

SKRIPSI

ANALISA GALIAN DALAM PADA TANAH *UNDER-CONSOLIDATING* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA. STUDI KASUS : PELABUHAN MACAO-HENGQIN DAN PUSAT TRANSPORTASI, ZHUHAI, CHINA



YOSHUA THENDAR

NPM : 6101801160

PEMBIMBING : Aswin Lim, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

SKRIPSI

ANALISA GALIAN DALAM PADA TANAH *UNDER-CONSOLIDATING* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA. STUDI KASUS : PELABUHAN MACAO-HENGQIN DAN PUSAT TRANSPORTASI, ZHUHAI, CHINA



YOSHUA THENDAR
NPM : 6101801160

PEMBIMBING : Aswin Lim, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

PENGUJI I : Budijanto Widjaja, Ph.D.

PENGUJI II : Ir. Siska Rustiani Irawan, M.T.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini, dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Yoshua Thendar

NPM : 6101801160

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul :

“ ANALISA GALIAN DALAM PADA TANAH *UNDER-CONSOLIDATING* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA. STUDI KASUS : PELABUHAN MACAO-HENGQIN DAN PUSAT TRANSPORTASI, ZHUHAI, CHINA.”

Adalah benar karya saya sendiri dibawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran yang berkaitan dengan keaslian karya saya, saya bersedia menerima segala sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 14 Desember 2021



Yoshua Thendar
6101801160

**ANALISA GALIAN DALAM PADA TANAH *UNDER-CONSOLIDATING* DENGAN METODE ELEMEN HINGGA.
STUDI KASUS : PELABUHAN MACAO-HENGQIN DAN
PUSAT TRANSPORTASI, ZHUHAI, CHINA**

**Yoshua Thendar
NPM : 6101801160**

**Pembimbing : Aswin Lim, Ph.D.
Ko-Pembimbing : Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2022**

1 ABSTRAK

Meningkatnya jumlah populasi manusia terutama di kota-kota besar yang masyarakatnya memiliki mobilitas tinggi menyebabkan peningkatan kebutuhan infrastruktur transportasi. Galian dalam merupakan salah satu pekerjaan geoteknik dalam pengerjaan infrastruktur transportasi seperti pelabuhan dan pusat transportasi terintegrasi yang banyak dilakukan pada area reklamasi sehingga memiliki kondisi tanah *under-consolidating*. Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan galian dalam dengan *contiguous pile walls* pada dua kondisi tanah yaitu *normally-consolidating* dan *under-consolidating* dan memprediksi besarnya deformasi lateral pada dinding dan penurunan muka tanah dengan metode elemen hingga dua dimensi menggunakan program komputer PLAXIS 2D. studi parametrik juga dilakukan dengan memvariasikan beberapa parameter untuk mengetahui pengaruhnya terhadap defleksi dinding. Nilai peningkatan deformasi lateral dinding setelah dilakukan analisis balik dengan PLAXIS 2D sudah mendekati hasil pembacaan inklinometer. Hasil analisis menunjukkan bahwa tanah dengan kondisi *under-consolidating* menghasilkan deformasi lateral yang lebih besar dibandingkan kondisi *normally-consolidating*. Peningkatan derajat konsolidasi memperbesar deformasi lateral yang terjadi pada dinding, namun adanya *soil improvement* berupa *jet grouting* dan *cement deep mixing* mampu mengurangi deformasi lateral yang terjadi baik pada kondisi *normally-consolidating* maupun *under-consolidating*. Sedangkan nilai perubahan panjang dinding *contiguous pile* tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap deformasi lateral yang terjadi.

Kata Kunci : Galian Dalam, *Under-consolidating*, Tanah Lempung, *Contiguous Pile Walls*, Deformasi Lateral, Metode Elemen Hingga Dua Dimensi, Studi Parametrik.

**DEEP EXCAVATION ANALYSIS IN UNDER-
CONSOLIDATING SOIL WITH FINITE ELEMENT METHOD.
CASE STUDY : MACAO-HENGQIN PORT AND
TRANSPORTATION HUB , ZHUHAI, CHINA**

**Yoshua Thendar
NPM : 6101801160**

**Advisor : Aswin Lim, Ph.D.
Co-Advisor : Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Nomor : 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARY 2022**

ABSTRACT

The increase in human population, especially in big cities where people have high mobility, has led to an increase in the need for transportation infrastructure. Deep excavation is one of the geotechnical works in the construction of transportation infrastructure such as ports and integrated transportation hub which are mostly carried out in reclamation areas so the soil are in under-consolidating condition. The purpose of this study is to model deep excavation with contiguous pile walls in two soil conditions, normally-consolidating and under-consolidating and also to predict the lateral displacement of the walls with the two-dimensional finite element method using PLAXIS 2D computer program. Parametric studies were also carried out by varying several parameters to determine their effect on wall displacement. A reasonable agreement between the lateral deformation increments of the measured and simulated retaining wall was obtained. The numerical results indicate that the under-consolidating state produce larger lateral displacement than the normally-consolidating state. The increase in the degree of consolidation increases the lateral displacement that occurs in the wall, but the jet grouting soil improvement and cement deep mixing is able to reduce the lateral deformation that occurs in both normally-consolidating and under-consolidating conditions. While the value of the contiguous pile wall length does not have a major influence on the lateral deformation.

Key Words : Deep Excavation, Under-consolidating, Clay Deposit, Contiguous Pile Walls, Lateral Displacement, Two Dimensional Finite Element Method, Parametric Studies.

PRAKATA

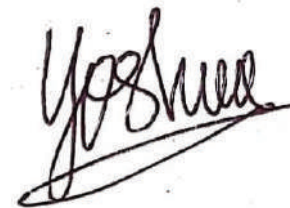
Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat-Nya sehingga skripsi dengan judul Analisa Galian Dalam Pada Tanah *Under-Consolidating* Studi Kasus : Pelabuhan Macao-Hengqin Dan Pusat Transportasi Zhuhai, China dapat penulis selesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini dilakukan sebagai salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan jenjang studi Sarjana Teknik Sipil di Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak dukungan, saran, kritik, dan masukan yang diterima dari berbagai pihak. Berkat dukungan dan motivasi tersebut segala hambatan dan permasalahan dapat terselesaikan. Untuk itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Aswin Lim, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan ilmu, masukan, saran, kritik, serta motivasi selama proses penulisan skripsi yang penulis lakukan sehingga dapat diselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T., selaku ko-pembimbing yang telah memberikan ilmu, dorongan, dan motivasi selama proses penulisan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
3. Seluruh dosen dan asisten dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu dan membimbing selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.
4. Kedua Orang tua, Hermawan Thendar dan Liana Hidajat serta kakak kandung penulis Christine Herlina dan Elizabeth Herlina yang selalu memberikan doa dan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.
5. Emanuel Kelvin Verdianto, Philips Henzi, Rivandi Oktavianus, Michael Tiojordy, Albert Daniel Irawan, Stevanus Vincent Halim, Arif Yunando selaku teman seperjuangan bimbingan Bapak Aswin Lim, Ph.D.

6. Albert Daniel Irawan, dan Rivandi Oktavianus selaku teman seperjuangan bimbingan Bapak Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T., sebagai ko-pembimbing.
 7. Tim PACIVIC PIEZOCONE yang beranggotakan Albert Daniel Irawan, dan Hans Tjahjadi yang telah berjuang bersama dalam mengikuti perlombaan-perlombaan geoteknik dan juga selalu memberikan semangat, motivasi serta doa selama proses penyusunan skripsi ini.
 8. Teman-teman terdekat penulis Sherly Yofan Maryanto, Stevanus Vincent Halim, Albert Daniel Irawan, Michael Gideon, Brillianto Muhamad Refan yang telah menemani, memberikan semangat, dan dukungan doa selama proses penyusunan skripsi ini.
 9. Teman-teman Angkatan 2018 Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah membantu penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Katolik Parahyangan.
 10. Pihak pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan selama proses penulisan skripsi ini.
- Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima apabila ada saran, masukan, dan kritik yang membangun dari berbagai pihak. Skripsi ini diharapkan dapat berguna bagi pembaca dan dapat menambah wawasan dalam perkembangan ilmu khususnya di bidang Teknik Sipil.

Bandung, 15 Desember 2021



Yoshua Thendar
6101801160

DAFTAR ISI

| | |
|--|------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | iii |
| PRAKATA | v |
| DAFTAR ISI | viii |
| DAFTAR NOTASI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1-1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1-1 |
| 1.2 Inti Permasalahan | 1-2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 1-2 |
| 1.4 Ruang Lingkup Penelitian | 1-3 |
| 1.5 Metode Penelitian | 1-3 |
| 1.6 Sistematika Penulisan | 1-4 |
| 1.7 Diagram Alir Penelitian | 1-5 |
| BAB 2 DASAR TEORI | 2-1 |
| 2.1 Galian Dalam | 2-1 |
| 2.1.1 Full Open Cut Methods | 2-1 |
| 2.1.2 Braced Excavation Method | 2-2 |
| 2.1.3 Anchored Excavation Method | 2-3 |
| 2.1.4 Island Excavation Method | 2-6 |
| 2.1.5 Top-Down Construction Method | 2-6 |
| 2.1.6 Zoned Excavation Method | 2-8 |
| 2.2 Dinding Penahan Tanah | 2-9 |
| 2.3 Column Piles | 2-10 |
| 2.4 Dinding Diafragma | 2-12 |

| | | |
|------------------------------------|--|------|
| 2.5 | Konsolidasi | 2-14 |
| 2.6 | Kondisi Tegangan | 2-15 |
| 2.6.1 | Normally Consolidated | 2-17 |
| 2.6.2 | Overconsolidated | 2-17 |
| 2.6.3 | Underconsolidated | 2-17 |
| 2.7 | Reklamasi..... | 2-18 |
| 2.8 | Metode Elemen Hingga (FEM) | 2-19 |
| 2.9 | Plaxis 2D..... | 2-20 |
| 2.10 | Model Konstitutif Tanah Mohr Coulomb | 2-22 |
| 2.11 | Model Konsitutif Tanah Soft Soil..... | 2-24 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | | 3-13 |
| 3.1 | Pengumpulan Data | 3-1 |
| 3.2 | Penentuan Jenis dan Parameter Tanah..... | 3-2 |
| 3.3 | Prosedur Analisa Dengan Program PLAXIS 2D..... | 3-2 |
| 3.3.1 | Pemodelan Tanah dan Pemasukan Parameter | 3-3 |
| 3.3.2 | Pemodelan Struktur | 3-9 |
| 3.3.3 | Diskretisasi Elemen | 3-12 |
| 3.3.4 | Staged Construction..... | 3-13 |
| 3.3.5 | Output | 3-14 |
| BAB IV ANALISA DATA..... | | 4-1 |
| 4.1 | Proyek Galian Dalam di Zhuhai , China..... | 4-1 |
| 4.2 | Analisis Gaya Dalam, Deformasi Dinding Contiguous Pile Walls dan Penurunan Muka Tanah Menggunakan PLAXIS 2D. | 4-4 |
| 4.2.1 | Parameter Tanah Desain | 4-4 |
| 4.2.2 | Elemen Struktur | 4-5 |
| 4.2.3 | Pemodelan Kondisi Awal Pada Tanah Under-consolidating... .. | 4-9 |
| 4.2.4 | Tahapan Konstruksi Dan Model Proteksi Galian Dalam | 4-10 |
| 4.2.5 | Hasil Analisis Gaya Dalam Contiguous Pile Walls Dengan Menggunakan Program Komputer PLAXIS 2D..... | 4-19 |
| 4.2.6 | Hasil Analisis Deformasi Contiguous Pile Walls dan Penurunan Muka Tanah. | 4-23 |

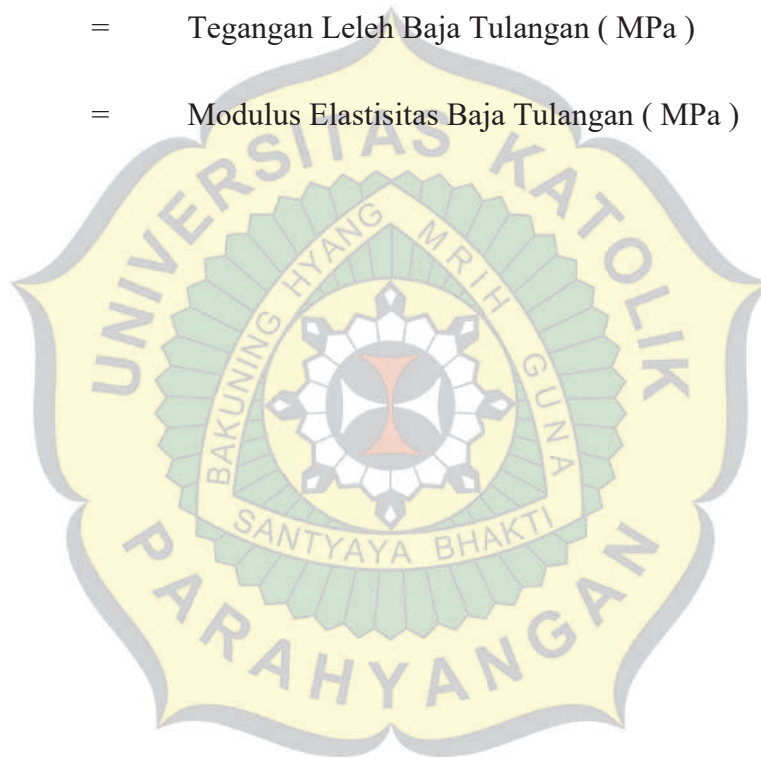
| | | |
|---------------------------------|---|------|
| 4.2.7 | Analisis Faktor Keamanan Galian Dengan Menggunakan Program Komputer PLAXIS 2D. | 4-26 |
| 4.3 | Studi Parametrik..... | 4-27 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | | 5-1 |
| 5.1 | Kesimpulan | 5-1 |
| 5.2 | Saran | 5-2 |
| DAFTAR PUSTAKA | | xix |



DAFTAR NOTASI

| | | |
|-------------|---|--|
| DWs | = | <i>Diaphragm Walls</i> (Dinding Diafragma) |
| CPWs | = | <i>Contiguous Pile Walls</i> . |
| Δu | = | Kenaikan Tekanan Air |
| σ_v | = | Tegangan Tanah Total (t/m ²) |
| σ'_v | = | Tegangan Tanah Efektif (t/m ²) |
| u | = | Tekanan Air Pori (t/m ²) |
| γ | = | Berat Jenis Tanah (kN/m ³) |
| γ_w | = | Berat jenis air (kN/m ³) |
| h | = | Tebal lapisan Tanah (m) |
| OCR | = | <i>Overconsolidation Ratio</i> |
| P_c' | = | Tekanan Prakonsolidasi |
| FEM | = | <i>Finite Element Method</i> |
| CDM | = | <i>Cement Deep Mixing</i> |
| E | = | Modulus Young's (kN/m ²) |
| ν | = | Angka Poisson's |
| c | = | Kekuatan Geser Tanah (kN/m ²) |
| c' | = | Kekuatan Geser Tanah Efektif (kN/m ²) |
| ϕ | = | Sudur Geser Dalam (°) |
| ϕ' | = | Sudut Geser Dalam Efektif (°) |

| | | |
|--------|---|--|
| ψ | = | Sudur Dilatasi (°) |
| e | = | Angka Pori |
| K_v | = | Koefisien Permeabilitas Vertikal (m/d) |
| K_h | = | Koefisien Permeabilitas Horizontal (m/d) |
| I | = | Momen Inersia (m ⁴) |
| f_c' | = | Mutu Kuat Tekan Beton (MPa) |
| f_y | = | Tegangan Leleh Baja Tulangan (MPa) |
| E_s | = | Modulus Elastisitas Baja Tulangan (MPa) |



DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|------|
| Gambar 2.1 Galian Terbuka dengan Kemiringan (Ou, 2006) | 2-2 |
| Gambar 2.2 Galian Terbuka Kantilever (Ou,2006)..... | 2-2 |
| Gambar 2.3 <i>Bracing Excavation Method</i> . (a) Potongan Melintang ; (b) Tampak Atas | 2-3 |
| Gambar 2.4 Konfigurasi Angkur (Ou, 2006) | 2-4 |
| Gambar 2.5 Konfigurasi Metode Proteksi Galian Dengan Angkur (Ou, 2006) | 2-5 |
| Gambar 2.6 Permasalahan Pemasangan Angkur Pada Tanah Granular Dengan Muka Air Tinggi (Ou, 2006)..... | 2-5 |
| Gambar 2.7 <i>Island Excavation Method</i> (Ou, 2006)..... | 2-6 |
| Gambar 2.8 Metode Konstruksi <i>Top-Down</i> (Ou, 2006)..... | 2-8 |
| Gambar 2.9 Perencanaan Metode Konstruksi <i>Zone Excavation</i> (Ou, 2006)..... | 2-8 |
| Gambar 2.10 Jenis-Jenis Dinding Penahan Tanah (a) <i>Gravity Walls</i> . (b) <i>Semigravity Walls</i> . (c) <i>Cantilever Walls</i> . (Das, 2016) | 2-9 |
| Gambar 2.11 Counterfort Wall (Das, 2016)..... | 2-10 |
| Gambar 2.12 Berbagai Pola Pemasangan <i>Column Pile</i> (a) <i>Independent Pattern</i> . (b) <i>S Pattern</i> . (c) <i>Line Pattern</i> . (d) <i>Overlapping Pattern</i> . (e) <i>Mixed Pattern</i> . (Ou, 2006) | 2-11 |
| Gambar 2.13 Prosedur Konstruksi Dinding Diafragma. (a) Konstruksi Dinding Pengarah. (b) Penggalian. (c) Pemasangan Tulangan. (d) Pengecoran Beton. (Ou, 2006)..... | 2-12 |
| Gambar 2.14 Prosedur Konstruksi Dinding Diafragma. (a) Penggalian, (b) Instalasi Pipa Baja. (c) Penempatan <i>Steel Cage</i> . (d) Pengecoran Beton. (Ou, 2006) | 2-13 |
| Gambar 2.15 Model Silinder Pegas Untuk Konsolidasi Pada Tanah Lempung Jenuh Air. (Das, 2014) | 2-15 |
| Gambar 2.16 <i>Plane Strain</i> (kiri) dan <i>Axisymmetry</i> (kanan) (Brinkgreve et al, 2013) | 2-21 |
| Gambar 2.17 Pemodelan Elemen Segitiga Pada Plaxis 2D. (a) 15 Titik Nodal. (b) 6 Titik Nodal. (Brinkgreve et al, 2013)..... | 2-22 |
| Gambar 2.18 Model Mohr Coulomb. (Gouw, 2014)..... | 2-22 |
| Gambar 2.19 Model Mohr Coulomb. (Gouw, 2014)..... | 2-23 |
| Gambar 2.20 Kondisi Tanah yang Sebenarnya Memiliki Modulus Loading-Reloading yang Lebih Besar. (Gouw, 2014)..... | 2-24 |
| Gambar 2.21 Hubungan Logaritma antara <i>volumetric strain</i> (ϵ_v) dan mean effective stress (p') (Plaxis, 2012) | 2-25 |
| Gambar 3.1 Input Project Properties PLAXIS 2D | 3-3 |
| Gambar 3.2 Pembuatan <i>borehole</i> pada PLAXIS 2D..... | 3-4 |

| | |
|---|------|
| Gambar 3.3 Modify soil layers..... | 3-4 |
| Gambar 3.4 Material Sets | 3-5 |
| Gambar 3.5 <i>Material Sets Model Mohr Coulomb, Soft Soil, dan Linear Elastic</i> ...3-5 | |
| Gambar 3.6 <i>Material Sets Dengan Set Type : Plate</i> | 3-6 |
| Gambar 3.7 <i>Material Sets Dengan Set Type : Anchors</i> | 3-6 |
| Gambar 3.8 Menambah Lapisan Tanah..... | 3-7 |
| Gambar 3.9 Pemasukan Seluruh Lapisan Tanah | 3-7 |
| Gambar 3.10 Memasukan Ketinggian Muka Air Tanah | 3-8 |
| Gambar 3.11 Geometri Lapisan Tanah..... | 3-8 |
| Gambar 3.12 Membuat Elemen Plate..... | 3-9 |
| Gambar 3.13 Mengubah Material Elemen <i>Plate</i> | 3-10 |
| Gambar 3.14 <i>Create Soil Polygon</i> | 3-10 |
| Gambar 3.15 Hasil <i>Create Soil Polygon</i> | 3-11 |
| Gambar 3.16 <i>Create Fixed-End Anchor</i> | 3-11 |
| Gambar 3.17 <i>Create Node-to-Node Anchor</i> | 3-12 |
| Gambar 3.18 Hasil Diskretisasi Elemen..... | 3-12 |
| Gambar 4.1 Potongan Geoteknik Galian Dalam di Zhuhai, China (Chai et al., 2020) | 4-2 |
| Gambar 4.2 <i>Layout</i> Proyek Galian Dalam di Hengqin, Zhuhai, China. (Chai et al., 2020) | 4-3 |
| Gambar 4.3 Pelapisan dan Properties Tanah Pada Lokasi Proyek. (Chai et al., 2020) | 4-3 |
| Gambar 4.4 Model Geometri Pada PLAXIS 2D. | 4-4 |
| Gambar 4.5 Instalasi Dinding Diafragma dan <i>Cement Deep Mixing</i> (Galian Nanguang)..... | 4-11 |
| Gambar 4.6 Penggalan Pertama Dengan Tebal Galian 2.5 m (Galian Nanguang).4- 11 | |
| Gambar 4.7 Pemasangan Strut Pertama (Galian Nanguang)..... | 4-11 |
| Gambar 4.8 Penggalan Kedua Dengan Tebal Galian 5.2 m (Galian Nanguang) 4-12 | |
| Gambar 4.9 Pemasangan Strut Kedua (Galian Nanguang) | 4-12 |
| Gambar 4.10 Penggalan Ketiga Dengan Tebal Galian 3.3 m (Galian Nanguang)..4- 12 | |
| Gambar 4.11 Pemasangan Strut Ketiga (Galian Nanguang) | 4-13 |
| Gambar 4.12 Penggalan Keempat Dengan Tebal Galian 3.4 m (Galian Nanguang) | 4-13 |
| Gambar 4.13 Melakukan Perbaikan Tanah Jet Grouting. | 4-13 |
| Gambar 4.14 Konstruksi Contiguous Pile Walls dan Cement Deep Mixing (Galian Utama)..... | 4-14 |

| | | |
|--------------------|---|------|
| Gambar 4.15 | Penggalian Pertama Dengan Tebal Galian 2.3 m (Galian Utama) | 4-14 |
| Gambar 4.16 | Pemasangan <i>Strut</i> Pertama (Galian Utama) | 4-15 |
| Gambar 4.17 | Penggalian Kedua Dengan Tebal Galian 4.76 m (Galian Utama) | 4-15 |
| Gambar 4.18 | Pemasangan <i>Strut</i> Kedua (Galian Utama) | 4-15 |
| Gambar 4.19 | Penggalian Ketiga Dengan Tebal Galian 2.54 m (Galian Utama) | 4-16 |
| Gambar 4.20 | Konstruksi Pelat Beton Setebal 0.3 m (Galian Utama) | 4-16 |
| Gambar 4.21 | Konstruksi <i>Contiguous Pile Walls</i> Bagian Dalam (Galian Utama) | 4-16 |
| Gambar 4.22 | Penggalian Keempat Dengan Tebal Galian 1.6 m (Galian Utama) | 4-17 |
| Gambar 4.23 | Pemasangan <i>Strut</i> Ketiga (Galian Utama) | 4-17 |
| Gambar 4.24 | Galian Terakhir Dengan Tebal Galian 2.6 m (Galian Utama) | 4-17 |
| Gambar 4.25 | Kondisi Awal Tanah Sebelum Adanya Timbunan | 4-18 |
| Gambar 4.26 | Penimbunan Tanah Setebal 4.9 m | 4-18 |
| Gambar 4.27 | Bidang Momen Lentur (A) Dinding Kiri (B) Dinding Kanan | 4-20 |
| Gambar 4.28 | Bidang Gaya Geser (A) Dinding Kiri (B) Dinding Kanan | 4-21 |
| Gambar 4.29 | Bidang Gaya Normal (A) Dinding Kiri (B) Dinding Kanan | 4-22 |
| Gambar 4.30 | Peningkatan Deformasi Lateral Dari Pemasangan <i>Strut</i> ke Dua (<i>2nd Strut</i>) Sampai Dengan Galian Terakhir Hasil <i>Back Analysis</i> . (A) Dinding Kiri (B) Dinding Kanan | 4-23 |
| Gambar 4.31 | Profil Penurunan Muka Tanah Pada Dinding Kiri Hasil <i>Back Analysis</i> | 4-25 |
| Gambar 4.32 | Profil Penurunan Muka Tanah Pada Dinding Kanan Hasil <i>Back Analysis</i> | 4-25 |
| Gambar 4.33 | Skematik Pemodelan | 4-28 |
| Gambar 4.34 | Grafik Deformasi Lateral terhadap panjang Dinding Dengan Variasi Derajat Konsolidasi yang Terjadi (Dinding Kiri) | 4-29 |
| Gambar 4.35 | Grafik Deformasi Lateral terhadap panjang Dinding Dengan Variasi Derajat Konsolidasi yang Terjadi (Dinding Kanan) | 4-29 |
| Gambar 4.36 | Grafik Deformasi Lateral terhadap panjang Dinding Dengan Variasi Keberadaan <i>Soil Improvement</i> . (Dinding Kiri) | 4-30 |
| Gambar 4.37 | Grafik Deformasi Lateral terhadap Panjang Dinding Dengan Variasi Keberadaan <i>Soil Improvement</i> . (Dinding Kanan) | 4-30 |
| Gambar 4.38 | Grafik Penurunan Muka Tanah Dengan Variasi Keberadaan <i>Soil Improvement</i> (Dinding Kiri) | 4-31 |
| Gambar 4.39 | Grafik Penurunan Muka Tanah Dengan Variasi Keberadaan <i>Soil Improvement</i> (Dinding Kanan) | 4-31 |
| Gambar 4.40 | Grafik Deformasi Lateral terhadap panjang Dinding Dengan Variasi Panjang Dinding <i>Contiguous Pile</i> . (Dinding Kiri) | 4-32 |
| Gambar 4.41 | Grafik Deformasi Lateral terhadap panjang Dinding Dengan Variasi Panjang Dinding <i>Contiguous Pile</i> . (Dinding Kanan) | 4-32 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|------|
| Tabel 4. 1 Parameter Input Program PLAXIS 2D..... | 4-5 |
| Tabel 4. 2 Parameter Input Program PLAXIS 2D (Lanjutan)..... | 4-5 |
| Tabel 4. 3 Parameter Input Program PLAXIS 2D (Lanjutan)..... | 4-5 |
| Tabel 4. 4 Parameter <i>input Contiguous Pile Walls</i> Dinding Utama..... | 4-6 |
| Tabel 4. 5 Parameter <i>input Contiguous Pile Walls</i> Dinding Bagian Dalam..... | 4-6 |
| Tabel 4. 6 Parameter Input Dinding Diafragma <i>Nanguang Project</i> | 4-7 |
| Tabel 4. 7 Parameter <i>Input Cement Deep Mixing</i> dibelakang Dinding Utama. | 4-7 |
| Tabel 4. 8 Parameter <i>Input Cement Deep Mixing</i> dibelakang Dinding Diafragma | 4-7 |
| Tabel 4. 9 Parameter <i>Input Cement Deep Mixing</i> didepan Dinding Utama..... | 4-8 |
| Tabel 4. 10 Parameter <i>Input Cement Deep Mixing</i> didepan Dinding Diafragma.... | 4-8 |
| Tabel 4. 11 Parameter <i>Input Jet Grouting</i> | 4-8 |
| Tabel 4. 12 Parameter <i>Input Pelat Beton</i> | 4-9 |
| Tabel 4. 13 Parameter input Pengaku Lateral (Strut)..... | 4-9 |
| Tabel 4. 14 Gaya Dalam Maksimum Kondisi Tanah <i>Normally-consolidating</i> | 4-19 |
| Tabel 4. 15 Gaya Dalam Maksimum Kondisi Tanah <i>Under-consolidating</i> | 4-19 |
| Tabel 4.16 Input Pada Program Komputer SpColumn..... | 4-20 |
| Tabel 4. 17 Perbandingan Momen Lentur Pada <i>Contiguous Pile Walls</i> Dengan Momen Kapasitas Penampang Lingkaran Berdiameter 1.5 m. | 4-21 |
| Tabel 4.18 Faktor Keamanan Galian Pada Tahap Akhir Galian..... | 4-26 |
| Tabel 4.19 Variasi Parameter..... | 4-27 |
| Tabel 4. 20 Parameter Input Tetap..... | 4-28 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|------|
| LAMPIRAN 1 GAYA DALAM CONTIGUOUS PILE WALLS..... | L1-1 |
| LAMPIRAN 2 DIAGRAM INTERAKSI PENAMPANG LINGKARAN CONTIGUOUS PILE WALLS..... | L2-1 |
| LAMPIRAN 3 FAKTOR KEAMANAN GALIAN..... | L3-1 |
| LAMPIRAN 4 BIDANG GELINCIR GALIAN DALAM..... | L4-1 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya jumlah populasi manusia terutama di kota-kota besar yang masyarakatnya memiliki mobilitas tinggi menyebabkan peningkatan kebutuhan infrastruktur transportasi. Untuk mengatasi masalah tersebut, dibutuhkan suatu solusi yaitu dengan membangun infrastruktur transportasi seperti pelabuhan dan pusat transportasi dimana di dalam pengerjaannya melibatkan pekerjaan galian dalam.

Pekerjaan galian merupakan hal yang sangat penting dalam bidang ilmu geoteknik dan pada umumnya diperlukan untuk setiap pekerjaan konstruksi dalam dunia teknik sipil. Secara umum, galian dapat dibedakan menjadi dua yaitu galian dangkal dan galian dalam. Terzaghi dan Peck mendefinisikan bahwa suatu galian dikatakan galian dalam apabila memiliki kedalaman lebih dari 6 meter (Terzaghi & Peck, 1967). Pada pekerjaan galian dalam diperlukan sebuah konstruksi dinding penahan tanah yang berfungsi untuk menahan tekanan tanah. Umumnya terdapat dua jenis dinding penahan tanah yang biasa digunakan untuk galian dalam yaitu *diaphragm wall (DWs)* dan *contiguous pile walls (CPWs)* (Wang, *et al.*, 2010).

Lin, *et al* menyatakan bahwa banyak pekerjaan konstruksi yang dilakukan di lahan yang baru di reklamasi karena adanya perluasan kota kota pesisir di seluruh dunia, sehingga beberapa diantaranya masih berada pada kondisi *under-consolidating* (Lin, *et al.*, 2006). Kondisi tanah *under-consolidating* ini akan menimbulkan permasalahan karena tanah pada kondisi ini memiliki tekanan air pori eksese juga kekuatan dan kekakuannya lebih kecil dibandingkan dengan tanah pada kondisi *normally-consolidating* (Li, *et al.*, 2005). Dalam analisis antara tanah dengan kondisi *under-consolidating* dan *normally-consolidating* diperlukan perhitungan numerik untuk dapat memodelkan kondisi tanah tersebut dan juga tahapan konstruksi dari galian. PLAXIS 2D merupakan program komputer yang

berbasiskan elemen hingga dua dimensi yang sering digunakan dan juga dapat diandalkan untuk melakukan analisis tersebut.

Pada penelitian ini, pekerjaan galian yang dibahas yaitu pekerjaan galian dalam pada pelabuhan Macao-Hengqin dan pusat transportasi terintegrasi yang berada di Zhuhai, China dengan Jenis tanah merupakan lempung lunak. Lokasi proyek terletak pada area pesisir dimana banyak dilakukan reklamasi dengan tinggi timbunan 3-5 m yang menyebabkan tanah berada pada kondisi *under-consolidating* (Lin, *et al.*, 2006; Gao&Chen, 2017). Karena masih jarang nya analisa yang dilakukan untuk galian dalam pada kondisi tanah *under-consolidating* , maka dari itu penulis memodelkan galian dalam dengan metode elemen hingga dua dimensi menggunakan program PLAXIS 2D kemudian membandingkan beberapa parameter yang berpengaruh antara tanah *under-consolidating* dengan tanah *normally-consolidating* . Konstruksi struktur penahan tanah utama yang digunakan adalah CPWs (*Contiguous Pile Walls*) sedalam 40.7 m , dan bersebelahan dengan galian lain yang telah lebih dahulu di konstruksi.

1.2 Inti Permasalahan

Pekerjaan galian dalam Pelabuhan Macao-Hengqin dan pusat transportasi terintegrasi di Zhuhai, China berada pada area reklamasi dimana proses konsolidasinya belum selesai sehingga tanah berada pada kondisi *under-consolidating*. maka dari itu, perlu dilakukan analisa dengan metode elemen hingga dan mengevaluasi parameter yang berpengaruh kemudian dibandingkan dengan kondisi *normally-consolidating*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Memodelkan galian dalam pada tanah *under-consolidating* dan *normally-consolidating* menggunakan metode elemen hingga 2D dan memprediksi besarnya defleksi dinding, penurunan tanah, gaya normal, gaya geser, dan momen lentur yang terjadi pada dinding penahan tanah.

2. Mengetahui efek perubahan panjang dinding penahan tanah terhadap deformasi lateral dinding pada tanah *under-consolidating* dan *normally-consolidating*.
3. Mengetahui besarnya deformasi lateral dinding penahan tanah terhadap perubahan derajat konsolidasi yang terjadi pada tanah *under-consolidating*.
4. Mengetahui efek penggunaan *soil improvement jet grouting* dan *Cement Deep Mixing* terhadap deformasi lateral dinding dan penurunan muka tanah pada tanah *under-consolidating* dan *normally-consolidating*.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian galian dalam pada studi ini terdiri dari:

1. Studi kasus dilakukan pada proyek pelabuhan Macao-Hengqin dan pusat transportasi terintegrasi di Zhuhai, China.
2. Penentuan jenis tanah, dan parameter tanah berdasarkan hasil uji lapangan dan hasil uji laboratorium pada lokasi proyek pelabuhan Macao-Hengqin dan pusat transportasi terintegrasi di Zhuhai, China yang mengacu pada *paper* terpublikasi.
3. Pemodelan galian dalam dan analisis menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program komputer PLAXIS 2D.
4. Pemodelan dinding penahan tanah pada program komputer PLAXIS 2D menggunakan *plate*.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan terdiri dari :

1. Studi Literatur
Pengumpulan teori-teori yang berkaitan tentang metode elemen hingga 2 dimensi, galian dalam, dinding diafragma (*diaphragm wall*), *contiguous pile wall*, dan teori-teori yang berkaitan dalam penelitian ini. Dimana referensi dari studi literatur ini dapat diambil dari *e-book*, jurnal penelitian, makalah / tulisan ilmiah, *text book*, maupun materi yang didapat pada saat kuliah.
2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk analisis adalah data parameter tanah, profil tanah, dimensi galian, dimensi dinding penahan tanah, potongan melintang galian, *layout plan* proyek, parameter *strut*, dan tahapan konstruksi galian

3. Analisa Data

Analisa yang dilakukan pada skripsi ini menggunakan program PLAXIS 2D berdasarkan data yang didapat untuk mengetahui defleksi dinding, penurunan tanah, gaya aksial pada *strut*, tekanan air pori eksese dan momen lentur yang terjadi pada dinding penahan tanah yang kemudian akan dibandingkan antara tanah dengan kondisi *under-consolidating* dengan tanah *normally-consolidating*.

1.6 Sistematika Penulisan

1. BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, serta diagram alir penelitian.

2. BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini menjelaskan teori-teori yang menjadi dasar dalam analisis seperti teori-teori elemen hingga dua dimensi, galian dalam, dinding diafragma (*diaphragm wall*), *contiguous pile wall*.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas mengenai metodologi penelitian yang digunakan seperti mengolah tinjauan Pustaka, mengumpulkan data-data dan parameter yang diperlukan untuk penelitian, metode elemen hingga 2D dan prosedur umum penggunaan program PLAXIS.

4. BAB 4 DATA DAN ANALISIS

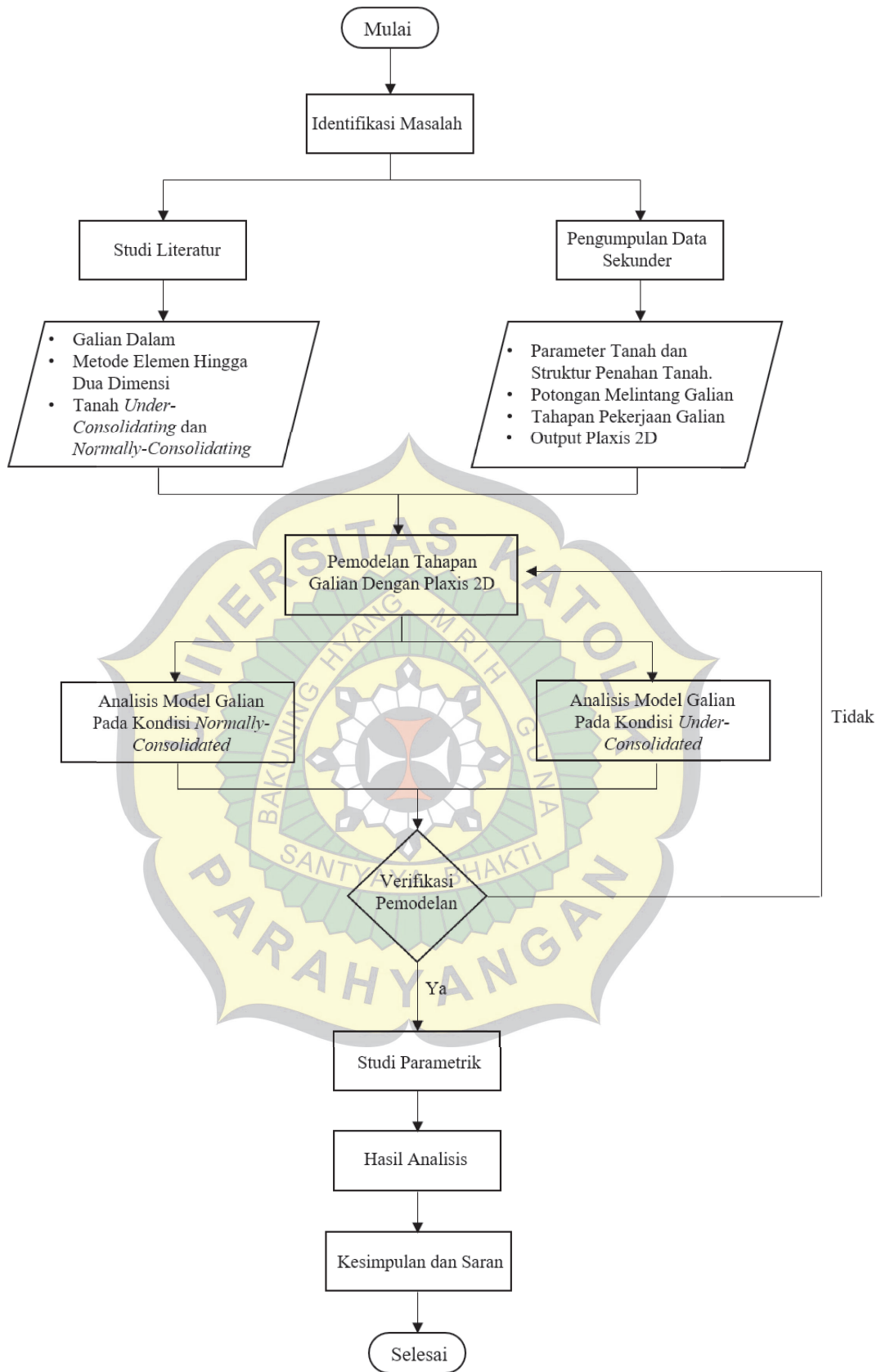
Bab ini berisikan deskripsi proyek yang diteliti, data parameter yang digunakan, melakukan analisis model dan hasil yang didapat dengan metode elemen hingga.

5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan, dan saran yang bisa diberikan untuk proses penelitian yang dilakukan lebih lanjut.

1.7 Diagram Alir Penelitian





Gambar 1.1 Diagram Alir