

SKRIPSI
ANALISIS DINDING DIAFRAGMA PERKUATAN STRUT
PADA GALIAN *MARINE CLAY* PLUIT, JAKARTA UTARA
MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA



CHRISTI MONICA SIAHAAN

NPM : 2017410070

PEMIMBING:

Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.

KO-PEMBIMBING:

Ir. Aflizal Arafianto, 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

JULI 2022

SKRIPSI
ANALISIS DINDING DIAFRAGMA PERKUATAN
STRUT PADA GALIAN *MARINE CLAY* PLUIT,
JAKARTA UTARAMENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA



CHRISTI MONICA SIAHAAN

NPM : 2017410070

Bandung, 22 Juli 2022

PEMMBING:

KO-PEMBIMBING:

Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D

Ir. Aflizal Arafianto, 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

JULI 2022

SKRIPSI

ANALISIS DINDING DIAFRAGMA PERKUATAN STRUT PADA GALIAN *MARINE CLAY* PLUIT, JAKARTA UTARA MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA



NAMA: CHRISTI MONICA SIAHAAN
NPM: 2017410070

PEMBIMBING: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D

[Handwritten signature]
.....

KO-PEMBIMBING: Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T

[Handwritten signature]
.....

PENGUJI 1: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D

[Handwritten signature]
.....

PENGUJI 2: Ir. Anastasia Sri Lestari, M.T

[Handwritten signature]
.....

PENGUJI 3: Dr. Ir. Rinda Karlinasari Indrayana, M.T

[Handwritten signature]
.....

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

JULI 2022

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama Lengkap : Christi Monica Siahaan

NPM : 2017410070

Program Studi : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul:

**ANALISIS DINDING DIAFRAGMA PERKUATAN STRUT PADA GALIAN
MARINE CLAY PLUIT, JAKARTA UTARA MENGGUNAKAN METODE ELEMEN
HINGGA**

adalah sebuah karya ilmiah yang saya kerjakan sendiri dibawah bimbingan dosen dan ko-pembimbing yang bebas dari plagiat. Jika dikemudian hari ditemukan dan terbukti adanya plagiat dalam karya ilmiah ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 22 Juli 2022



Christi Monica Siahaan

2017410070

**ANALISIS DINDING DIAFRAGMA PERKUATAN STRUT PADA
GALIAN *MARINE CLAY* PLUIT, JAKARTA UTARA
MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**

CHRISTI MONICA SIAHAAN

NPM : 2017410070

PEMIMBING: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)**

BANDUNG

JULI 2022

ABSTRAK

Pekerjaan galian tanah merupakan pekerjaan dalam ilmu geoteknik yang berpotensi merubah tegangan dan deformasi tanah. Pada studi kasus proyek Landmark Pluit, Jakarta Utara proses pengerjaan galian sedalam 8 m dengan dinding diafragma sepanjang 18 m dilakukan monitoring menggunakan inklinometer di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan mencari deformasi yang bekerja pada dinding diafragma secara analitik dan numerik. Perhitungan analitik dilakukan secara manual dan perhitungan numerik dengan bantuan *software program Plaxis ver.8* menggunakan metode elemen hingga. Hasil yang didapat dari perhitungan analitik merupakan gaya momen dan gaya geser lalu dibandingkan dengan perhitungan numerik didapatkan hasilnya berbeda, kemudian dari hasil perhitungan numerik didapat deformasi yang mendekati data inklinometer di lapangan saat di bandingkan.

Kata kunci : dinding diafragma, beban lateral, analitik, numerik, PLAXIS, metode elemen hingga

ANALYSIS OF STRUT REINFORCEMENT DIAPHRAGM WALL AT MARINE CLAY PLUIT EXCURSION, NORTH JAKARTA USING THE FINITE ELEMENT METHOD

CHRISTI MONICA SIAHAAN

NPM : 2017410070

SUPERVISOR: Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D.

CO-SUPERVISOR: Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING CIVIL ENGINEERING STUDY
PROGRAM**

(Accredited Based on SK BAN-PT Number: 227/SK/BAN-PT/Ak-XVI/S/XI/2013)

BANDUNG

JULY 2022

ABSTRACT

Soil excavation work is a job in geotechnical science that has the potential to change soil stress and deformation. In the case study of the Landmark Pluit project, North Jakarta, the process of excavating work 8 m deep with an 18 m long diaphragm wall was monitored using an inclinometer in the field. This study aims to calculate and look for deformations that act on the walls of the diaphragm analytically and numerically. Analytical calculations are carried out manually and numerical calculations with the help of the plaxis ver.8 program software using the finite element method. The results obtained from analytical calculations are moment forces and shear forces and then compared with numerical calculations the results are different, then from the results of numerical calculations obtained deformations that are close to the inclinometer data in the field when compared.

Keywords: diaphragm wall, lateral load, analytical, numerical, PLAXIS, finite element method

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas kekuatan, kasih, anugerah, penyertaan dan berkat-Nya selama penulis menempuh perkuliahan hingga menyusun skripsi yang berjudul “Analisis Dinding Diafragma Perkuatan Strut Pada Galian *Marine Clay* Pluit, Jakarta Utara Menggunakan Metode Elemen Hingga” sehingga dapat berjalan dengan lancar dan dapat diselesaikan dengan baik dan memuaskan. Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung tempat penulis menjalankan studinya.

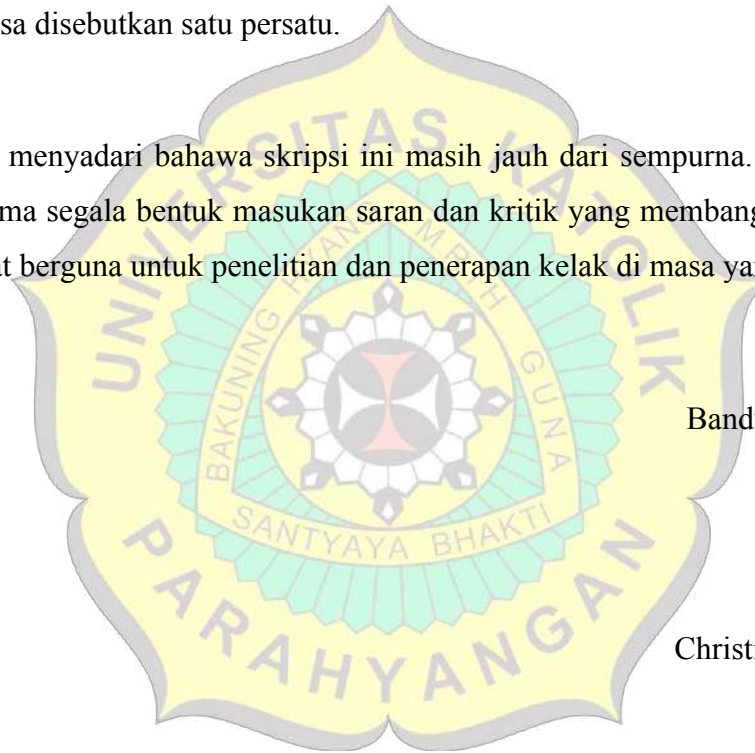
Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan studi S-1 Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung. Mata kuliah skripsi ini merupakan mata kuliah wajib berbobot 6 sks dan dapat ditempuh setelah lulus 120 sks.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai hambatan, baik selama proses persiapan, pelaksanaan, pengujian, maupun penulisan. Oleh karenanya penulis sangat berterima kasih atas segala saran, kritik, serta dorongan yang diberikan oleh berbagai pihak selama proses pembuatan skripsi ini hingga akhirnya ingin menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Ali Siahaan dan Ibu Mardiani Br. Purba selaku orang tua penulis serta Felicia Damayanti Siahaan, Laurentius Bryan Siahaan, Benyamin Rizky Siahaan selaku adik-adik penulis yang senantiasa memberi semangat, kasih sayang, dorongan dan doa kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang selalu membantu dan membimbing dengan sabar serta memberi masukan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T selaku dosen ko-pembimbing yang selalu membantu dengan sabar selama proses persiapan, dan pengujian serta memberikan masukan dan saran selama proses penyusunan skripsi ini.

4. Para dosen penguji skripsi yang sudah memberi banyak masukan dan saran.
5. Para dosen teknik sipil, terutama bapak/Ibu dosen bidang geoteknik yang sudah mengajarkan penulis berbagai ilmu selama menempuh pendidikan.
6. Sipil UNPAR 2017 atas segala kebersamaan selama studi di UNPAR.
7. Teman-teman seperjuangan yang sedang menyusun skripsi bersama-sama dengan penulis yang membantu dalam proses seminar judul, seminar isi hingga sidang.
8. Kepada binatang peliharaan kesayangan penulis dan keluarga. Anjing yang bernama kino yang telah menemani, menghibur penulis di kala stress menyusun skripsi ini selama berada di rumah sepanjang hari.
9. Semua pihak yang telah membantu dan mendoakan secara fisik maupun virtual yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima segala bentuk masukan saran dan kritik yang membangun dan berharap skripsi ini dapat berguna untuk penelitian dan penerapan kelak di masa yang akan datang.



Bandung, 22 Juli 2022

Christi Monica Siahaan

2017410070

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	13
1.1. Latar Belakang Masalah.....	13
1.2. Inti Permasalahan.....	13
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	14
1.4. Ruang Lingkup Penelitian.....	14
1.5. Metode Penelitian.....	14
1.6. Sistematika Penulisan.....	15
1.7. Diagram Alir Penelitian.....	16
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1. Tanah Lempung.....	17
2.2. Kekuatan Geser Lempung.....	17
2.3. Mineral Lempung.....	21
2.4. Dinding Diafragma.....	22
2.5. Galian Dalam.....	22
2.5.1. Braced Excation Methods.....	22
2.5.2. Island Excavation Methods.....	23
2.6. Tekanan Tanah Lateral.....	23
2.7. Strut Tanah Dinding.....	25
2.7.1. Fungsi Strut pada Dinding Penahan Tanah.....	25
2.7.2. Perilaku Dinding Penahan Tanah dengan Sturt Tanah.....	26
2.8. Inklinometer.....	26
2.9. Metode Elemen Hingga.....	27
2.10. Program Plaxis.....	31
BAB 3 METODE PENELITIAN	32

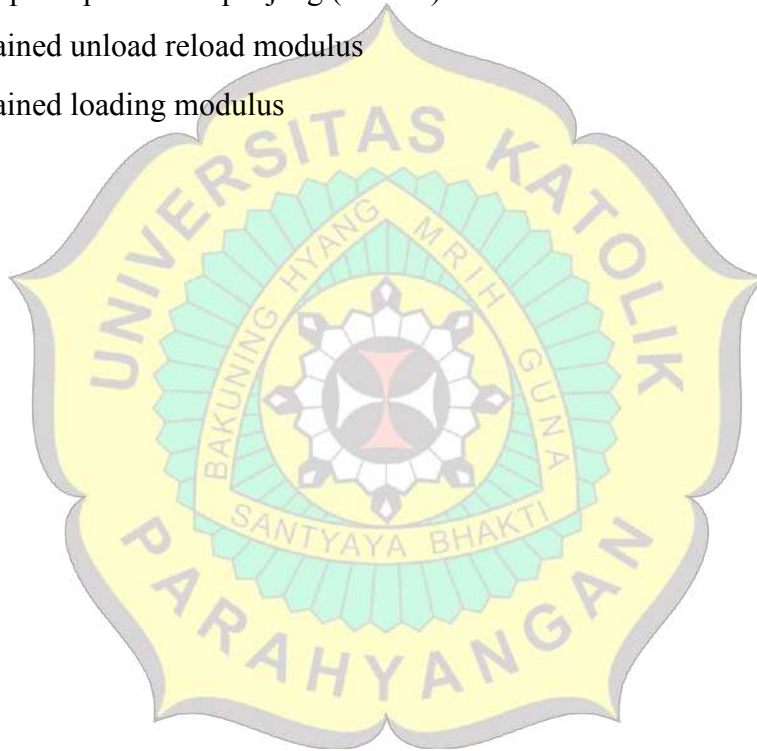
3.1. Pemodelan Struktur	32
3.2. Perhitungan Manual	32
3.3. Input Program.....	33
BAB 4 DATA DAN ANALISIS	35
4.1. Data-Data Parameter Tanah, Dinding Penahan Tanah, Angkur dan Strut Tanah	35
4.2. Penentuan Parameter Tanah Desain	37
4.3. Parameter Tanah yang digunakan	38
4.4. Analisis Dinding Diafragma Dengan Aplikasi Teori Rankine dan Coloumb	39
4.5. Analisis Dinding Diafragma Dengan Metode Elemen Hingga.....	45
4.6. Pemodelan Galian dengan Menggunakan Plaxis	45
4.7. Monitoring Data Inklinometer	54
4.8. Membandingkan Hasil Analisis	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	58
5.1. Kesimpulan.....	58
5.2. Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA.....	59
LAMPIRAN.....	60



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

σ'_a	= Tekanan tanah aktif efektif yang bekerja pada dinding penahan tanah
σ'_p	= Tekanan tanah pasif efektif yang bekerja pada dinding penahan tanah
σ_a	= Tekanan tanah aktif total
σ_p	= Tekanan tanah pasif total
P_a	= Tekanan tanah lateral aktif pada diagram berbentuk segitiga
P_b	= Tekanan tanah lateral aktif pada diagram berbentuk segiempat
P_c	= Tekanan tanah lateral akibat tanah kohesif
P_p	= Tekanan tanah lateral pasif pada diagram berbentuk segiempat
P_d	= Tekanan tanah lateral pasif pada diagram berbentuk segitiga
P_w	= Tekanan lateral aktif air
P_{wp}	= Tekanan lateral pasif air
M	= Momen lentur
y	= Jarak titik pusat berat diagram ke titik yang di tinjau
T	= Besar gaya <i>strut</i>
K_a	= Caquot – Kerisel koefisien tekanan tanah aktif
K_p	= Caquot – koefisien tekanan tanah pasif Kerisel
c'	= kohesi efektif
c_w	= Sudut geser efektif
u	= Tekanan air pori
s	= Kuat geser pada bidang
v	= Koefisien friksi antara bahan-bahan yang bersentuhan
σ	= Tegangan normal pada bidang
c	= Kohesi atau pengaruh tarikan antar partikel
E	= Modulus elastis
σ_h	= Tegangan tanah horizontal
σ_v	= Tegangan tanah vertikal
ϕ	= Sudut geser
q	= Beban luar
H	= Tinggi dinding penahan tanah
H_w	= Tinggi muka air tanah

- γ_{sat} = Berat volume tanah jenuh air
 γ' = Berat volume tanah efektif
 γ_w = Berat volume air
K = Kekakuan konstan
q = Peralihan
Q = Beban lateral
 ϵ = Regangan
g = Modulus geser (N/cm^2)
 Θ = Sudut putar per satuan panjang (rad/cm)
Eur = Undrained unload reload modulus
Eu = Undrained loading modulus



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Alir.....	16
Gambar 2. 1 Selubung keruntuhan pada lingkaran Mohr.....	19
Gambar 2. 2 Braced excavation method (Chang-Yu Ou).....	22
Gambar 2. 3 Island excavation method (Ou, 2006).....	23
Gambar 2. 4 Tekanan tanah lateral.....	23
Gambar 2. 5 Galian pada tanah kohesif.....	24
Gambar 2. 6 Contoh Diskretisasi elemen.....	28
Gambar 2. 7 Formulasi matriks kekakuan balok.....	29
Gambar 2. 8 Formulasi matriks kekakuan elemen <i>Beam on Elastic Foundation</i>	29
Gambar 3. 2 Contoh diskretisasi tanah pada PLAXIS.....	34
Gambar 3. 3 Informasi umum dari dikretisasi.....	34
Gambar 4. 1 Profil stratifikasi tanah berdasarkan data pemboran.....	36
Gambar 4. 2 Distribusi kuat geser tanah terhadap kedalaman.....	36
Gambar 4. 3 Variasi nilai modulus tanah.....	37
Gambar 4. 4 Properties tanah lempung di lokasi.....	38
Gambar 4. 5 Variasi E_u/S_u terhadap nilai OCR (Duncan & Buchignani, 1976).....	38
Gambar 4. 6 Tekanan tanah lateral.....	39
Gambar 4. 7 Grafik Moment lentur.....	44
Gambar 4. 8 Grafik Kuat geser.....	45
Gambar 4. 9 Pemodelan geometri galian.....	46
Gambar 4. 10 Tahapan pekerjaan pada Plaxis.....	46
Gambar 4. 11 Tahap 1 (konstruksi dinding diafragma).....	46
Gambar 4. 12 Tahap 2 (galian sedalam 2 meter).....	47
Gambar 4. 13 Tahap 3 (pemasangan strut).....	47
Gambar 4. 14 Tahap 4 (galian sedalam 5,5 m).....	47
Gambar 4. 15 Tahap 5 (galian sampai kedalaman 8 m).....	48
Gambar 4. 16 Diskretisasi.....	48
Gambar 4. 17 Pemodelan muka air tanah.....	48
Gambar 4. 18 Tekanan air pori.....	49
Gambar 4. 19 Total Deformasi.....	49
Gambar 4. 20 <i>Total displacement</i>	50
Gambar 4. 21 <i>Horizontal phase displacement</i>	50
Gambar 4. 22 Total displacement.....	50
Gambar 4. 23 Bending moment.....	51
Gambar 4. 24 Shear Force.....	51
Gambar 4. 25 Grafik momen dengan perhitungan plaxis.....	52
Gambar 4. 26 Grafik gaya geser dengan perhitungan plaxis.....	53
Gambar 4. 27 Grafik deformasi dengan perhitungan plaxis.....	54
Gambar 4. 32 Grafik Deformasi Inklinometer.....	55
Gambar 4. 33 Grafik perbandingan momen.....	56
Gambar 4. 34 Grafik perbandingan gaya geser.....	56



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai SPT tanah Lempung	17
Tabel 2. 2 Konsistensi tanah lempung.....	18
Tabel 4. 1 Parameter geoteknik untuk analisis galian	38
Tabel 4. 2 Parameter struktur D-wall	39
Tabel 4. 3 Parameter struktur strutt baja.....	39
Tabel 4. 4 Gaya geser pada tiap titik	44



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	60
Lampiran 2	61
Lampiran 3	62
Lampiran 4	63
Lampiran 5	64
Lampiran 6	65
Lampiran 7	66
Lampiran 8	67
Lampiran 9	67
Lampiran 10	68



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Suatu gedung bertingkat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat dalam pemanfaatan lahan yang semakin berkurang. Gedung-gedung tersebut biasanya dijadikan tempat tinggal, dan berbagai tempat usaha, seiring berjalannya waktu tinggi sebuah gedung menjadi tolak ukur fungsi sebuah ruang, dimana semakin tinggi maka luasnya meningkat, semakin besar pula manfaat yang diberikan. Manfaat dari sebuah gedung menjadi suatu permasalahan dalam proses pembangunan, adanya luas ruang yang besar pada bangunan memberikan beban yang lebih besar pada pondasi bangunan. Hal ini juga berpengaruh terhadap galian tanah, maka dari itu diperlukan aspek-aspek dari ilmu geoteknik yang membantu permasalahan yang terjadi dalam suatu proyek pembangunan.

Proses pekerjaan galian tanah salah satunya meliputi pekerjaan pondasi dan ruang bawah tanah yang dikerjakan di elevasi muka tanah. Pekerjaan galian yang dilakukan dapat menimbulkan pergeseran tanah akibat profil tanah, perubahan tegangan dan deformasi tanah tersebut. Parameter tanah pada proyek sangat berpengaruh terhadap gerakan tanah akibat beban yang diberikan.

Pergeseran tanah yang terjadi membuat proteksi galian yaitu dinding penahan tanah salah satunya berupa dinding diafragma. Struktur penahan tanah dapat kokoh karena adanya stabilisasi yang diperoleh dari tahanan pasif. Pada proses desain galian tanah analisis yang digunakan menggunakan asumsi dari teori Rankine dan Coulomb yang didasarkan pergerakan tanah akibat tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif. Saat diaplikasikan pada sebuah proyek di lapangan hal tersebut tidak terjadi karena perubahan pergerakan besar. Oleh karena itu, penulis membahas analisis pada studi kasus sebuah proyek di Pluit, Jakarta Utara, dimana perilaku dinding diafragma dengan perkuatan *strut* yang digunakan untuk proteksi dari pergerakan lateral akibat pekerjaan galian tanah *marine clay*.

1.2. Inti Permasalahan

Menganalisis pekerjaan galian pada tanah *marine clay* yang menyebabkan terjadinya deformasi horizontal dan penurunan tanah pada dinding diafragmanya. Oleh karena itu penulis membandingkan perhitungan secara analitik dan numerik dengan data di lapangan.

Adapun analisis numerik pemodelan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan peranti lunak yaitu PLAXIS 2D.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis dalam memprediksi besarnya deformasi yang bekerja sepanjang dinding diafragma dengan perkuatan strut menggunakan metode elemen hingga.
2. Membandingkan hasil analisis perhitungan dari metode elemen hingga dengan data inklinometer di lapangan.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Pembatasan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi kasus pada proyek di Pluit, Jakarta Utara ini memiliki galian sedalam 8 meter.
2. Analisis pergerakan dinding diafragma dan penurunan muka tanah dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program PLAXIS.
3. Membandingkan hasil analisis yang didapat dan dibandingkan dengan data lapangan.

1.5. Metode Penelitian

Pada penelitian ini ada beberapa metode yang digunakan, yaitu:

1. Studi Pustaka
Pengumpulan teori yang berhubungan dengan galian dalam, penurunan muka tanah, teori tekanan tanah lateral, defleksi dinding diafragma dan metode elemen hingga berdasarkan studi literatur.
2. Pengumpulan Data
Data yang dipakai untuk analisis adalah data profil tanah, parameter tanah, dimensi galian dan *strut*, dan dimensi dinding diafragma dari data di lapangan.
3. Analisis Data

Dalam skripsi ini analisis data menggunakan program PLAXIS yang berfungsi untuk memodelkan dan mengetahui pergerakan dinding diafragma, mengetahui besarnya penurunan tanah yang terjadi pada muka tanah lalu dibandingkan dengan data lapangan

1.6. Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penulisan, maksud dan tujuan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 STUDI PUSTAKA

Pada bab ini akan dibahas mengenai landasan teori dan dasar-dasar teori yang sudah ada sebelumnya yang digunakan dalam penyusunan skripsi ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pengujian. Pada bab ini yang akan dibahas ialah persiapan pengujian, pelaksanaan pengujian, dan pencatatan data hasil pengujian dari lapangan pada tanah lempung *marine clay* di Jakarta.

BAB 4 DATA DAN ANALISIS

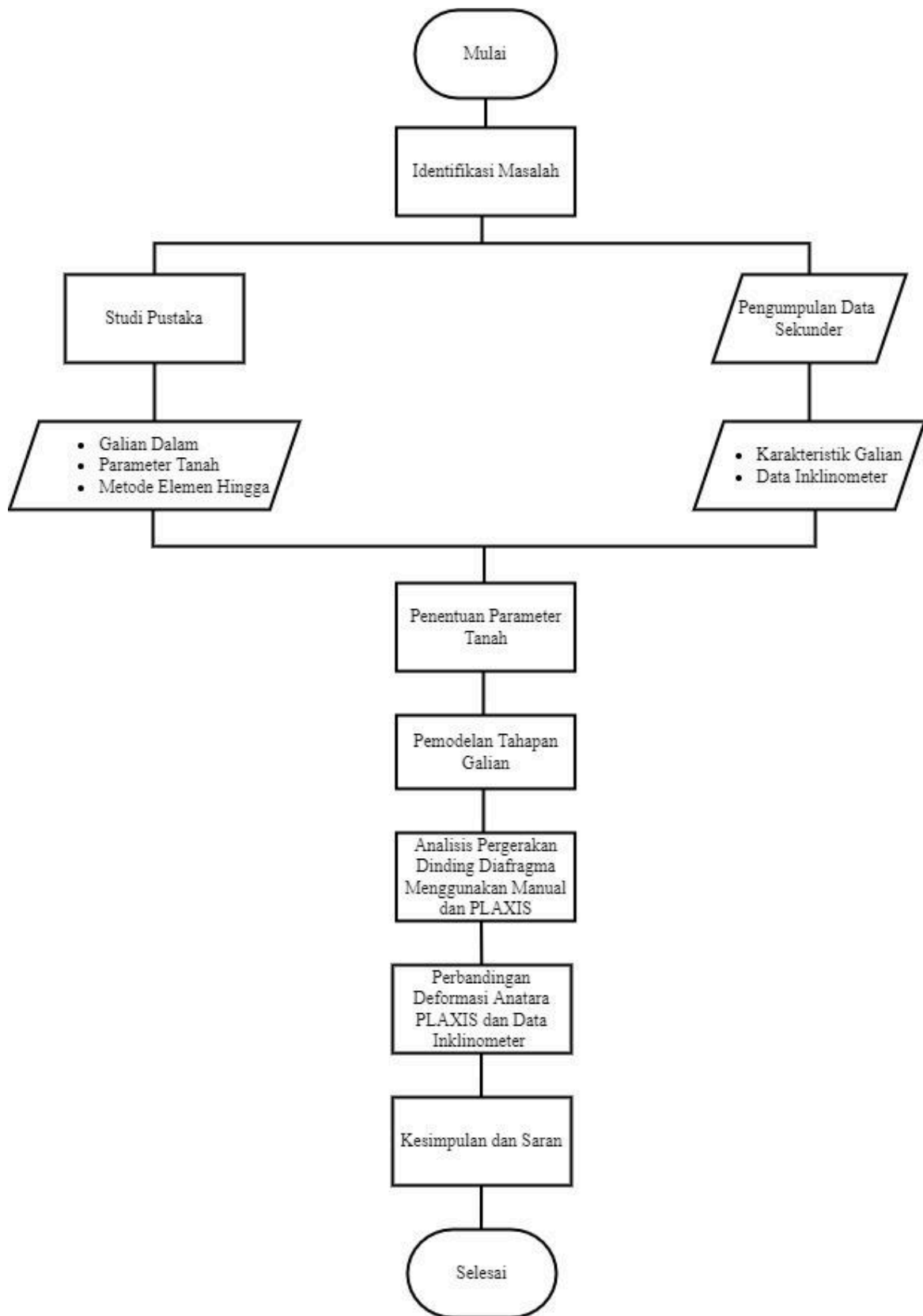
Pada bab ini akan dibahas mengenai analisis data hasil pengujian serta membandingkannya antara perhitungan secara teoritis dengan analisis di lapangan.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan yang diperoleh dari data hasil pengujian di lapangan dan analisis serta saran-saran yang dapat diusulkan dari pengujian yang telah dilakukan agar hasil penelitian menjadi lebih baik.

1.7. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Diagram Alir