

**ANALISIS *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* (PVD) DENGAN
METODE *PRELOADING* PADA
PROYEK PEMBANGUNAN *RUNWAY***

TUGAS AKHIR



**SALSABILA NAJMI SHAINNAPUTRI
1192904003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2021**

**ANALISIS *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* (PVD) DENGAN
METODE *PRELOADING* PADA
PROYEK PEMBANGUNAN *RUNWAY***

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil
Universitas Bakrie**




**SALSABILA NAJMI SHAINNAPUTRI
1192904003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2021**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Salsabila Najmi Shainnaputri
NIM : 1192904003
Tanda Tangan : 
Tanggal : 17 Februrari, 2021

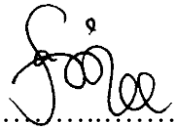
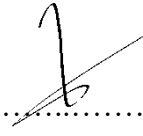

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Salsabila Najmi Shainnaputri
NIM : 1192904003
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Analisis *Prefabricated Vertical Drain* (PVD) Dengan Metode *Preloading* Pada Proyek Pembangunan *Runway*

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Fatin Adriati, S.T., M.T. (.....)
Penguji 1 : Mohammad Ihsan, S.T., M.Sc., Ph.D. (.....)
Penguji 2 : Dr. Ir. Budianto, M.Sc. (.....)

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 18 Februari 2021

UNGKAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai sesuai dengan waktu yang diharapkan. Sholawat serta salam kami panjatkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan sahabat- sahabatnya.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun ucapan terima kasih tersebut penulis tujukan kepada :

1. Allah SWT, atas nikmat, rahmat, dan karunia-Nya yang diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, berkat dukungan dan doa dari mereka yang tak pernah habis untuk kesuksesan penulis.
3. Ibu Fatin Adriati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing ini, berkat bimbingan dan motivasi beliau Tugas Akhir ini dapat selesai sesuai dengan waktu yang diharapkan.
4. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah memberikan banyak ilmu dalam bidang teknik sipil selama proses perkuliahan.
5. PT Pembangunan Perumahan (Persero) Tbk atau disingkat PT PP (Persero) Tbk selaku kontraktor proyek dan PT Ciriayasa Cipta Mandiri atau disingkat PT CCM selaku konsultan pengawas Proyek Pembangunan Runway 3 Section 1 Bandara Internasional Soekarno - Hatta yang memberikan informasi data untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Ghea Luthfia Oktari, berkat bantuan dan dukungannya, baik secara langsung maupun tidak langsung.
7. Teman-teman penulis dari SMAN 26 Jakarta yang tidak dapat disebutkan satu demi satu karena selalu memberikan dukungan dan motivasi serta doa kepada penulis untuk selalu mengusahakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan maksimal.
8. Teman-teman penulis dari Politeknik Negeri Jakarta yang tidak dapat disebutkan satu demi satu karena selalu memberikan dukungan serta doa kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan maksimal.
9. Teman-teman penulis dari Universitas Bakrie yang tidak dapat disebutkan satu demi satu karena selalu memberikan dukungan, serta motivasi untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan maksimal.
10. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Namun demikian, penulis menyadari bahwa hasil Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu diharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Akhir kata semoga penyusunan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk menambah pengetahuan bagi kita semua.

Jakarta, Februari 2021

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Salsabila Najmi Shainnaputri
NIM : 1192904003
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Analisis Prefabricated Vertical Drain (PVD) Dengan Metode Preloading Pada Proyek Pembangunan Runway

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta
Pada tanggal : Februari, 2021

Yang menyatakan



Salsabila Najmi Shainnaputri

**ANALISIS *PREFABRICATED VERTICAL DRAIN* (PVD) DENGAN METODE
PRELOADING PADA PROYEK PEMBANGUNAN *RUNWAY***

Salsabila Najmi Shainnaputri

ABSTRAK

Diketahui dari data tanah, pembangunan Runway 3 Bandara Internasional – Soekarno Hatta berada di atas tanah lempung dengan sifat kembang susut besar (PI rata-rata 36,99%) dan daya dukung yang rendah. Jika suatu konstruksi dibangun di atas permukaan tanah tersebut maka akan memberikan beban yang besar terhadap tanah sehingga akan menyebabkan penurunan tanah dan rusaknya konstruksi yang terbangun di atas tanah tersebut. Mengetahui permasalahan ini maka harus dilaksanakan perbaikan tanah menggunakan *Prefabricated Vertical Drain* dan *preloading* untuk mengurangi besaran penurunan setelah pembangunan dan mempercepat proses konsolidasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan metode PVD dan *preloading* terhadap proses konsolidasi serta untuk mengetahui perbandingan perhitungan konsolidasi secara analitik dan numerik. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini PVD dengan jarak 0,8 m, dan 1,0 m. Dari analisa yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa penggunaan PVD tidak berpengaruh terhadap besaran penurunan konsolidasi, namun lebih berpengaruh dalam mempercepat proses konsolidasi, dengan semakin kecil jarak pemasangan antar PVD maka semakin cepat waktu yang dibutuhkan untuk proses konsolidasi. Karena semakin banyaknya jumlah PVD yang terpasang maka air memiliki akses lebih mudah untuk keluar dari pori – pori tanah. Selain itu hasil perhitungan besar penurunan dan waktu konsolidasi menggunakan metode analitik dan numerik hampir sama.

Kata kunci : Konsolidasi, PVD, *preloading*, analitik, numerik

***PREFABRICATED VERTICAL DRAIN (PVD) ANALYSIS WITH PRELOADING
METHOD ON RUNWAY DEVELOPMENT PROJECT***

Salsabila Najmi Shainnaputri

ABSTRACT

Known from soil data, the construction of Runway 3 Soekarno – Hatta International Airport is located on a clay soil that has large shrinkage properties (Average PI : 36,99%) and low bearing capacity. If a construction is to be built on the surface of that land, it will give a large load on the land which will cause land subsidence and construction damage. Knowing this problem, soil improvement must be carried out by installing Prefabricated Vertical Drain (PVD) and preloading to reduce the amount of settlement after construction, and accelerate the consolidation process. This study aims to determine the effect of using PVD and preloading method on consolidation process and to determine the comparison of consolidation calculation by using analytical and numerical method. The variation that used in this study are PVD with installment distance of 0,8 m, and 1,0 m. From the analysis that has been done, it is found that the use of PVD does not affect the amount of settlement, but it is more influential in accelerating the consolidation process, the smaller the installation distance between PVDs, the faster the time needed for the consolidation process. Due to the increasing number of PVD installed, water has easier access to get out of the soil pores. In addition, the calculation results of the amount of settlement and consolidation time using analytical and numerical methods are almost the same.

Keyword : Consolidation, PVD, preloading, analytic, numeric

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
UNGKAPAN TERIMA KASIH	iv
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Pembatasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Konsolidasi.....	4
2.2 <i>Prefabricated Vertical Drain (PVD)</i>	20
2.3 Korelasi Antar Parameter Tanah Berdasarkan Hasil <i>Standard Penetration Test (SPT)</i>	24
2.4 PLAXIS.....	28
2.5 Penelitian Terdahulu.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Kerangka Penelitian.....	32
3.2 Lokasi Penelitian.....	33

3.3	Metode Pengumpulan Data	33
3.4	Metode Analisa Data	37
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Analisis Penurunan Konsolidasi.....	42
4.2	Analisis Waktu Konsolidasi	43
4.3	Analisis Tekanan Air Pori Berlebih	46
4.4	Analisis Faktor Keamanan	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA		56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Pembangunan Runway 3 Bandara Internasional Soekarno – Hatta	2
Gambar 2. 1 Pemodelan Konsolidasi	4
Gambar 2. 2 Perubahan Volume Pada Penurunan Konsolidasi.....	6
Gambar 2. 3 Perubahan Tegangan Saat Konsolidasi.....	6
Gambar 2. 4 Hubungan Waktu – Penurunan Selama Konsolidasi	9
Gambar 2. 5 Prosedur Penentuan Tekanan Prakonsolidasi (P_c') Dengan Cara Grafis	12
Gambar 2. 6 Tiga Fase Elemen Tanah (Braja M. Das 1995)	15
Gambar 2. 7 Tegangan Akibat Berat Tanah Sendiri	19
.Gambar 2. 8 Perhitungan Tegangan Beban Trapesium.....	19
Gambar 2. 9 <i>Chart</i> Osterberg 1957 ; US Navy 1971	20
Gambar 2. 10 Material <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	21
Gambar 2. 11 Diameter Ekuivalen Dari <i>Prefabricated Vertical Drain</i>	23
Gambar 2. 12 Pola Pemasangan PVD	24
Gambar 3. 1 Lokasi Objek Penelitian (STA 0+000 – STA 1+020)	33
Gambar 3. 2 Letak Titik <i>Depth Boring</i> Yang Akan Dirancang PVD.....	33
Gambar 3. 3 Stratigrafi Tanah STA 0+000 – 0+500.....	35
Gambar 3. 4 Penampang Pemodelan Model 2 Pada Plaxis.....	39
Gambar 4. 1 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Derajat Konsolidasi Model 1.....	45
Gambar 4. 2 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Derajat Konsolidasi Model 2.....	45
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Penurunan Model 1	46
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Antara Waktu dan Penurunan Model 2	46
Gambar 4. 5 Nilai Tekanan Air Pori Berlebih Kondisi Awal Tanah Pada Model 1 Tanpa Perbaikan	48
Gambar 4. 6 Nilai Tekanan Air Pori Berlebih Kondisi Tanah Saat Mencapai Derajat Konsolidasi 90% Pada Model 1 Tanpa Perbaikan.....	48
Gambar 4. 7 Nilai Tekanan Air Pori Berlebih Model 1 Dengan Menggunakan PVD 0,8 m dan <i>Preloading</i> Saat Mencapai Derajat Konsolidasi 90%.....	48
Gambar 4. 8 Grafik Analisa Tekanan Air Pori Berlebih Model 1.....	50
Gambar 4. 9 Grafik Analisa Tekanan Air Pori Berlebih Model 2.....	50
Gambar 4. 10 Grafik Analisa Faktor Keamanan Model 1.....	53
Gambar 4. 11 Grafik Analisa Faktor Keamanan Model 2.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Korelasi Antara Faktor Waktu Terhadap Derajat Konsolidasi.....	11
Tabel 2. 2 Hubungan Antara Macam Tanah Dengan Indeks Kemampatan (C_c).....	13
Tabel 2. 3 Pemampatan Dan Pemuaiian Tanah Asli	14
Tabel 2. 4 Angka Pori (e), Kadar Air, Dan Berat Isi Tanah (γ) Untuk Beberapa Tipe Tanah Yang Masih Dalam Keadaan Asli	15
Tabel 2. 5 Koefisien Konsolidasi Vertikal (C_v) Tanah Lempung	16
Tabel 2. 6 Korelasi Antara Konsistensi Tanah Dengan <i>Undrained Cohesion</i> (c_u)	24
Tabel 2. 7 Korelasi Empiris Antara Nilai N-SPT Dengan Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat}) Untuk Tanah Kohesif	25
Tabel 2. 8 Korelasi Antar Nilai N-SPT Dengan Berat Isi Tanah (γ) Untuk Tanah Kohesif Dan Non-Kohesif.....	25
Tabel 2. 9 Korelasi Berat Isi Tanah Jenuh (γ_{sat}) Untuk Tanah Non-Kohesif.	26
Tabel 2. 10 Koefisien Permeabilitas (k) Untuk Berbagai Jenis Tanah.....	26
Tabel 2. 11 Korelasi Antara Nilai N-SPT Dengan Nilai Kohesi (c)	27
Tabel 2. 12 Korelasi Jenis Tanah Dengan Angka Poisson (μ).....	27
Tabel 2. 13 Korelasi Jenis Tanah Dengan Modulus Young (E).....	28
Tabel 2. 14 Karakteristik Fisis Dan Mekanis Pemuaiian	28
Tabel 3. 1 Data Tanah Timbunan	36
Tabel 3. 2 Kombinasi Beban Rencana	36
Tabel 3. 3 Parameter Data PVD	36
Tabel 3. 4 Hasil Korelasi Parameter Tanah Model 1 Terhadap Nilai N-SPT	38
Tabel 3. 5 Hasil Korelasi Parameter Tanah Model 2 Terhadap Nilai N-SPT	38
Tabel 3. 6 Rencana Kedalaman Pemasangan PVD	39
Tabel 3. 7 Parameter Model 1 Untuk Plaxis.....	40
Tabel 3. 8 Parameter Model 2 Untuk Plaxis.....	41
Tabel 4. 1 Analisa Besar Penurunan Konsolidasi 90% Menggunakan Metode Analitik dan Numerik.....	43
Tabel 4. 2 Analisa Waktu Tercapainya Derajat Konsolidasi 90% Menggunakan Metode Analitik dan Numerik	44
Tabel 4. 3 Nilai Tekanan Air Pori Berlebih Pada Tiap Tahapan Konstruksi	49
Tabel 4. 4 Nilai Faktor Keamanan Pada Tiap Tahapan Konstruksi	52

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Uji <i>Bor Log</i>	58
Lampiran 2. Hasil Uji Laboratorium	62
Lampiran 3. Nilai Kembang – Susut Tanah Pada Proyek Pembangunan Runway 3 Bandara Internasional Soekarno - Hatta	68
Lampiran 4. Analisa Menggunakan Metode Analitik	69
Lampiran 5. Analisa Menggunakan Metode Numerik	91

DAFTAR NOTASI

S_c	= penurunan konsolidasi primer (m)
S_s	= penurunan konsolidasi sekunder (m)
Po'	= tegangan <i>overburden</i> efektif (kN/m^2)
Pc'	= tegangan prakonsolidasi efektif (kN/m^2)
$\Delta p'$	= penambahan tegangan (kN/m^2)
e	= angka pori
e_p	= angka pori pada akhir konsolidasi primer
Δe	= perubahan angka pori
H	= tebal lapisan tanah (m)
C_c	= indeks pemampatan
C_s	= indeks pemuaian
C_a	= indeks pemampatan sekunder
t_2/t_1	= waktu (s)
LL	= batas cair
PL	= batas plastis
PI	= indeks plastisitas
V_v	= volume pori (udara dan air)
V_s	= volume butiran padat
q	= beban rencana (kN/m^2)
q_o	= beban timbunan (kN/m^2)
γ_{timb}	= berat volume tanah timbunan (kN/m^3)
H_{timb}	= tinggi timbunan rencana (m)
FK	= faktor keamanan
C_v	= koefisien konsolidasi vertikal (m^2/s)
$C_v \text{ gab}$	= koefisien konsolidasi vertikal rata – rata (m^2/s)
C_{v1}	= koefisien konsolidasi vertikal lapisan tanah ke-1 (m^2/s)
C_{vn}	= koefisien konsolidasi vertikal lapisan tanah ke-n (m^2/s)
H_1	= lapisan tanah ke-1 (m)
H_n	= lapisan tanah ke – n (m)
C_h	= koefisien konsolidasi horisontal (m^2/s)
T_v	= faktor waktu konsolidasi arah vertikal

t	= waktu untuk derajat konsolidasi $U\%$ (s)
$U\%$	= derajat konsolidasi
U_{total}	= derajat konsolidasi rata-rata
U_v	= derajat konsolidasi vertikal
U_h	= derajat konsolidasi horizontal
H_{dr}	= panjang maksimum aliran air (m)
c_u	= <i>undrained cohesion</i> (kN/m^2)
γ	= berat isi tanah (kN/m^3)
z	= kedalaman (m)
t	= waktu yang diperlukan untuk mencapai $\overline{U_h}$
$\overline{U_h}$	= derajat konsolidasi rata – rata akibat drainase horizontal
T_h	= faktor waktu horizontal
D	= diameter dari silinder tanah yang terpengaruh oleh pemasangan <i>vertical drain</i> (mm)
$F(n)$	= faktor spasi dari drainase
d_w	= diameter ekivalen (mm)
a	= lebar <i>vertical drain</i> (mm)
b	= tebal <i>vertical drain</i> (mm)
q_u	= <i>unconfined compressive strength</i> (kN/m^2)
γ_{sat}	= berat isi tanah jenuh (kN/m^3)
k	= koefisien permeabilitas (m/hari)
k_y	= koefisien permeabilitas arah vertikal (m/hari)
k_x	= koefisien permeabilitas arah horizontal (m/hari)
c	= kohesi (kN/m^2)
φ	= sudut geser ($^\circ$)
μ	= angka poisson
E	= modulus young (kN/m^2)
Ψ	= sudut ditlantasi ($^\circ$)
d_m	= angka poisson
q_w	= <i>dischare capacity</i> (m^3/s)