

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENURUNAN DENGAN *VERTICAL DRAIN*  
MENGUNAKAN METODE ASAOKA  
DAN HIPERBOLIK STUDI KASUS KARIANGAU**



**ANGELINA PRISILIA PRADANA  
NPM : 2016410030**

**PEMBIMBING: Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2019)  
BANDUNG  
DESEMBER  
2019**

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENURUNAN DENGAN *VERTICAL DRAIN*  
MENGUNAKAN METODE ASAOKA  
DAN HIPERBOLIK STUDI KASUS KARIANGAU**



**ANGELINA PRISILIA PRADANA  
NPM : 2016410030**

**BANDUNG, 19 DESEMBER 2019**

**PEMBIMBING:**

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Budijanto Widjaja".

**Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2019)  
BANDUNG  
DESEMBER  
2019**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Angelina Prisilia Pradana  
NPM : 2016410030

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Analisis Penurunan dengan *Vertical Drain* menggunakan Metode Asaoka dan Hiperbolik Studi Kasus Kariangau adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 18 Desember 2019



Angelina Prisilia Pradana

2016410030

# ANALISIS PENURUNAN DENGAN *VERTICAL DRAIN* MENGUNAKAN METODE ASAOKA DAN HIPERBOLIK STUDI KASUS KARIANGAU

Angelina Prisilia Pradana  
NPM: 2016410030

Pembimbing: Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2019)  
BANDUNG  
JANUARI 2020

## ABSTRAK

Karya ilmiah ini mengacu pada prediksi penurunan akhir dengan *vertical drain* berdasarkan data observasi lapangan menggunakan *settlement plate*, yang berasal dari Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau. Adapun metode yang digunakan dalam analisis adalah metode Asaoka (1978) dan metode hiperbolik Guo et al. (2018), dengan variasi interval waktu 1, 2, 5, dan 10 hari. Selain itu, program Plaxis 2D v8.2 digunakan untuk memodelkan tahapan konstruksi timbunan *preloading* sesuai data observasi lapangan untuk mengetahui perilaku penurunan terhadap waktu. Terdapat dua titik *settlement plate* yang ditinjau, yaitu SP-01 dan SP-02. Data penurunan akhir hasil observasi pada hari ke-171 adalah 20,5 cm di SP-01 dan 23,1 cm di SP-02, dengan koefisien konsolidasi arah horizontal sebesar 0,00196 cm<sup>2</sup>/s. Hasil penurunan akhir menggunakan metode Asaoka di SP-01 berkisar antara 18,6 cm sampai 22,2 cm dengan estimasi koefisien konsolidasi arah horizontal antara 0,0001 cm<sup>2</sup>/s sampai 0,00137 cm<sup>2</sup>/s, sedangkan di SP-02 berkisar antara 19,4 cm sampai 27,6 cm, dengan estimasi koefisien konsolidasi arah horizontal antara 0,00004 cm<sup>2</sup>/s sampai 0,00083 cm<sup>2</sup>/s. Hasil penurunan akhir menggunakan metode hiperbolik di SP-01 berkisar antara 19,9 cm sampai 20,5 cm dengan estimasi koefisien konsolidasi arah horizontal antara 0,00036 cm<sup>2</sup>/s sampai 0,00053 cm<sup>2</sup>/s, sedangkan di SP-02 berkisar antara 19,2 cm sampai 20,7 cm, dengan estimasi koefisien konsolidasi arah horizontal antara 0,00032 cm<sup>2</sup>/s sampai 0,00046 cm<sup>2</sup>/s. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh bahwa prediksi penurunan dengan metode Asaoka dipengaruhi oleh interval waktu, sedangkan metode hiperbolik tidak. Prediksi penurunan pada metode hiperbolik sangat dipengaruhi oleh penentuan waktu saat derajat konsolidasi 60% dan 90% karena besar penurunan terhadap waktu dianggap lebih stabil dan selisihnya semakin kecil. Hasil kurva penurunan terhadap waktu dari program Plaxis 2D v8.2 menunjukkan penurunan yang dihasilkan pada hari ke-171 adalah 20,23 cm di SP-01 dan 14,62 cm di SP-02. Setelah hari ke-171, di SP-01 tidak mengalami penurunan, sedangkan di SP-02 masih mengalami penurunan hingga mencapai 18,8 cm pada hari ke-271. Hasil tersebut menandakan adanya kemungkinan tanah di sekitar lokasi SP-02 belum mencapai penurunan akhir pada hari ke-171.

Kata Kunci: Penurunan Konsolidasi, *Vertical Drain*, Asaoka, Hiperbolik, Plaxis 2D

# **SETTLEMENT ANALYSIS FOR VERTICAL DRAIN USING ASAOKA AND HYPERBOLIC METHOD WITH KARIANGAU CASE STUDY**

**Angelina Prisilia Pradana**  
**NPM: 2016410030**

**Advisor: Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY**  
**FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING**  
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2019)  
**BANDUNG**  
**JANUARY 2020**

## **ABSTRACT**

This research focusses on predicting the final settlement with vertical drain based on field observation data using settlement plate, obtained from Container Terminal Project in Kariangau. Some method used in this analysis are Asaoka's method (1978) and Guo's hyperbolic method (2018), with time interval variation of 1, 2, 4, and 10 days. In addition, Plaxis 2D v8.2 program is used to model the preloading construction staves according to field observation data to determine time – settlement behavior. There are two settlement plate points reviewed, namely SP-01 and SP-02. The final settlement in observation on day 171 is 20,5 cm at SP-01 and 23,1 cm at SP-02, with horizontal consolidation coefficient of 0,00196 cm<sup>2</sup>/s. The final settlement results using Asaoka's method at SP-01 ranged from 18,6 cm to 22,2 cm with estimated horizontal consolidation coefficient between 0,0001 cm<sup>2</sup>/s and 0,00137 cm<sup>2</sup>/s, whereas at SP-02 ranged from 19,4 cm to 27,6 cm with estimated horizontal consolidation coefficient between 0,00004 cm<sup>2</sup>/s and 0,00083 cm<sup>2</sup>/s. The final settlement results using hyperbolic method at SP-01 ranged from 19,9 cm to 20,5 cm with estimated horizontal consolidation coefficient between 0,00036 cm<sup>2</sup>/s and 0,00053 cm<sup>2</sup>/s, whereas at SP-02 ranged from 19,2 cm to 20,7 cm with estimated horizontal consolidation coefficient between 0,00032 cm<sup>2</sup>/s and 0,00046 cm<sup>2</sup>/s. Based on those results, it can be said that settlement prediction using Asaoka's method is influenced by time intervals, whereas hyperbolic method is not. The settlement prediction using hyperbolic method is strongly influenced by determination of time when the degree of consolidation is 60% and 90%, because the relationship of settlement and time is considered more stable and the difference is smaller. The time – settlement curves as results of Plaxis 2D program show that settlement on day 171 is 20,23 cm at SP-01 and 14,62 cm at SP-02. After that day, SP-01 doesn't experience any settlement, while SP-02 still decreases until 18,8 cm on day 271. These results indicate possibility of the land around SP-02 location has not reach its final settlement on day 171.

Keywords: Consolidation Settlement, Vertical Drain, Asaoka, Hyperbolic, Plaxis 2D

## PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan yang Maha Esa atas berkat rahmat-Nya, yang telah diberikan kepada penulis sehingga skripsi dengan judul “Analisis Penurunan dengan *Vertical Drain* menggunakan Metode Asaoka dan Hiperbolik Studi Kasus Kariangau” ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat lulus program sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Selama proses penulisan skripsi, ada banyak hambatan, baik yang bersifat fisik maupun emosional dalam skala yang besar ataupun kecil, yang dialami oleh penulis. Akan tetapi, penulis sangat bersyukur atas hadirnya orang-orang yang sangat membantu penulis untuk mengatasi dan melewati berbagai hambatan tersebut. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang-orang tersebut, yaitu:

1. Papa Tjhie Jun Kong, S.E., Mama Tjeng Mey Ling, dan Adik Adrianus Lunardi Pradana yang selalu memberi dukungan dalam berbagai bentuk dan dalam berbagai situasi dan kondisi.
2. Bapak Budijanto Widjaja, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang dengan sabar membimbing dan mendampingi penulis dalam segala proses penulisan skripsi, dimulai dari pemilihan topik, rangkaian bimbingan skripsi, diskusi, hingga penyempurnaan penulisan skripsi penulis.
3. Seluruh dosen dan staff pengajar KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji untuk segala kritik, masukan, dan saran yang diberikan kepada penulis.
4. Fendy, Steven Winata, Gilberta Miranda Hutabarat, Aulia Dianti Putri Purnama, Justin Komala Putra, dan Hendry selaku saudara satu pembimbing yang berjuang bersama berawal dari awal hingga akhir proses penulisan skripsi.
5. Rocky Mountainshia dan Soni Satria Gunawan selaku rekan Tim Pacific Clover, serta Fendy dan Steven Winata selaku rekan Tim Pacific Trident yang selalu menanyakan progres laporan skripsi yang secara tidak langsung memberi semangat dan energi positif.

6. Yiska Vivian, Andrew Putra, Giovanni Binar, serta teman-teman Geofam Unpar 2016 lain yang turut serta memberi energi dan semangat positif kepada penulis dan rekan-rekan penulis yang sedang menulis skripsi.
7. Krisna Sanjaya Utomo selaku teman yang mau mendengarkan segala keluhan, memberikan saran, serta dukungan dan semangat setiap harinya.
8. Iola Novianti Kurniawan selaku teman yang menemani penulis dalam memperkuat iman setiap minggu, dan juga memberi semangat dalam menyelesaikan skripsi.
9. Stella Avinca dan Metha Armelita selaku teman dari PSM Unpar yang mendukung dan menghibur sejak awal semester hingga sekarang.
10. Sipil Unpar 2016 dan Masyarakat Sipil yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.
11. Seluruh civitas akademika Universitas Katolik Parahyangan, khususnya Program Studi Teknik Sipil.

Penulis menyadari akan kelemahan, kekurangan, dan ketidaksempurnaan yang dilakukan selama proses penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang membangun agar kedepannya dapat menjadi lebih baik lagi. Terima kasih.

Bandung, 26 November 2019



Angelina Prisilia Pradana

2016410030

# DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR NOTASI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiiiv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Lingkup Penelitian.....	1-3
1.5 Metode Penelitian.....	1-3
1.6 Sistematika Penulisan.....	1-4
1.7 Diagram Alir.....	1-5
BAB 2 DASAR TEORI.....	2-1
2.1 Parameter Geoteknik Tanah.....	2-1
2.2 Korelasi Nilai Parameter Tanah.....	2-1
2.2.1 Konsistensi Tanah dan Sudut Geser Dalam Tanah ( $\phi'$ ).....	2-2
2.2.2 Berat Isi Tanah ( $\gamma$ ).....	2-2
2.2.3 Kuat Geser Tanah Tak Teralir ( $s_u$ ).....	2-3



2.2.4	Modulus Elastisitas Tanah ( $E_s$ ) dan Modulus Elastisitas Efektif ( $E'$ ) ...	2-3
2.2.5	Poisson's Ratio Efektif ( $\nu'$ ) .....	2-4
2.2.6	Koefisien Permeabilitas Vertikal ( $k_z$ ).....	2-4
2.2.7	Koefisien Permeabilitas Horizontal ( $k_x$ ).....	2-5
2.3	Penurunan Konsolidasi .....	2-5
2.4	Prefabricated Vertical Drain (PVD) .....	2-6
2.5	Preloading .....	2-7
2.6	Peningkatan Kuat Geser Tanah ( $s_u$ ) akibat Penambahan Beban Timbunan ..	2-8
2.7	Metode Elemen Hingga dan Program Plaxis 2D .....	2-9
2.8	Instrumentasi dan Pemantauan di Lapangan .....	2-10
2.9	Prediksi Penurunan Akhir di Lapangan .....	2-10
2.9.1	Metode Asaoka .....	2-10
2.9.2	Metode <i>Modified Hyperbolic</i> .....	2-11
BAB 3 METODE PENELITIAN .....		3-1
3.1	Data Proyek .....	3-1
3.2	Metode Analisis .....	3-2
3.3	Asumsi yang Digunakan.....	3-2
3.4	Analisis Penurunan dengan Program Plaxis 2D .....	3-3
3.5	Analisis Penurunan dengan Metode Asaoka .....	3-7
3.6	Analisis Penurunan dengan Metode Hiperbolik.....	3-7
BAB 4 .....		4-1
4.1	Stratifikasi dan Parameter Tanah.....	4-1
4.2	Lokasi Titik <i>Settlement Plate</i> (SP) yang Ditinjau.....	4-2
4.3	Spesifikasi PVD dan Waktu Konsolidasi .....	4-2

4.4 Hasil Analisis Program Plaxis 2D .....	4-4
4.5 Hasil Analisis Metode Asaoka .....	4-7
4.6 Hasil Analisis Metode Hiperbolik.....	4-9
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>5-1</b>
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran.....	5-2
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xv</b>

## DAFTAR NOTASI

$a$	:	Lebar PVD (cm)
$\alpha_{60}$	:	Gradien garis linear pada $U = 60\%$
$\alpha_{90}$	:	Gradien garis linear pada $U = 90\%$
$\alpha_i$	:	Gradien dari garis linear dari kurva $T_v/U$ terhadap $T_v$
$B$	:	Lebar Dasar Timbunan (m)
$\beta_1$	:	Gradien Garis yang melalui plot $\rho_n$ terhadap $\rho_{n-1}$
$\beta_0$	:	Perpotongan Garis $\rho_n$ terhadap $\rho_{n-1}$ , saat $\rho_{n-1}$ bernilai nol
$b$	:	Tebal PVD (cm)
$c$	:	Kohesi Tanah ( $\text{kN/m}^2$ )
$C_c$	:	Indeks Kompresi
$c_h$	:	Koefisien Konsolidasi Arah Horizontal ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )
$c_v$	:	Koefisien Konsolidasi Arah Vertikal ( $\text{cm}^2/\text{s}$ )
$D_r$	:	Kepadatan Relatif (%)
$d_w$	:	Diameter Ekuivalen (cm)
$D_w$	:	Diameter Pengaruh (cm)
$\Delta\sigma_v'$	:	Penambahan Tegangan Vertikal Efektif Akibat Beban Luar ( $\text{kN/m}^2$ )
$\Delta t$	:	Interval atau Selisih Waktu (hari)
$\Delta u$	:	Perubahan Tegangan Air Pori Ekses ( $\text{kN/m}^2$ )
$\Delta\sigma_v$	:	Penambahan Beban Luar atau Beban Timbunan ( $\text{kN/m}^2$ )
$\delta_{ult}$	:	Penurunan Akhir atau Final (cm)
$\rho_n$	:	Penurunan pada Waktu ke- $n$ (cm)
$\rho_{n-1}$	:	Penurunan pada waktu ke- $(n-1)$ (cm)
$E'$	:	Modulus Elastisitas Tanah Efektif ( $\text{kN/m}^2$ )
$e_0$	:	Angka Pori Awal
$E_s$	:	Modulus Elastisitas Tanah ( $\text{kN/m}^2$ )
ESUA	:	Effective Stress Undrained Analysis
FK	:	Faktor Keamanan

$\gamma$	:	Berat Isi Tanah (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_{\text{sat}}$	:	Berat Isi Tanah Jenuh (kN/m <sup>3</sup> )
$\gamma_{\text{timbunan}}$	:	Berat Isi Tanah Timbunan (kN/m <sup>3</sup> )
H	:	Panjang PVD (m)
H <sub>c</sub>	:	Tinggi Timbunan Kritis (m)
H <sub>dr</sub>	:	Tebal Lapisan Tanah Lempung
k <sub>x</sub>	:	Koefisien Permeabilitas Tanah Arah Horizontal (cm/s)
k <sub>z</sub>	:	Koefisien Permeabilitas Tanah Arah Vertikal (cm/s)
L	:	Ketebalan Lapisan Tanah (m)
n	:	Drain Spacing Ratio
N <sub>60</sub>	:	Penetration Test Number Terkoreksi (tumbukan/30 cm)
NC	:	Normally Consolidated
N <sub>SPT</sub>	:	Penetration Test Number (tumbukan/30 cm)
OC	:	Over Consolidated
OCR	:	Overconsolidation Ratio
$\phi$	:	Sudut Geser Dalam Tanah (°)
$p'$	:	Effective Overburden Pressure (kN/m <sup>2</sup> )
$\phi'$	:	Sudut Geser Dalam Tanah Efektif (°)
PVD	:	Prefabricated Vertical Drain
q	:	Beban Timbunan (kN/m <sup>2</sup> )
q <sub>u</sub>	:	Daya Dukung Tanah (kN/m <sup>2</sup> )
q <sub>w</sub>	:	Kapasitas Debit dari PVD (cm <sup>3</sup> /s)
$\mu$	:	Konstanta dengan persamaan $\mu = \frac{n^2}{n^2+1} \ln(n) - \frac{3n^2-1}{4n^2}$
$\mu'$	:	Poisson's ratio Efektif
R	:	Radius Zona yang terpengaruh Vertical Drain
r <sub>k</sub>	:	Rasio Koefisien Permeabilitas
SPT	:	Standard Penetration Test
s <sub>u</sub>	:	Kuat Geser Tanah Tak Teralir (kN/m <sup>2</sup> )
S <sub>60</sub>	:	Gradien garis linear pada U = 60%

$S_{90}$	:	Gradien garis linear pada $U = 90\%$
$S_i$	:	Gradien dari garis linear dari kurva $t/\delta$ terhadap $t$
$\sigma'_c$	:	Tegangan Prakonsolidasi ( $\text{kN/m}^2$ )
$\sigma'_v$	:	Tegangan Vertikal Efektif ( $\text{kN/m}^2$ )
$t$	:	Waktu Konsolidasi (hari)
$T_r$	:	Faktor Waktu Arah Radial
$T_v$	:	Faktor Waktu Arah Vertikal
$U$	:	Derajat Konsolidasi (%)
$U_h$	:	Derajat Konsolidasi Arah Horizontal atau Radial (%)
$U_v$	:	Derajat Konsolidasi Arah Vertikal (%)
$U_{vh}$	:	Derajat Konsolidasi Rata-rata Arah Vertikal dan Radial (%)
$v_{hv}$	:	Rasio Faktor Waktu Arah Horizontal terhadap Faktor Waktu Arah Vertikal
$z$	:	Kedalaman Tanah yang Ditinjau (m)

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Diagram Alir.....	1-5
<b>Gambar 2.1</b> Korelasi nilai $N_{SPT}$ dengan $s_u$ pada Tanah Kohesif (Terzaghi dan Peck, 1967; Sowers, 1979) .....	2-3
<b>Gambar 2.2</b> Pola PVD (Budhu, 2011) .....	2-6
<b>Gambar 2.3</b> Kurva Metode Asaoka (Asaoka, 1978).....	2-11
<b>Gambar 2.4</b> Kurva $T_v/U$ terhadap $T_v$ berdasarkan Teori Terzaghi (Tan, 1995)....	2-12
<b>Gambar 2.5</b> Kurva Metode Hiperbolik (Tan, 1995).....	2-12
<b>Gambar 2.6</b> Kurva Metode Hiperbolik (Guo et al., 2018) .....	2-14
<b>Gambar 2.7</b> Kurva Hubungan $v_{hv}$ terhadap $\alpha_i$ (Guo et al., 2018) .....	2-14
<b>Gambar 2.7</b> Contoh Kurva Hubungan $t/\delta$ terhadap $t$ (Tan dan Chew, 1996) .....	2-15
<b>Gambar 3.1</b> Denah Lokasi Titik Pengujian Proyek Termnal Peti Kemas Kariangau.....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> Pemodelan Geometri Tanah dan Timbunan program Plaxis 2D v8.2 .....	3-3
<b>Gambar 3.3</b> Pemodelan kondisi awal dan muka air tanah program Plaxis 2D v8.2 .....	3-4
<b>Gambar 3.4</b> Pemodelan tahapan konstruksi titik SP-01 program Plaxis 2D v8.2 .....	3-5
<b>Gambar 3.5</b> Kurva penurunan terhadap waktu titik SP-01 program Plaxis 2D v8.2 .....	3-5
<b>Gambar 3.6</b> Pemodelan tahapan konstruksi titik SP-02 program Plaxis 2D v8.2 .....	3-6
<b>Gambar 3.7</b> Kurva penurunan terhadap waktu titik SP-02 program Plaxis 2D v8.2 .....	3-6
<b>Gambar 4.1</b> Stratifikasi Tanah Potongan A-A.....	4-2
<b>Gambar 4.2</b> Lokasi titik SP-01 dan SP-02 pada potongan A-A .....	4-2
<b>Gambar 4.3</b> Grafik Derajat Konsolidasi terhadap Waktu (dengan PVD) .....	4-3

<b>Gambar 4.4</b> Rangkuman Kurva Penurunan terhadap Waktu program Plaxis 2D v8.2.....	4-5
<b>Gambar 4.5</b> Perbandingan Kurva Plaxis 2D dengan Data Lapangan pada Titik SP-01 .....	4-5
<b>Gambar 4.6</b> Perbandingan Kurva Plaxis 2D dengan Data Lapangan pada Titik SP .....	4-6
<b>Gambar 4.7a</b> Hasil Grafik Asaoka dan Persamaan Regresi untuk $\Delta t = 1, 2, \text{ dan } 5$ hari .....	4-8
<b>Gambar 4.7b</b> Hasil Grafik Asaoka dan Persamaan Regresi untuk $\Delta t = 10$ hari ....	4-9
<b>Gambar 4.8</b> Kurva Metode Hiperbolik untuk $v_{hv} = 705,33$ (Guo et al., 2018) .....	4-10
<b>Gambar 4.9</b> Kurva Hubungan $T_v/U_{vh}$ terhadap $T_v$ pada metode Hiperbolik .....	4-10
<b>Gambar 4.10a</b> Hasil Kurva $t/\delta$ terhadap $t$ dan Persamaan Regresi Metode Hiperbolik untuk $\Delta t = 1$ dan $2$ hari .....	4-13
<b>Gambar 4.10b</b> Hasil Kurva $t/\delta$ terhadap $t$ dan Persamaan Regresi Metode Hiperbolik untuk $\Delta t = 5$ dan $10$ hari .....	4-14

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Korelasi $N_{SPT}$ , $N_{60}$ , $\gamma$ , $D_r$ , dan $\phi'$ pada Tanah Non-kohefif (Budhu, 2011) .....	2-2
<b>Tabel 2.2</b> Korelasi $N_{60}$ dan $s_u$ pada Tanah Kohesif (Budhu, 2011) .....	2-2
<b>Tabel 2.3</b> Rentang Nilai $\gamma$ dan $\gamma_{sat}$ pada Beberapa Jenis Tanah (Budhu, 2011) ....	2-2
<b>Tabel 2.4</b> Korelasi <i>Poisson's Ratio</i> Efektif ( $\mu'$ ) pada Beberapa Jenis Tanah (Budhu, 2011) .....	2-4
<b>Tabel 2.5</b> Perkiraan Nilai $k_z$ pada Beberapa Jenis Tanah.....	2-4
<b>Tabel 4.1</b> Parameter Material Tanah dan Timbunan.....	4-1
<b>Tabel 4.2</b> Spesifikasi PVD dan Waktu Konsolidasi.....	4-3
<b>Tabel 4.3</b> Ringkasan Tinggi Timbunan terhadap Durasi untuk Tahapan Konstruksi pada Program Plaxis 2D v8.2 .....	4-4
<b>Tabel 4.4</b> Perbandingan Penurunan Akhir Hasil Analisis Plaxis 2D dengan Data Lapangan .....	4-6
<b>Tabel 4.5</b> Rangkuman Prediksi Penurunan Akhir dan Koefisien Konsolidasi Arah Horizontal dengan Metode Asaoka .....	4-7
<b>Tabel 4.6</b> Perbandingan Penurunan Akhir Hasil Analisis Metode Asaoka dengan Data Lapangan .....	4-7
<b>Tabel 4.7</b> Rangkuman Prediksi Penurunan Akhir dan Koefisien Konsolidasi Arah Horizontal dengan Metode Hiperbolik .....	4-11
<b>Tabel 4.8</b> Perbandingan Penurunan Akhir Hasil Analisis Metode Hiperbolik dengan Data Lapangan .....	4-11



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data *Borelog* dan Rangkuman Hasil Uji Laboratorium yang digunakan
- Lampiran 2 Data *Settlement Plate*
- Lampiran 3 Contoh Perhitungan Metode Asaoka dan Metode Hiperbolik
- Lampiran 4 Hasil Peningkatan Kuat Geser Tanah dan Modulus Elastisitas sebagai *Input* Program Plaxis 2D pada Tahapan Konstruksi Peningkatan  $s_u$

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Konsolidasi adalah proses keluarnya air pori eksek dari dalam tanah dalam jangka waktu tertentu. Penurunan kondolidasi tanah merupakan salah satu masalah geoteknik yang sering terjadi pada konstruksi timbunan, terutama pada tanah lunak. Tanah lunak memiliki permeabilitas yang rendah sehingga waktu konsolidasi menjadi lama dan kompresibilitas yang tinggi menyebabkan penurunan akhir yang besar.

Salah satu metode yang paling umum digunakan untuk memperbaiki tanah lempung lunak adalah pemasangan *Prefabricated Vertical Drain* (PVD). PVD berfungsi untuk mempercepat waktu konsolidasi tanah sehingga memenuhi kriteria perencanaan timbunan, yaitu derajat konsolidasi ( $U$ ) sebesar 90% pada akhir konstruksi. Dalam sebuah proyek konstruksi di atas tanah lunak, khususnya pada Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau, perlu dilakukan proses desain untuk menentukan metode perbaikan tanah dan analisis terhadap stabilitas, daya dukung, dan besar penurunan.

Hasil dari analisis perlu divalidasi melalui pemantauan dan pengujian di lapangan pada masa konstruksi. Suatu uji lapangan tidak mungkin dilakukan di setiap titik hingga mencapai kondisi ultimitnya karena ketergantungan proyek pada durasi. Oleh karena itu, terdapat beberapa metode untuk memprediksi waktu dan penurunan konsolidasi yang menggunakan korelasi empirik dari hasil pengujian, baik uji laboratorium maupun uji lapangan.

Terdapat dua cara prediksi penurunan konsolidasi, yaitu pada saat sebelum konstruksi dan sesudah konstruksi. Prediksi penurunan konsolidasi saat pra-konstruksi menggunakan data hasil penyelidikan tanah untuk mendapat parameter tanah sebagai *input* pada program. Salah satu program yang umum digunakan untuk analisis deformasi dan stabilitas tanah adalah Plaxis 2D. Prediksi penurunan akhir saat pasca-konstruksi menggunakan data hasil pembacaan *settlement plate*. Beberapa metode

yang digunakan untuk memprediksi penurunan akhir berdasarkan data penurunan terhadap waktu adalah metode Asaoka dan metode hiperbolik yang dimodifikasi (*modified hyperbolic*).

Karya ilmiah ini berfokus pada prediksi penurunan berdasarkan data observasi lapangan menggunakan *settlement plate*. Dalam karya ilmiah ini, data *settlement plate* dari Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau akan diolah dan dianalisis menggunakan metode Asaoka (1978) dan metode hiperbolik Guo et al. (2018) untuk mendapatkan beberapa prediksi penurunan akhir dan koefisien konsolidasi arah horizontal.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari karya ilmiah ini adalah untuk mengetahui perbandingan prediksi penurunan akhir dengan *vertical drain* dan koefisien konsolidasi arah horizontal pada metode Asaoka (1978), metode hiperbolik Guo et al. (2018), dan program Plaxis 2D v8.2 dengan data *settlement plate* Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan karya ilmiah ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis besarnya penurunan akhir menggunakan program Plaxis 2D v8.2 dari data *bore log* berdasarkan tahapan konstruksi *preloading* di lapangan.
2. Menganalisis besarnya penurunan akhir dengan *vertical drain* ( $\delta_{ult}$ ) dan koefisien konsolidasi arah horizontal ( $c_h$ ) menggunakan metode Asaoka (1978) dan metode hiperbolik Guo et al. (2018) pada interval waktu ( $\Delta t$ ) 1, 2, 5, dan 10 hari.
3. Menganalisis pengaruh perbedaan interval waktu ( $\Delta t$ ) terhadap penurunan akhir dan koefisien konsolidasi arah horizontal yang dihasilkan metode Asaoka (1978) dan metode hiperbolik Guo et al. (2018).
4. Membandingkan penurunan akhir ( $\delta_{ult}$ ) dan koefisien konsolidasi arah horizontal ( $c_h$ ) yang dihasilkan oleh metode tersebut dengan data *settlement plate*.

## 1.4 Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data besarnya penurunan terhadap waktu berasal dari data PVD yang digunakan, data penyelidikan tanah (data *bore log* dan parameter tanah hasil uji laboratorium), dan pembacaan *settlement plate* (data penurunan terhadap waktu) pada Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau.
2. Metode analisis yang digunakan adalah program Plaxis 2D, metode Asaoka (1978) dan metode hiperbolik Guo et al. (2018).
3. Analisis mencakup prediksi penurunan akhir ( $\delta_{ult}$ ), koefisien konsolidasi arah horizontal ( $c_h$ ), dan pengaruh perbedaan interval waktu ( $\Delta t$ ) terhadap penurunan akhir ( $\delta_{ult}$ ) dan koefisien konsolidasi arah horizontal ( $c_h$ ).

## 1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara meminta data sekunder berupa data PVD yang digunakan, data penyelidikan tanah (data *bore log* dan parameter tanah hasil uji laboratorium), dan data penurunan terhadap waktu dari hasil observasi lapangan, serta data penunjang lainnya pada Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan dasar mengenai penurunan konsolidasi, PVD, prinsip dan cara kerja program Plaxis 2D, dan memperoleh persamaan yang digunakan dalam analisis menggunakan metode Asaoka (1978), dan metode hiperbolik Guo et al. (2018).

3. Pengolahan dan analisis data.

Data sekunder dari Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau yang digunakan sesuai dengan potongan yang dianalisis. Data *borelog* dan hasil uji laboratorium

digunakan untuk menentukan stratifikasi dan parameter tanah, yang kemudian dijadikan *input* dalam analisis program Plaxis 2D v8.2. Data pengujian lapangan (*settlement plate*) digunakan dalam analisis perhitungan manual menggunakan metode Asaoka (1978) dan metode hiperbolik Guo et al. (2018).

## 1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan ini dibagi kedalam 5 bab yaitu:

- Bab 1: Pendahuluan  
Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, inti permasalahan, tujuan, lingkup, metodologi, dan diagram alir penelitian, serta tentang sistematika penulisan.
- Bab 2: Dasar Teori  
Dalam bab ini akan dibahas mengenai teori-teori dasar yang menjadi pedoman penelitian, yaitu parameter geoteknik tanah, korelasi parameter tanah, penurunan konsolidasi, *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*, *preloading*, peningkatan kuat geser tanah akibat penambahan beban timbunan, prinsip program Plaxis 2D dan prediksi penurunan akhir di lapangan dengan metode Asaoka (1978) dan metode hiperbolik Guo et al. (2018).
- Bab 3: Metodologi Penelitian  
Dalam bab ini dijelaskan mengenai data proyek dan potongan yang digunakan untuk analisis, metode analisis, asumsi yang digunakan, serta langkah analisis dengan program Plaxis 2D v8.2, metode Asaoka, dan metode hiperbolik sehingga didapat prediksi penurunan akhir ( $\delta_{ult}$ ) dan koefisien konsolidasi arah horizontal ( $c_h$ ).
- Bab 4: Data dan Analisis Data  
Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil dan perbandingan hasil prediksi penurunan akhir dan koefisien konsolidasi arah horizontal dari metode Asaoka (1978), metode hiperbolik Guo et al. (2018), dan program Plaxis 2D v8.2 dengan

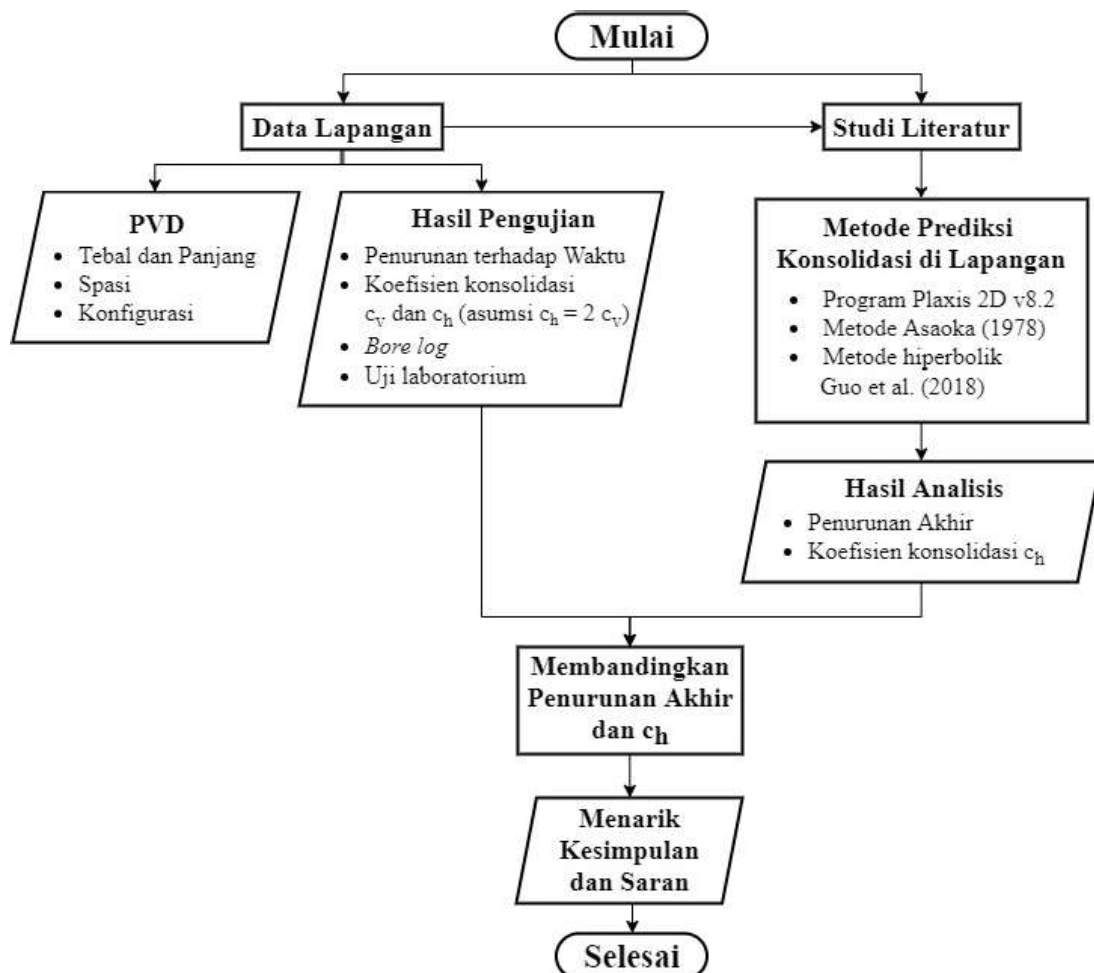
data pengujian lapangan pada Proyek Terminal Peti Kemas Kariangau. Selain itu, analisis juga mencakup pengaruh perbedaan interval waktu ( $\Delta t$ ) terhadap penurunan akhir dan koefisien konsolidasi arah horizontal.

- Bab 5: Kesimpulan dan Saran

Dalam bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian untuk menjawab tujuan penelitian serta saran untuk masa depan.

### 1.7 Diagram Alir

Diagram alir pada karya ilmiah ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Diagram Alir