajikan kinerja PVD dan konsolidasi vakum sebagai metode perbaikan tanah pada pembangunan Jalan Tol Kayu Agung – Palembang. Analisis didasarkan pada data observasi yang dikumpulkan antara STA 00+000 dan STA 09+000. PVD dipasang pada kedalaman di mana resistensi konus mencapai 80 kPa. Dengan demikian, panjang PVD bervariasi dari 5 hingga 13 m sedangkan kedalaman endapan lempung sebenarnya bisa mencapai 20 m. Sebanyak 42 data lempeng penurunan dikumpulkan dan dianalisis menggunakan metode Asaoka untuk mendapatkan prediksi penurunan akhir, koefisien konsolidasi dan waktu untuk mencapai derajat konsolidasi 90%. Hasilnya dibandingkan dengan durasi penerapan konsolidasi vakum dan penurunan yang tercatat saat tekanan vakum dihentikan yaitu, saat pelat penurunan tidak mencatat penurunan diferensial dalam tiga pembacaan. Durasi aplikasi konsolidasi vakum umumnya lebih lama dari t_{90} yang diprediksi oleh metode dan penurunan sebenarnya lebih besar dari perkiraan penurunan akhir. Studi ini menyimpulkan bahwa variasi t_{90} dan besarnya penurunan pada t_{90} memiliki hubungan yang erat dengan panjang PVD dan kondisi lapisan tanah.

Kata kunci : Tanah lunak, drainase vertikal, konsolidasi vakum, penurunan, laju konsolidasi.

ABSTRACT

PERCEPATAN PROSES KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG DENGAN APLIKASI TEKANAN VAKUM DAN DRAINASE VERTIKAL

ARHAB

Email address : arhab@binadarma.ac.id

Abstract: This paper presents the performance of PVD and vacuum consolidation as ground improvement method at the construction of Kayu Agung – Palembang Toll Road. The analysis was based on observation data collected between STA 00+000 and STA 09+000. The PVD was installed to a depth where the cone resistance of 80 kPa was achieved. Thus, the length of PVD varies from 5 to 13 m while the actual depth of clay deposit could reach 20 m. As many as 42 settlement plate data were collected and analyzed using Asaoka method to obtain the predicted final settlement, the coefficient of consolidation and the time to reach 90% degree of consolidation. The results were compared with the duration of vacuum consolidation application and the recorded settlement when the vacuum pressure was stopped i.e., when settlement plate recorded no differential settlement in three readings. The duration of vacuum consolidation application generally longer than the t_{90} predicted by the method and the actual settlement was larger than the predicted final settlement. This study concluded that the variation of the t_{90} and the magnitude of settlement at t_{90} have close relationship with the length of PVD and the condition of the soil layer.

Keyword : Soft soil, vertical drainage, vacuum consolidation, settlement, rate of consolidation.

MOTTO DAN HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- ❖ Setiap kesulitan selalu ada kemudahan. Setiap masalah pasti ada solusi.
- ❖ Menuntut Ilmu itu Wajib mulai dari Ayunan sampai ke Liang Lahat (Hadist Riwayat Bukhori).

PERSEMBAHAN

- ❖ Sujud syukur kupersembahkan kepada Allah S.W.T., Tuhan Yang Maha Agung dan Maha Tinggi. Atas KehendakMu saya bisa menjadi hamba yang berpikir, berilmu, beriman dan bersabar. Shalawat serta Salam juga saya Sanjungkan Kepada Nabi Allah yang Agung Nabi Muhammad S.A.W., semoga mendapat syafaat Beliau di Hari Akhir nanti. Aamiin.
- ❖ Kupersembahkan Tesis ini untuk Keluarga Besarku. Terima kasih atas kasih sayang, doa, dan dukungan kalian semua, terutama untuk isteriku yang tercinta Ny. Trisnawati, atas kesabarannya dan tak henti memberikan doa, motivasi, dan dukungan hingga selesainya Tesis ini.
- ❖ Untuk Teman-teman MTS Angkatan-II terutama teman-teman Geoteknik yang senantiasa memberi support, bantuan, dan motivasi sehingga selesainya Tesis ini.
- ❖ Untuk para Pembaca, semoga Tesis ini membawa manfaat bagi para pembaca yang Budiman.

KATA PENGANTAR

Pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan rasa Puji dan Syukur Kehadirat Allah S.W.T., atas berkat rahmat taufik hidayah serta ridhonya karena selama penyusunan tesis ini diberiNYA kesehatan lahir dan batin, sehingga dapat menyelesaikan penyusunan Tesis dengan Judul : **PERCEPATAN PROSES KONSOLIDASI TANAH LEMPUNG DENGAN APLIKASI TEKANAN VAKUM DAN DRAINASE VERTIKAL** dengan baik. Penyusunan Tesis ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan Gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Studi Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana, Universitas Bina Darma Palembang.

Tesis ini dapat diselesaikan dengan baik berkat adanya dukungan, bimbingan, motivasi, serta doa dari berbagai pihak dalam penyusunan tesis ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Dr. Sunda Ariana, M.Pd., M.M., Rektor Universitas Bina Darma Palembang.
2. Prof. Hj. Isnawijayani, M.Si, Ph.D., Direktur Pasca Sarjana Universitas Bina Darma Palembang.
3. Dr. Ir. Firdaus, S.T., M.T., IPM., Ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana Universitas Bina Darma Palembang.
4. Ir. Nurly Gofar, MSCE, Ph.D., Dosen Pembimbing yang selalu sabar dalam membimbing, dan mengarahkan saya selama penyusunan tesis ini. Semoga ilmu yang telah diajarkan kepada saya menjadi amal ibadah Ibu, dan semoga

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN DEPAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TESIS	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI TESIS.....	iv
LEMBAR PERBAIKAN TESIS.....	vi
SURAT PERNYATAAN.....	v
ABSTRAK (BAHASA INDONESIA)	vi
ABSTRAK (BAHASA INGGRIS).....	vii
MOTTO DAN HALAMAN PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	6

2.1 Definisi dan Spesifikasi Jalan Tol.....	9
2.1.1 Spesifikasi Jalan Tol	10
2.1.2 Fungsi Jalan Tol.....	11
2.1.3 Kinerja Perkerasan Jalan Tol	12
2.1.4 Umur Rencana	13
2.1.5 Beban Sumbu.....	13
2.1.6 Lapis Perkerasan	13
2.2 Tanah Lunak	16
2.2.1 Konsolidasi Tanah	16
2.2.2 Teknik Perbaikan Tanah Lunak.....	21
2.3 Perbaikan Tanah dengan PVD dan Pembebanan Awal	21
2.3.1 <i>Prefabricated Vertical Drain</i> (PVD)	21
2.3.2 Pembebanan Awal (<i>preloading</i>)	24
2.3.3 Konsolidasi tanah yang diperbaiki dengan PVD dan Pembebanan Awal	28
2.4. Instrumentasi dan Monitoring.....	30
2.4.1 Settlement Plate	31
2.4.2 Piezometer	33
2.5 Analisis Data Penurunan.....	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	46
4.1 DataMonitoring Penurunan oleh <i>Settlement Plate</i>	46
4.2 Analisis Data dengan Metode Asaoka	48

4.3 Penurunan Lapangan dan Durasi Tekanan vakum	51
4.4 Koefisien kecepatan konsolidasi.....	55
4.5 Analisis dan pembahasan.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1 Kesimpulan.....	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	62
LAMPIRAN	63
LAMPIRAN A	63
➤ SK Pembimbing.....	63
➤ Surat Izin Penelitian.....	63
➤ Jurnal Seminar & Sertifikat Seminar	63
➤ Lembar Formulir Perbaikan Tesis	63
Lampiran B Perhitungan waktu konsolidasi secara konvesnsional	64
Lampiran C Grafik tekanan vakum, penurunan dan kelebihan tekanan air pori (Dilampirkan dalam bentuk FD).....	66
Lampiran D Gambar Asaoka dan perhitungan-perhitungannya (Dilampirkan dalam bentuk FD)	109

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Titik lokasi monitoring settlement plate	42
Tabel 3.2 Lapisan lempung yang mengalami konsolidasi	45
Tabel 4.1 Hasil analisis penurunan menggunakan metode ASAOKA.....	50
Tabel 4.2 Data lapangan penurunan total dan durasi aplikasi tekanan vakum.....	52
Tabel 4.3 Panjang PVD	52
Tabel 4.4 Perbandingan C_{vh} dan C_v	55
Tabel 4.5 Perbandingan besar Penurunan Pengaruh Stratifikasi terhadap besarnya dan waktu konsolidasi.....	56
Tabel 4.6 Panjang PVD dengan keterangan.....	57
Tabel 4.7 Perhitungan besar penurunan konsolidasi secara konvensional.....	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan perkerasan lentur.....	15
Gambar 2.2 Susunan perkerasan perkerasan kaku.....	15
Gambar 2.3 Susunan perkerasan komposit.....	16
Gambar 2.4 Lapisan tanah yang mengalami proses konsolidasi.....	17
Gambar 2.5 Grafik factor waktu terhadap derajat konsolidasi (Gofar dan Kasim, 2007).....	20
Gambar 2.6 Pemasangan PVD pada lapisan tanah lunak (Sumber : Meanard)	22
Gambar 2.7 Grafik penurunan tanpa PVD dan dengan PVD.....	23
Gambar 2.8 Surcharge preloading dengan PVD (Sumber : Sakhlespur, dkk., 2007).....	26
Gambar 2.9 Konsolidasi vakum dengan penutup membrane di permukaan (Masse et al., 2001).....	27
Gambar 2.10 Proses pembebanan awal menggunakan kombinasi tekanan vakum dan Surcharge.....	28
Gambar 2.11 PVD dan pengaruh bidang drainase vertical untuk kondisi ideal (Sumber : Holtz dkk. 1991).....	29
Gambar 2.12 Hubungan antara diameter efektif silinder tanah dengan jarak PVD (Sumber : Bergado dkk. 1996).....	30
Gambar 2.13 Skema instrumentasi pada timbunan jalan (Sumber : Plan Profile Proyek Tol Kayu Agung-Palembang seksi I).....	31
Gambar 2.14 Settelement Plate.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A	64
➤ SK Pembimbing	64
➤ Jurnal Seminar & Sertifikat Seminar	64
➤ Lembar Perbaikan Tesis	64
➤ Daftar Riwayat Hidup	64
Lampiran B Perhitungan waktu konsolidasi secara konvensional	65
Lampiran C Grafik tekanan vakum, penurunan dan kelebihan tekanan air pori (Dilampirkan dalam bentuk FD)	67
Lampiran D Gambar Asaoka dan perhitungan-perhitungannya (Dilampirkan dalam bentuk FD)	108