

**ANALISIS KINERJA PONDASI TOGA DAN PONDASI
APUNG DENGAN CAP PADA TANAH LUNAK
TEBAL BERDASARKAN MODEL LABORATORIUM
DAN METODE ELEMEN HINGGA**

TESIS



Oleh:

**Melissa Kurnia
2017831001**

**Pembimbing 1:
Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
SEPTEMBER 2020**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS KINERJA PONDASI TOGA DAN PONDASI APUNG DENGAN
CAP PADA TANAH LUNAK TEBAL BERDASARKAN MODEL
LABORATORIUM DAN METODE ELEMEN HINGGA**



Oleh:

**Melissa Kurnia
2017831001**

Disetujui Untuk Diajukan Ujian Sidang pada Hari/Tanggal:

Jumat, 11 September 2020

Pembimbing 1:



Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
SEKOLAH PASCASARJANA
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
SEPTEMBER 2020**

PERNYATAAN

Yang bertandatangan di bawah ini, saya dengan data diri sebagai berikut:

Nama : Melissa Kurnia

NPM : 2017831001

Program Studi : Teknik Sipil.

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa ~~skripsi~~/ tesis / disertasi^{*)} dengan judul:

Analisis Kinerja Pondasi Toga dan Pondasi Apung dengan Cap Pada Tanah Lunak Tebal Berdasarkan Model Laboratorium dan Metode Elemen Hingga adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 7 September 2020



_____ Melissa Kurnia _____

*) coret yang tidak perlu

ANALISIS KINERJA PONDASI TOGA DAN PONDASI APUNG DENGAN CAP PADA TANAH LUNAK TEBAL BERDASARKAN MODEL LABORATORIUM DAN METODE ELEMEN HINGGA

**Melissa Kurnia (NPM: 2017810001)
Pembimbing I: Prof. Paulus P.Rahardjo,Ph.D.
Magister Teknik Sipil
Bandung
September 2020**

ABSTRAK

Berbagai alternatif pondasi ditawarkan tergantung kondisi tanah dari hasil penyelidikan tanah. Pada jenis tanah yang sulit seperti lapisan tanah lunak yang tebal umumnya digunakan pondasi tiang untuk menghindari penurunan bangunan berlebih, namun penggunaan pondasi dalam untuk bangunan kecil belum menjadi solusi yang tepat apabila dilihat dari sudut pandang biaya. Salah satu alternatif pondasi yang lebih ekonomis adalah dengan menggunakan pondasi toga atau pondasi apung, dengan pelat pada bagian atas dan tabung di bawahnya dimana di dalam tabung tersebut dapat diisi dengan tanah atau berupa ruang kosong. Melalui studi ini akan dianalisis daya dukung pondasi toga dan pondasi apung, kemudian pondasi akan dibuat dalam skala laboratorium dan diuji beban aksial tekan. Hubungan beban dan deformasi dari hasil uji laboratorium kemudian dicocokkan dengan hasil analisis 3 dimensi menggunakan perangkat lunak PLAXIS 3D sehingga dapat disimpulkan kinerja pondasi toga dan pondasi apung di atas tanah lunak yang tebal sanggup menopang beban untuk bangunan 2-3 lantai.

Kata Kunci: Tanah lunak tebal, pondasi apung, pondasi toga

**PERFORMANCE ANALYSIS OF TOGA FOUNDATION AND
FLOATING FOUNDATION WITH CAP ON THICK SOFT SOIL BASED
ON LABORATORY MODELS AND FINITE ELEMENT ANALYSIS**

**Melissa Kurnia (NPM: 2017810001)
Adviser I: Prof. Paulus P.Rahardjo,Ph.D.
Magister of Civil Engineering
Bandung
September 2020**

ABSTRACT

Various alternative foundations are offered depending on soil conditions from the results of soil investigations. In difficult types of soil such as thick soft soil layers, pile foundation is generally used to avoid the excess settlements, but the use of deep foundations for small buildings is not the right solution when viewed from a cost perspective. One of the more economical foundations is to use a toga foundation or floating foundation, with a plate at the top and a tube underneath where the tube can be filled with soil or empty space (void). Through this study, the carrying capacity of the toga foundation and the floating foundation will be analyzed, then the foundation will be made on a laboratory scale and tested with axial load. The load and deformation relationship of the laboratory test results is then matched with the results of the 3-dimensional PLAXIS 3D analysis so that it can be concluded the performance of the toga foundation and floating foundation on thick soft soil based able to support the load for 2-3 floors buildings.

Keywords: Thick soft soil, floating foundation, toga foundation

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas cinta, dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Analisis Kinerja Pondasi Toga Dan Pondasi Apung Dengan Cap Pada Tanah Lunak Tebal Berdasarkan Model Laboratorium Dan Metode Elemen Hingga”. Tesis ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-2 (Magister) di Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari dalam menyusun tesis ini telah terkendala banyak masalah. Namun berkat kritik, saran, dan dorongan semangat dari berbagai pihak maka akhirnya tesis ini dapat diselesaikan. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ir., MSCE., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah mencurahkan perhatian, waktu, tenaga, dan membagikan ilmu pengetahuan yang berguna bagi penulis dalam menyelesaikan tesis ini,
2. Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D., dan Bapak Aswin Lim, Ph.D., selaku dosen yang telah memberikan saran dan kritik kepada penulis sehingga tesis ini dapat diselesaikan dengan lebih baik,
3. Papi Mulyanto, mami Neli, emak Kristiawati, ci Megawati, ko De Xiang, Mercia, Mandy, dan keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa, dukungan, dan semangat kepada penulis.

4. Pak Andra, pak Yudi, pak Adang, Ivan, pak Sudiono, dan pak Sutrisno yang telah membantu penulis menyelesaikan uji laboratorium.
5. Stefanus, kak Petrus, bu Stefani, ko Anthony, Ridson, pak Nunu, ci Susan, dan seluruh pihak yang telah mendukung dan membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini dengan baik.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis sangat berterima kasih apabila ada saran dan kritik yang dapat membuat tesis ini menjadi lebih baik lagi. Dibalik kekurangan tersebut, penulis berharap tesis ini dapat berguna bagi teman-teman dan semua orang yang membacanya.

Bandung, September 2020



Melissa Kurnia

2017831001

DAFTAR ISI

BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang	1-1
1.2 Inti Permasalahan.....	1-2
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian	1-3
1.4 Ruang Lingkup Masalah.....	1-4
1.5 Metode Penelitian	1-5
1.1 Diagram Alir	1-6
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-7
2.1 Jenis Pondasi <i>Caisson</i>	2-7
2.1.1 <i>Pneumatic Caisson</i>	2-7
2.1.2 <i>Open Caisson</i>	2-8
2.1.3 <i>Box Caisson</i>	2-9
2.2 Prinsip Pondasi Toga, Pondasi Apung, dan Konsepnya.....	2-10
2.3 Metode Konstruksi Pondasi Toga.....	2-11
2.4 Metode Konstruksi Pondasi Apung	2-12
2.5 Jenis Tanah	2-13
2.5.1 Lempung	2-14
2.5.2 Lanau.....	2-14
2.6 Stabilitas Pondasi.....	2-15
2.7 Daya Dukung Pondasi Toga dan Pondasi Apung Pada Tanah Kohesif	2-17
2.8 Kapasitas Daya Dukung Pondasi Dangkal	2-17
2.8.1 Rumus Umum Daya Dukung Tanah.....	2-18
2.9 Kapasitas Daya Dukung Tiang Bor	2-24
2.9.1 Daya Dukung Ujung	2-24
2.9.2 Daya Dukung Selimut.....	2-25

2.10	Faktor Keamanan Pondasi.....	2-27
2.11	Penurunan yang Diijinkan Pada Pondasi	2-29
2.12	Modulus Tegangan Regangan.....	2-29
2.12.1	Modulus Elastisitas	2-29
2.12.2	Poisson's Ratio.....	2-30
BAB 3	METODE PENELITIAN	3-32
3.1	Penentuan Karakteristik Tanah	3-32
3.1.1	Jenis tanah	3-32
3.1.2	Parameter tanah	3-32
3.2	Analisis Dengan Bantuan Program PLAXIS 3D	3-33
3.2.1	Pengaturan Awal	3-33
3.2.2	Langkah-Langkah Pemodelan.....	3-34
3.2.3	Kalkulasi.....	3-40
3.2.4	Output.....	3-41
BAB 4	STUDI KASUS	4-42
4.1	Deskripsi Proyek	4-42
4.2	Data, Parameter, dan Lapisan Tanah.....	4-42
4.3	Penentuan Parameter-Parameter Tanah	4-43
4.3.1	Pengambilan Sampel Tanah	4-44
4.3.2	Pengujian Sifat Fisis Tanah.....	4-50
4.3.3	Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	4-68
4.4	Persiapan Pelat Uji dan Model Box Tanah untuk Uji Pembebanan..	4-73
4.4.1	Langkah – Langkah Pengujian Beban Aksial Tekan Pada Pondasi Uji	4-78
4.5	Interpretasi Hasil Uji	4-80
4.6	Perhitungan dengan Program PLAXIS 3D	4-81
4.6.1	Pemodelan dengan PLAXIS 3D.....	4-81
4.6.2	Hasil Analisis PLAXIS 3D untuk Model Skala Kecil / Skala Laboratorium	4-83

4.6.3 Hasil Analisis PLAXIS 3D untuk Model Skala Lapangan 4-85

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-96
5.1 Kesimpulan	5-96
5.2 Saran	5-97
DAFTAR PUSTAKA	5-98
LAMPIRAN 1.....	99
LAMPIRAN 2.....	2
LAMPIRAN 3.....	4
LAMPIRAN 4.....	12
LAMPIRAN 5.....	16
LAMPIRAN 6.....	17

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Daftar Notasi

A = luas bangunan

B = lebar pondasi

c = kohesi tanah

D_f = dalamnya galian atau tebal pondasi

E = modulus elastisitas

F_{cs}, F_{qs}, F_{γs} = faktor bentuk

F_{cd}, F_{qd}, F_{γd} = faktor kedalaman

F_{ci}, F_{qi}, F_{γI} = faktor kemiringan beban

h = tebal pelat

I = Momen inersia pondasi ($1/12 B H^3$) dengan H = tebal pondasi

q = berat tanah diatas pondasi ($\gamma \cdot D_f$)

q_{u(net)} = daya dukung ultimit netto

q_{all(net)} = daya dukung allowable

SF = *safety factor* atau faktor keamanan

ϕ = kuat geser dalam

γ = berat isi tanah

γ_w = berat isi air

CPT = Cone Penetration Test

SPT = Standart Penetration Test

β_{\max} = distorsi angular maksimum

k_s = modulus subgrade (modulus reaksi tanah)

Daftar Singkatan

USCS = *Unified Soil Classification System*

AASHTO = *American Association of State Highway and Transportation Officials*

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-6
Gambar 2. 1 <i>Pneumatic Caisson</i>	2-7
Gambar 2. 2 <i>Open Caissons</i>	2-8
Gambar 2. 3 <i>Box Caissons</i>	2-9
Gambar 2.4 Grafik Hubungan ϕ dengan N_c , N_q , N_γ Untuk Persamaan Terzaghi	2-19
Gambar 2.5 Grafik Hubungan ϕ dengan N_c , N_q , N_γ Untuk Persamaan Meyerhof.....	2-22
Gambar 2.6 Faktor Adhesi Kulhawy (1991) Sumber: Manual Pondasi Tiang Edisi 5	2-26
Gambar 3.1 Pengaturan Awal Program PLAXIS 3D (a) Tab Project, (b) Tab Model	3-34
Gambar 3.2 <i>Window Material Sets</i>	3-35
Gambar 3.3 Input Parameter Tanah (a) Tab <i>General</i> , (b) Tab <i>Parameter</i> , (c) Tab <i>Groundwater</i> , (d) Tab <i>Interfaces</i>	3-36
Gambar 3.4 <i>Window Create Borehole</i> Untuk Mengubah Kedalaman Lapisan Tanah	3-36
Gambar 3.5 Tampilan <i>Pile Cap</i> Yang Sudah di <i>Extrude</i>	3-37
Gambar 3.6 Tampilan <i>surface</i> yang sudah di <i>intersect dan recluster</i> , kemudian bagian dalam <i>surface</i> dihapus.....	3-38
Gambar 3.7 Tampilan model pondasi toga yang sudah diberikan <i>interface</i>	3-38
Gambar 3.8 Tampilan model pondasi apung yang sudah diberikan <i>interface</i> , bagian bawah tabung tertutup	3-39
Gambar 3.9 Pengaturan <i>Mesh</i>	3-40
Gambar 3.10 Contoh hasil <i>Mesh</i>	3-40
Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Contoh Tanah	4-43
Gambar 4.2 Pengambilan Tanah Pertama	4-44
Gambar 4.3 Pengambilan Tanah Pertama	4-45
Gambar 4.4 Tanah Timbunan Berupa Tanah Merah, Pasir, dan Kerikil Disisihkan	4-45
Gambar 4.5 Tanah Lunak yang Sudah Disisihkan	4-46
Gambar 4.6 Tanah Diinjak-injak Agar Tanah dan Air Tercampur Merata (Homogen)	4-47
Gambar 4.7 Grafik Penetrasi vs <i>Water Content</i>	4-48
Gambar 4.8 Foto Container dan Tanah.....	4-51
Gambar 4.9 Foto Uji Piknometer	4-53
Gambar 4.10 Grafik Distribusi Butir Kasar.....	4-57
Gambar 4.11 Foto Uji <i>Hydrometer</i>	4-59
Gambar 4.12 Grafik Distribusi Gabungan Uji <i>Hydrometer</i> dan Uji Saringan.....	4-61
Gambar 4.13 Foto Penumbukan Tanah Dalam Cawan Porselin.....	4-63
Gambar 4.14 Foto Pengadukan Tanah dengan Pisau Dempul.....	4-63
Gambar 4.15 Foto Penetrasi Konus ke Dalam Tanah.....	4-64
Gambar 4.16 Grafik Penetrasi vs <i>Water Content</i>	4-65

Gambar 4.17 Grafik Konsolidasi Seluruh Sampel	4-67
Gambar 4.18 Lingkaran Mohr 3 (Tiga) Sampel Pertama.....	4-70
Gambar 4.19 Lingkaran Mohr 3 (Tiga) Sampel Kedua.....	4-70
Gambar 4.20 Kuat Geser Undrained vs Liquidity Index (Kamil, Kayabali 2015) Sumber: https://www.researchgate.net/publication/290053805_Evaluation_of_Undrained_Shear_Strength_of_Fine-Grained_Soils_in_Consideration_of_Soil_Plasticity/download	4-71
Gambar 4.21 E50 3 (Tiga) Sampel Pertama.....	4-72
Gambar 4.22 E50 3 (Tiga) Sampel Kedua	4-73
Gambar 4.23 Sketsa Pondasi Toga (Bagian Bawah Terbuka dengan Skala 1:10)	4-74
Gambar 4.24 Tanah ‘Disusun’ Secara Manual dengan Sekop	4-75
Gambar 4.25 Tanah yang Sudah ‘Disusun’ Dibiarkan <i>Settle</i> dan Diukur Penurunannya	4-76
Gambar 4.26 Kurva Deformasi Tanah Terhadap Waktu Akibat ‘Pengendapan’	4-76
Gambar 4.27 Model Pondasi yang Sudah Dibebani.....	4-79
Gambar 4.28 Interpretasi Beban Ultimit Dari Rata-Rata Penurunan yang Terukur Oleh Seluruh Dial.....	4-81
Gambar 4.29 <i>Mesh</i> Pondasi Toga (Skala Model Uji Laboratorium).....	4-84
Gambar 4.30 Bidang Gelincir Model Pondasi Toga (Skala Model Uji Laboratorium) Kondisi <i>Undrained</i> Beban 8 kPa	4-84
Gambar 4.31 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Model Uji Laboratorium) Kondisi <i>Undrained</i> dan Hasil Uji Pembebanan Aksial Tekan pada Model Pondasi Toga Uji	4-84
Gambar 4.32 Data Tanah CPTU-01	4-85
Gambar 4.33 Data Tanah CPTU-02.....	4-85
Gambar 4.34 Sketsa Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan).....	4-87
Gambar 4.35 Sketsa Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan).....	4-87
Gambar 4.36 Model 3 Dimensi Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan)	4-88
Gambar 4.37 <i>Mesh</i> Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan)	4-88
Gambar 4.38 Bidang Gelincir Model Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> ..4-89	
Gambar 4.39 Bidang Gelincir Model Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i> ..4-89	
Gambar 4.40 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> dan Kondisi <i>Drained</i>	4-89
Gambar 4.41 Model 3 Dimensi Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan).....	4-90
Gambar 4.42 <i>Mesh</i> Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan).....	4-90
Gambar 4.43 Bidang Gelincir Model Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> 4-91	
Gambar 4.44 Bidang Gelincir Model Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i> 4-91	
Gambar 4.45 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> dan Kondisi <i>Drained</i>	4-91

Gambar 4.46 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> dan Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i>	4-92
Gambar 4.47 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i> dan Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i>	4-92
Gambar 4.48 Interpretasi Kapasitas Ultimit Pondasi Toga (a) Kondisi <i>Undrained</i> dan (b) Kondisi <i>Drained</i> dengan Metode Mazurkiewich.....	4-94
Gambar 4.49 Interpretasi Kapasitas Ultimit Pondasi Apung (a) Kondisi <i>Undrained</i> dan (b) Kondisi <i>Drained</i> dengan Metode Mazurkiewich.....	4-94
Gambar 4.1 Lokasi Pengambilan Contoh Tanah.....	4-43
Gambar 4.2 Lokasi Pantai Indah Kapuk 2 Sumber:Google Earth.....	4-44
Gambar 4.3 Pengambilan Tanah Pertama	4-44
Gambar 4.4 Pengambilan Tanah Pertama	4-45
Gambar 4.5 Tanah Timbunan Berupa Tanah Merah, Pasir, dan Kerikil Disisihkan	4-45
Gambar 4.6 Tanah Lunak yang Sudah Disisihkan	4-46
Gambar 4.7 Tanah Diinjak-injak Agar Tanah dan Air Tercampur Merata (Homogen)	4-47
Gambar 4.8 Grafik Penetrasi vs <i>Water Content</i>	4-48
Gambar 4.9 Foto Container dan Tanah.....	4-51
Gambar 4.10 Foto Uji Piknometer	4-53
Gambar 4.11 Grafik Distribusi Butir Kasar.....	4-57
Gambar 4.12 Foto Uji <i>Hydrometer</i>	4-59
Gambar 4.13 Grafik Distribusi Gabungan Uji <i>Hydrometer</i> dan Uji Saringan.....	4-61
Gambar 4.14 Foto Penumbukan Tanah Dalam Cawan Porselin.....	4-63
Gambar 4.15 Foto Pengadukan Tanah dengan Pisau Dempul.....	4-63
Gambar 4.16 Foto Penetrasi Konus ke Dalam Tanah.....	4-64
Gambar 4.17 Grafik Penetrasi vs <i>Water Content</i>	4-65
Gambar 4.18 Grafik Konsolidasi Seluruh Sampel.....	4-67
Gambar 4.19 Lingkaran Mohr 3 (Tiga) Sampel Pertama	4-70
Gambar 4.20 Lingkaran Mohr 3 (Tiga) Sampel Kedua.....	4-70
Gambar 4.21 Kuat Geser <i>Undrained</i> vs <i>Liquidity Index</i> (Kamil, Kayabali 2015) Sumber: https://www.researchgate.net/publication/290053805_Evaluation_of_Undrained_Shear_St rength_of_Fine-Grained_Soils_in_Consideration_of_Soil_Plasticity/download	4-71
Gambar 4.22 E50 3 (Tiga) Sampel Pertama.....	4-72
Gambar 4.23 E50 3 (Tiga) Sampel Kedua.....	4-73
Gambar 4.24 Sketsa Pondasi Toga (Bagian Bawah Terbuka dengan Skala 1:10).....	4-74
Gambar 4.25 Tanah ‘Disusun’ Secara Manual dengan Sekop	4-75
Gambar 4.26 Tanah yang Sudah ‘Disusun’ Dibiarkan <i>Settle</i> dan Diukur Penurunannya.....	4-76
Gambar 4.27 Kurva Deformasi Tanah Terhadap Waktu Akibat ‘Pengendapan’	4-76
Gambar 4.28 Model Pondasi yang Sudah Dibebani.....	4-79

Gambar 4.29 Interpretasi Beban Ultimit Dari Rata-Rata Penurunan yang Terukur Oleh Seluruh Dial.....	4-81
Gambar 4.30 <i>Mesh</i> Pondasi Toga (Skala Model Uji Laboratorium).....	4-84
Gambar 4.31 Bidang Gelincir Model Pondasi Toga (Skala Model Uji Laboratorium) Kondisi <i>Undrained</i> Beban 8 kPa	4-84
Gambar 4.32 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Model Uji Laboratorium) Kondisi <i>Undrained</i> dan Hasil Uji Pembebanan Aksial Tekan pada Model Pondasi Toga Uji	4-84
Gambar 4.33 Data Tanah CPTU-01	4-85
Gambar 4.34 Data Tanah CPTU-02.....	4-85
Gambar 4.35 Sketsa Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan).....	4-87
Gambar 4.36 Sketsa Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan).....	4-87
Gambar 4.37 Model 3 Dimensi Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan)	4-88
Gambar 4.38 <i>Mesh</i> Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan)	4-88
Gambar 4.39 Bidang Gelincir Model Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> ..4-89	
Gambar 4.40 Bidang Gelincir Model Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i> ..4-89	
Gambar 4.41 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> dan Kondisi <i>Drained</i>	4-89
Gambar 4.42 Model 3 Dimensi Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan).....	4-90
Gambar 4.43 <i>Mesh</i> Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan).....	4-90
Gambar 4.44 Bidang Gelincir Model Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> 4-91	
Gambar 4.45 Bidang Gelincir Model Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i> 4-91	
Gambar 4.46 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> dan Kondisi <i>Drained</i>	4-91
Gambar 4.47 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i> dan Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Undrained</i>	4-92
Gambar 4.48 Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Apung (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i> dan Grafik Beban vs Penurunan Pondasi Toga (Skala Riil / Lapangan) Kondisi <i>Drained</i>	4-92
Gambar 4.49 Interpretasi Kapasitas Ultimit Pondasi Toga (a) Kondisi <i>Undrained</i> dan (b) Kondisi <i>Drained</i> dengan Metode Mazurkiewich.....	4-94
Gambar 4.50 Interpretasi Kapasitas Ultimit Pondasi Apung (a) Kondisi <i>Undrained</i> dan (b) Kondisi <i>Drained</i> dengan Metode Mazurkiewich.....	4-94

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Hubungan ϕ dengan N_c , N_q , N_γ Untuk Persamaan Terzaghi.....	2-19
Tabel 2.2 Tabel Hubungan ϕ dengan N_c , N_q , N_γ Untuk Persamaan Meyerhof.....	2-22
Tabel 2.3 E_u/S_u Pada Tanah Kohesif Dari Uji Triaxial UU Dan Nilai N_c^* (O'Neill&Reese, 1999)	2-25
Tabel 2.4 Nilai Modulus Young Untuk Berbagai Jenis Tanah (Sumber : Bowles 1982)	2-30
Tabel 2.5 Nilai Poisson's Ratio Untuk berbagai jenis tanah (Sumber : Bowles 1997).....	2-31

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Berbagai alternatif pondasi ditawarkan tergantung kondisi tanah dari hasil penyelidikan tanah. Jenis pondasi yang digunakan dapat berupa pondasi dangkal maupun pondasi dalam tergantung kondisi tanah dan besar beban yang bekerja. Pada lapisan tanah lunak yang tebal umumnya digunakan pondasi tiang agar beban dapat disalurkan ke lapisan tanah yang lebih baik agar beban bangunan dapat dipikul pondasi serta menghindari penurunan bangunan berlebih. Meskipun demikian, penggunaan pondasi tiang pada bangunan tingkat rendah kurang optimal dari sudut pandang biaya.

Pada proyek konstruksi perumahan di atas lapis tanah lunak yang cukup tebal (> 15 m), diperlukan alternatif lain selain pondasi tiang untuk menghemat biaya pembangunan namun tetap memenuhi persyaratan keamanan konstruksi, diantaranya adalah beban yang diterima tidak boleh melebihi kapasitas daya dukung tanah sehingga tidak terjadi keruntuhan geser. Salah satu ide alternatif terbaru yang lebih ekonomis adalah menggunakan pondasi toga (*toga foundation*) atau pondasi apung (*floating foundation*).

Bentuk pondasi toga yang akan dibahas Penulis menyerupai bentuk topi wisuda, dengan pelat pada bagian atas dan terdapat tabung / *caisson* di bagian bawahnya namun bagian bawah tabung dibiarkan terbuka. Tabung diisi tanah sehingga didapat daya dukung selimut tabung luar dan dalam. Sedangkan bentuk pondasi apung yang akan dibahas penulis menyerupai bentuk pondasi toga dengan

pelat pada bagian atas dan tabung / *caisson* di bagian bawahnya namun bagian bawah tabung ditutup dan diisi dengan geofom untuk mewakili ruang kosong yang kedap air sehingga didapat daya dukung selimut dan ujung tabung. Pelat pada kedua jenis pondasi akan ditempatkan pada tanah kualitas baik untuk memberikan daya dukung tambahan dengan mendistribusi beban bangunan ke tanah timbunan diatas tanah lempung lunak serta menahan momen dan gaya lateral yang terjadi sehingga memperkecil besarnya pergeseran dan perputaran pondasi kaisan kaku pada tanah lempung.

Pada pondasi apung perlu diperhatikan gaya angkat (*uplift*) pada kondisi muka air tanah yang berubah-ubah terhadap deformasi vertikal bangunan. Semakin tinggi muka air tanah, maka semakin besar gaya angkat yang terjadi, semakin kecil pula deformasi vertikal yang terjadi. Namun apabila beban bangunan lebih kecil dibandingkan gaya angkat yang terjadi, maka gaya angkat tersebut akan menyebabkan bangunan terangkat. Oleh karena itu, beban bangunan harus lebih besar daripada gaya angkat maksimum yang dapat terjadi.

Penulis berharap konsep pondasi toga maupun pondasi apung ini dapat menjadi alternatif pondasi yang lebih ekonomis dan dapat digunakan pada lapisan tanah lunak yang cukup dalam dengan tetap memenuhi persyaratan keamanan.

1.2 Inti Permasalahan

Penggunaan pondasi tiang untuk tanah lunak yang tebal (> 15 m) dinilai belum menjadi solusi yang tepat terutama untuk bangunan perumahan kecil (1 – 2 tingkat), dikarenakan memerlukan biaya pembangunan yang terlampau besar. Penggunaan pondasi toga dan pondasi apung diharapkan menjadi alternatif solusi penggunaan

pondasi pada lapisan tanah lunak yang tebal. Baik pondasi toga maupun pondasi apung ini diaplikasikan dalam bentuk pelat beton pada bagian atas dan *caisson* di bawahnya dimana pelat beton diletakkan pada tanah kualitas baik untuk membantu menopang beban bangunan dan *caisson* diisi dengan tanah (bagian bawah *caisson* terbuka untuk pondasi toga) atau geofom untuk mewakili ruang kosong kedap air (bagian bawah *caisson* tertutup untuk pondasi apung).

1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Berikut beberapa maksud dari penelitian yang dilakukan :

1. Menentukan dimensi pondasi uji serta merencanakan dimensi model box untuk model laboratorium skala kecil.
2. Melakukan pengambilan sampel tanah dari area PIK 2, Jakarta Utara
3. Sampel tanah yang telah diambil ditambahkan air kemudian diaduk dengan cara diremas dengan tangan maupun diinjak-injak hingga merata (homogen).
4. Pengujian sifat fisis dan mekanis sampel tanah di laboratorium UNPAR dan laboratorium PT. GEC.
5. Interpretasi data hasil uji laboratorium.
6. Menentukan parameter tanah yang akan digunakan dalam analisis.
7. Memperoleh besar daya dukung pondasi dari perhitungan manual. Pondasi terdiri dari pelat dan tabung. Daya dukung pelat menggunakan rumus umum daya dukung pondasi dangkal sedangkan daya dukung pondasi sumuran menggunakan rumus daya dukung pondasi tiang bor.

8. Dilakukan *loading test* ‘pengujian beban’ aksial tekan pondasi uji kemudian diukur penurunannya sehingga didapat grafik hubungan beban dan penurunan.
9. Memperoleh penurunan tanah yang terjadi melalui analisis tiga dimensi menggunakan program PLAXIS 3D yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan hasil uji *loading test* ‘pengujian beban’ aksial tekan pondasi uji.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui kinerja pondasi toga dan pondasi apung di atas tanah lunak yang tebal untuk dikembangkan dalam skala penuh di kemudian hari.

1.4 Ruang Lingkup Masalah

Ruang lingkup masalah penelitian ini adalah:

1. Lokasi tanah yang ditinjau adalah di area PIK 2, Jakarta Utara dengan kondisi lapisan tanah lempung konsistensi sangat lunak hingga lunak yang tebal.
2. Kriteria keamanan pondasi apung dilakukan berdasarkan kriteria keamanan pondasi dangkal menurut SNI 8460:2017.
3. Pondasi toga dan pondasi apung terdiri dari pelat dan tabung/ *caisson*. Daya dukung pelat menggunakan rumus Terzaghi (1943) untuk pondasi berbentuk bujur sangkar sedangkan daya dukung tabung menggunakan metode O’Neill dan Reese (1999) untuk daya dukung ujung tiang bor pada tanah kohesif dan metode Reese dan Wright (1977) untuk daya dukung selimut tiang bor pada tanah kohesif.

4. Analisis deformasi pondasi toga dan pondasi apung dilakukan menggunakan Metode Elemen Hingga, dengan bantuan Program Komputer PLAXIS 3D.
5. Membuat model laboratorium skala kecil sebagai representasi hasil riil.

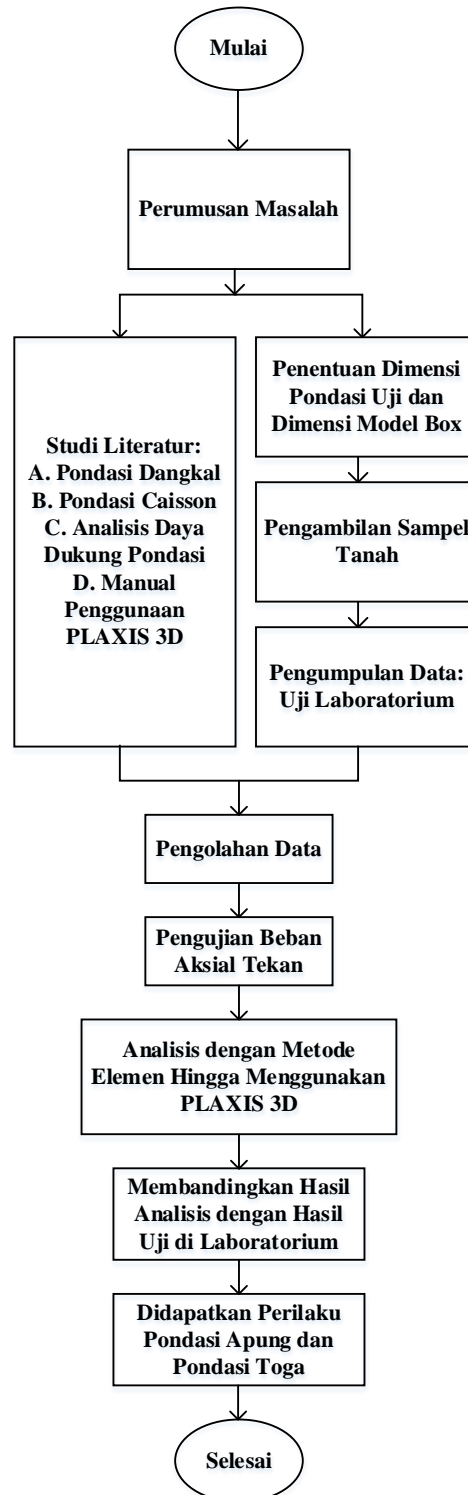
1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan dilakukan untuk mencapai maksud dan tujuan penelitian adalah:

1. Studi literatur mengenai pondasi dangkal, pondasi *caisson* (pondasi sumuran), analisis daya dukung pondasi, dan analisis penurunan pondasi. Studi literatur dilakukan dari buku, jurnal, dan artikel-artikel.
2. Penentuan dimensi pondasi uji serta dimensi model box untuk model laboratorium skala kecil.
3. Pengambilan sampel tanah dari area PIK 2, Jakarta Utara.
4. Pengumpulan data uji laboratorium.
5. Penentuan parameter tanah untuk analisis
6. Memperoleh besar daya dukung pondasi berdasarkan perhitungan manual.
7. Dilakukan *loading test* ‘pengujian beban’ aksial tekan pondasi uji untuk mendapatkan grafik hubungan beban dan penurunan.
8. Analisis penurunan tanah melalui analisis tiga dimensi menggunakan program PLAXIS 3D yang kemudian dibandingkan hasilnya dengan hasil uji *loading test* ‘pengujian beban’ aksial tekan pondasi uji.
9. Menarik kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

1.1 Diagram Alir

Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian