

SKRIPSI

**STUDI PENENTUAN EFISIENSI DAYA DUKUNG
AKSIAL FONDASI KELOMPOK TIANG BOR PADA
TANAH PASIR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN
HINGGA TIGA DIMENSI**



**SAMUEL JEMMY SETIADJIE
NPM : 6101901161**

PEMBIMBING: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

SKRIPSI

**STUDI PENENTUAN EFISIENSI DAYA DUKUNG
AKSIAL FONDASI KELOMPOK TIANG BOR PADA
TANAH PASIR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN
HINGGA TIGA DIMENSI**



**SAMUEL JEMMY SETIADJIE
NPM : 6101901161**

BANDUNG, JANUARI 2023

PEMBIMBING:

Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.

KO-PEMBIMBING:

**Ir. Ignatius Tommy Pratama,
S.T., M.S.**

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023**

SKRIPSI

STUDI PENENTUAN EFISIENSI DAYA DUKUNG AKSIAL FONDASI KELOMPOK TIANG BOR PADA TANAH PASIR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA TIGA DIMENSI



SAMUEL JEMMY SETIADJIE
NPM : 6101901161

PEMBIMBING: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.
KO-PEMBIMBING: Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S.
PENGUJI 1: Siska Rustiani, Ir., M.T.
PENGUJI 2: Aswin Lim, Ph.D.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023

PERNYATAAN

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

Nama : Samuel Jemmy Setiadjie

NPM : 6101901161

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

Studi Penentuan Efisiensi Daya Dukung Aksial Fondasi Kelompok Tiang Bor pada Tanah Pasir menggunakan Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi.

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: 04 Januari 2023



Samuel Jemmy Setiadjie

(6101901161)

STUDI PENENTUAN EFISIENSI DAYA DUKUNG AKSIAL FONDASI KELOMPOK TIANG BOR PADA TANAH PASIR MENGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA TIGA DIMENSI

Samuel Jemmy Setiadjie
NPM: 6101901161

Pembimbing: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.
Ko-Pembimbing: Ir. Ignatius Tommy Pratma, S.T., M.S.

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARI 2023

ABSTRAK

Fondasi tiang merupakan jenis fondasi yang banyak digunakan di berbagai belahan dunia, terutama pada kondisi beban bangunan yang sangat besar. Dalam penggunaan fondasi kelompok tiang sangat penting untuk memperhatikan nilai dari efisiensi fondasi kelompok tiang. Sudah banyak rumus dipublikasikan untuk mencari nilai efisiensi fondasi kelompok tiang aksial namun masih sedikit penelitian yang menggunakan metode elemen hingga terkhususnya pada tanah pasir. Berangkat dari hal tersebut dilakukan studi penentuan efisiensi daya dukung aksial fondasi kelompok tiang pada tanah pasir menggunakan program metode elemen hingga. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data proyek Royal Tulip Saranam *Spa and Resort* di Tabanan, Bali. Studi parametrik pada fondasi kelompok tiang pada tanah pasir dilakukan dengan memvariasikan konfigurasi, jumlah tiang, spasi antar tiang, dan panjang tiang. Secara garis besar hasil yang diperoleh dari penelitian ini peningkatan nilai efisiensi daya dukung aksial fondasi kelompok tiang disebabkan oleh penambahan jarak spasi antar sumbu tiang, menurunnya nilai efisiensi pada tanah pasir homogen ketika panjang tiang ditambah, serta menurunnya nilai efisiensi pada tanah pasir homogen ketika terjadi penambahan jumlah tiang.

Kata Kunci: Tiang Bor, Pasir, Efisiensi Daya Dukung Aksial Fondasi Kelompok Tiang, Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi.

STUDY OF DETERMINING EFFICIENCY OF BORED PILE FOUNDATION GROUPS IN AXIAL BEARING CAPACITY AT SAND USING THREE DIMENSIONAL FINITE ELEMENT METHOD

Samuel Jemmy Setiadjie
NPM: 6101901161

Advisor: Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D.
Co-Advisor: Ir. Ignatius Tommy Pratma, S.T., M.S.

PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
BACHELOR PROGRAM
(Accredited by SK BAN-PT Number: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)
BANDUNG
JANUARY 2023

ABSTRACT

Pile foundations are widely used all around the world, especially when foundations have to bear a large load from the upper structure. In using the pile group foundation it is very important to pay attention to the value of the pile foundation group efficiency. There have been many published formulas to find the efficiency value of axial pile foundation groups but still, a few research uses the finite element method, especially in sand. Then a study was carried out to determine the efficiency of the axial bearing capacity of pile group foundations on sandy soils using the finite element method program. This research was conducted using Royal Tulip Saranam resort and spa, Tabanan, Bali project data. Parametric study of pile group foundations on sandy soil by varying the configuration, number of piles, spacing between piles, and pile length. In general the results obtained from this research increase the efficiency value of the axial bearing capacity of pile group foundations caused by increasing the spacing between the pile axles, decreasing the efficiency value in homogeneous sandy soils when the pile length is increased, and decreasing the efficiency value in homogeneous sandy soils when there is added several piles.

Keywords: Bored Pile, Sand, Efficiency of Pile Groups Axial Bearing Capacity, Three Dimensional Finite Element Method

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, kasih, rahmat dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Penentuan Efisiensi Daya Dukung Aksial Fondasi Kelompok Tiang Bor pada Tanah Pasir Menggunakan Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi” sebagai syarat untuk mencapai gelar Sarjana dalam Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis juga bersyukur dan mengucapkan terima kasih atas semua bimbingan, bantuan, motivasi, dukungan, kritik, dan saran yang telah disampaikan baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyelesaian skripsi ini. Secara khusus penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Papah, Mamah, dan Tommy serta seluruh keluarga besar penulis yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan moral, kasih sayang, dan semangat kepada penulis selama proses penyelesaian studi penulis di Universitas Katolik Parahyangan.
2. Bapak Ir. Budijanto Widjaja, Ph.D. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, arahan, bantuan, kritik, saran, kesempatan, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S. selaku ko-pembimbing atas segala bimbingan, arahan, bantuan, kritik, saran, kesempatan, dan waktu yang telah diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Ir. Stefanus Diaz Alvi, S.T., M.T. selaku asisten dosen Pusat Studi Geoteknik yang telah memberikan penulis waktu untuk diskusi, masukan dan saran mengenai permasalahan yang terjadi selama proses penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., Bapak Aswin Lim, Ph.D., Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., Bapak Martin Wijaya, Ph.D., Bapak Eric Ng Yin Kuan, Ir., M.T., Ir., Bapak Andra Andriana, S.T., Bapak Soerjadedi Sastraatmadja, Bapak Ir. Aflizal Arafianto, S.T., M.T., Bapak Albert Johan, S.T., M.T., Bapak Ir. Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

selaku dosen dan asisten dosen Pusat Studi Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah mengajar, membimbing, membantu, dan memberikan masukan serta saran kepada saya selama proses perkuliahan di Universitas Katolik Parahyangan.

6. Seluruh dosen dan asisten dosen Program Studi Sarjana Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan yang telah mengajar, membimbing, membantu, dan memberikan masukan serta saran kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Universitas Katolik Parahyangan.
7. Andre Budiarto, Alexander Tommy, Ian Hartono, Livia Florencia, Thalia Salsabila Azzahra, Bobby Limowa, Richie, dan Annisa Nabilla selaku rekan-rekan seperbimbingan.
8. Teman-teman angkatan 2019, kakak dan adik tingkat, serta pihak lain yang tidak dapat dituliskan satu persatu yang telah membantu, mendukung saya selama penulisan skripsi ini dan selama menjalani perkuliahan di Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna karena keterbatasan pengetahuan, pengalaman, dan waktu yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran yang dapat membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat membawa manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Bandung, 11 Januari 2023



Samuel Jemmy Setiadjie

6101901161

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
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	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir	1-4
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Fondasi Tiang	2-1
2.2 Daya Dukung Fondasi Tiang Tunggal	2-1
2.3 Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang	2-2
2.4 Interpretasi Daya Dukung Ultimit Fondasi Tiang Metode Mazurkiewicz (1972)	2-3
2.5 Efisiensi Daya Dukung Aksial Fondasi Kelompok Tiang	2-4
2.6 Metode Elemen Hingga	2-6
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	3-1
3.1 Analisis Balik dengan Program Elemen Hingga Tiga Dimensi	3-1
3.2 Analisis dengan Program Elemen Hingga Tiga Dimensi	3-2

3.2.1 <i>Project Properties</i>	3-2
3.2.2 Pemodelan Tanah (Soil)	3-3
3.2.3 Pemodelan Struktur (<i>Structure</i>).....	3-3
3.2.4 <i>Prescribed Displacement</i>	3-5
3.2.5 <i>Meshing</i>	3-6
3.2.6 <i>Flow Condition</i>	3-6
3.2.7 <i>Staged Construction</i>	3-7
3.2.8 <i>Output</i>	3-8
3.3 Pengolahan Hasil <i>Output</i> dengan Microsoft Excel dan Microsoft Visio ...	3-9
3.3.1 Interpretasi Daya Dukung Ultimit	3-9
3.3.2 Efisiensi Daya Dukung Aksial Fondasi Kelompok Tiang.....	3-9
BAB 4 ANALISIS DATA	4-1
4.1 Deskripsi Proyek	4-1
4.2 Pelapisan Tanah.....	4-1
4.3 Penentuan Parameter Tanah	4-3
4.3.1 Berat Isi Tanah (γ), Berat Isi Tanah Jenuh Air (γ_{sat})	4-3
4.3.2 Penentuan Kuat Geser Tanah Kohesif Tak Teralir (S_u)	4-4
4.3.3 Penentuan Sudut Geser Dalam Efektif (ϕ')	4-4
4.3.4 Sudut Dilatasi (ψ)	4-5
4.3.5 Penentuan Angka Poisson Efektif (ν').....	4-5
4.3.6 Penentuan Modulus Elastisitas Tanah Efektif (E').....	4-6
4.3.7 Penentuan Koefisien <i>At Rest</i> (K_0).....	4-6
4.3.8 Penentuan Nilai <i>Interface</i> (R_{inter}).....	4-6
4.4 Parameter Desain Tanah.....	4-7
4.5 Parameter Desain Struktur.....	4-9
4.6 Hasil Analisis Balik.....	4-9
4.7 Fondasi Tiang Tunggal.....	4-10
4.7.1 Fondasi Tiang Tunggal pada Tanah Studi Kasus	4-10
4.7.2 Fondasi Tiang Tunggal pada Tanah Pasir Homogen.....	4-11
4.8 Fondasi Kelompok Tiang	4-12
4.8.1 Fondasi Kelompok Tiang pada Tanah Studi Kasus.....	4-14
4.8.2 Fondasi Kelompok Tiang pada Tanah Pasir Homogen	4-14

4.9 Hasil Analisis dan Pembahasan	4-15
4.9.1 Efisiensi Daya Dukung Aksial Fondasi Kelompok Tiang pada Tanah Studi Kasus	4-15
4.9.2 Efisiensi Daya Dukung Aksial Fondasi Kelompok Tiang pada Tanah Pasir Homogen	4-20
4.9.3 Perilaku Tegangan Geser Tanah	4-25
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran.....	5-3
DAFTAR PUSTAKA	xvii
LAMPIRAN	L1-1
LAMPIRAN 1 Data Uji SPT	L1-1
LAMPIRAN 2 Hasil Uji Pembebanan Tiang Lapangan dan Analisis Balik .	L2-1
LAMPIRAN 3 Kurva Load vs Settlement beserta Interpretasi Daya Dukung dengan Metode Mazurkiewicz (1972) pada Tanah Studi Kasus.....	L3-1
LAMPIRAN 4 Kurva Load vs Settlement beserta Interpretasi Daya Dukung dengan Metode Mazurkiewicz (1972) pada Tanah Pasir Homogen	L4-1
LAMPIRAN 5 Perilaku Tegangan Geser Relatif pada Tanah Studi Kasus...	L5-1
LAMPIRAN 6 Perilaku Tegangan Geser Relatif pada Tanah Pasir Homogen	L6-1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

v'	: Angka Poisson Efektif
γ	: Berat Isi Tanah
γ_{sat}	: Berat Isi Tanah Jenuh Air
W_p	: Berat Sendiri Tiang
Q_g	: Daya Dukung Kelompok Tiang
Q_{ult}	: Daya Dukung Ultimit Tiang
Q_s	: Daya Dukung Selimut Tiang (ultimit)
Q_p	: Daya Dukung Ujung Tiang (ultimit)
D	: Diameter Tiang [m].
E_g	: Efisiensi Kelompok Tiang
E_s	: Elastisitas Tanah
E'	: Elastisitas Tanah Efektif
FKT	: Fondasi Kelompok Tiang
s	: Jarak Antar Sumbu Tiang
m	: Jumlah Tiang pada Deret Baris
n	: Jumlah Tiang pada Deret Kolom
p	: Keliling Penampang Tiang
K_0	: Koefisien <i>At Rest</i>
S_u	: Kuat Geser Tanah Tak Teralir
f_c'	: Mutu Beton
R_{inter}	: Nilai <i>Interface</i>
N-SPT	: Nilai SPT
L	: Panjang Tiang Efektif
ψ	: Sudut Dilatasi
ϕ'	: Sudut Geser Dalam Kondisi Efektif

Q_p = Total Daya Dukung Tiang Tunggal Dalam



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-6
Gambar 2.1 Daya Dukung Ultimit Tiang dengan Berat (Rahardjo, 2017)	2-2
Gambar 2.2 Overlapping Tegangan-Tegangan pada Fondasi Kelompok Tiang (Bowles, 1997)	2-3
Gambar 2.3 Interpretasi Daya Dukung Ultimit Fondasi tiang dengan Metode Mazurkiewicz (1972) (Rahardjo, 2017)	2-3
Gambar 2.4 Ilustrasi Perhitungan Efisiensi Kelompok Tiang Formula Feld (Rahardjo 2017).....	2-5
Gambar 2.5 Ilustrasi dari Diskretisasi pada Lingkaran (Rahardjo, 2019)	2-6
Gambar 2.6 Elemen Tetrahedral Beserta Derajat Kebebasannya (Rahardjo, 2019)	2-7
Gambar 2.7 Ilustrasi dari Fungsi Elemen Interface (Lees, 2016)	2-7
Gambar 3.1 Pemodelan Fondasi Kelompok Tiang dengan Volume Element	3-4
Gambar 3.2 Pemodelan Elemen Interface pada Fondasi Tiang	3-5
Gambar 3.3 Pemodelan Pile Cap dengan Volume Element.....	3-5
Gambar 3.4 Hasil Diskretisasi dengan Medium pada Tanah Studi Kasus.....	3-6
Gambar 3.5 Flow Condition pada Tanah Studi Kasus.....	3-7
Gambar 3.6 Kontur Penurunan Tiang dan Tanah di Sekitarnya.....	3-8
Gambar 3.7 Kurva Beban terhadap Penurunan.....	3-8
Gambar 4.1 Kondisi Lapangan pada Proyek Royal Tulip Saranam Spa & Resort.	4-1
Gambar 4.2 Stratifikasi Desain serta N-SPT Desain dari Hasil Uji SPT.....	4-2
Gambar 4.3 Korelasi antara N-SPT dengan S_u (Terzaghi dan Peck, 1967).....	4-4
Gambar 4.4 Korelasi antara N-SPT dengan ϕ' (Peck et.al., 1953).....	4-4
Gambar 4.5 Analisis Balik Uji Pembebanan Aksial Tiang Tunggal	4-10
Gambar 4.6 (a) L-13,5, (b) L-27, (c) L-40,5 (Fondasi Tiang Tunggal di Tanah Studi Kasus).....	4-11
Gambar 4.7 (a) L-13,5, (b) L-27, (c) L-40,5 (Fondasi Tiang Tunggal di Tanah Pasir Homogen).....	4-11
Gambar 4.8 Gambar Kurva Distribusi Pemikulan Beban pada Pondasi Tiang FKT 2x2 L-27 3D pada tanah studi kasus	4-12
Gambar 4.9 Gambar Kurva Distribusi Pemikulan Beban pada Pondasi Tiang FKT 2x2 L-27 3D, pada tanah studi kasus	4-13
Gambar 4.10 Gambar Kurva Distribusi Pemikulan Beban pada Pondasi Tiang FKT 3x3 L-40,5 3D pada tanah pasir homogen	4-13
Gambar 4.11 Gambar Kurva Distribusi Pemikulan Beban pada Pondasi Tiang FKT 4x4 L-27 2D pada tanah pasir homogen	4-13
Gambar 4.12 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 2x2 L-27 pada Tanah Studi Kasus	4-15
Gambar 4.13 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 3x3 L-27 pada Tanah Studi Kasus	4-16

Gambar 4.14 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 4x4 L-27 pada Tanah Studi Kasus	4-16
Gambar 4.15 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 5x5 L-27 pada Tanah Studi Kasus	4-16
Gambar 4.16 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 2x2 L-13,5 pada Tanah Studi Kasus	4-17
Gambar 4.17 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 3x3 L-13,5 pada Tanah Studi Kasus	4-17
Gambar 4.18 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 4x4 L-13,5 pada Tanah Studi Kasus	4-17
Gambar 4.19 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 5x5 L-13,5 pada Tanah Studi Kasus	4-18
Gambar 4.20 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 2x2 L-40,5 pada Tanah Studi Kasus	4-18
Gambar 4.21 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 3x3 L-40,5 pada Tanah Studi Kasus	4-18
Gambar 4.22 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 4x4 L-40,5 pada Tanah Studi Kasus	4-19
Gambar 4.23 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 5x5 L-40,5 pada Tanah Studi Kasus	4-19
Gambar 4.24 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT pada Tanah Studi Kasus ..	4-19
Gambar 4.25 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 2x2 L-27 pada Tanah Pasir Homogen	4-20
Gambar 4.26 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 3x3 L-27 pada Tanah Pasir Homogen	4-21
Gambar 4.27 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 4x4 L-27 pada Tanah Pasir Homogen	4-21
Gambar 4.28 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 5x5 L-27 pada Tanah Pasir Homogen	4-21
Gambar 4.29 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 2x2 L-13,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-22
Gambar 4.30 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 3x3 L-13,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-22
Gambar 4.31 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 4x4 L-13,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-22
Gambar 4.32 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 5x5 L-13,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-23
Gambar 4.33 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 2x2 L-40,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-23
Gambar 4.34 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 3x3 L-40,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-23
Gambar 4.35 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 4x4 L-40,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-24
Gambar 4.36 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT 5x5 L-40,5 pada Tanah Pasir Homogen	4-24

Gambar 4.37 Efisiensi Daya Dukung Aksial FKT pada Tanah Pasir Homogen .4-24

Gambar 4.38 (a) L-13,5, (b) L-27, (c) L-40,5 (τ_{rel} pada tanah studi kasus dengan konfigurasi kelompok tiang 4x4 spasi 3D).....4-26

Gambar 4.39 (a) L-13,5, (b) L-27, (c) L-40,5 (τ_{rel} pada tanah pasir homogen dengan konfigurasi kelompok tiang 4x4 spasi 3D)4-27

Gambar L 1.1 Data Uji SPT dan Bor Log L1-1

Gambar L3.1 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Studi Kasus... L3-1

Gambar L3.2 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Studi Kasus... L3-1

Gambar L3.3 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Studi Kasus... L3-2

Gambar L3.4 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Studi Kasus... L3-2

Gambar L3.5 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Studi Kasus... L3-3

Gambar L3.6 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Studi Kasus... L3-3

Gambar L3.7 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT 40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Studi Kasus... L3-4

Gambar L3.8 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT 40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Studi Kasus... L3-4

Gambar L3.9 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT 40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Studi Kasus... L3-5

Gambar L4.1 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Pasir Homogen L4-1

Gambar L4.2 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Pasir Homogen L4-1

Gambar L4.3 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Pasir Homogen...L4-2

Gambar L4.4 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Pasir Homogen L4-2

Gambar L4.5 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Pasir Homogen L4-3

Gambar L4.6 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Pasir Homogen L4-3

Gambar L4.7 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Pasir Homogen.....	L4-4
Gambar L4.8 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Pasir Homogen.....	L4-4
Gambar L4.9 Daya Dukung Aksial Ultimit FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Pasir Homogen.....	L4-5
Gambar L5.1 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-1
Gambar L5.2 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-1
Gambar L5.3 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-2
Gambar L5.4 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Studi Kasus ..	L5-2
Gambar L5.5 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-3
Gambar L5.6 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-3
Gambar L5.7 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-4
Gambar L5.8 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-4
Gambar L5.9 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Studi Kasus ...	L5-5
Gambar L6.1 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Pasir Homogen.....	L6-1
Gambar L6.2 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Pasir Homogen.....	L6-1
Gambar L6.3 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-27 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Pasir Homogen.....	L6-2
Gambar L6.4 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Pasir Homogen	L6-2
Gambar L6.5 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Pasir Homogen.....	L6-3
Gambar L6.6 Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-13,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Pasir Homogen.....	L6-3

- Gambar L6.7** Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 2D pada Tanah Pasir Homogen L6-4
- Gambar L6.8** Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 3D pada Tanah Pasir Homogen L6-4
- Gambar L6.9** Kontur τ_{rel} pada Kondisi Q_{ult} FKT L-40,5 (a) 2x2, (b) 3x3, (c) 4x4, (d) 5x5 dengan Jarak Spasi antar Sumbu Tiang 4D pada Tanah Pasir Homogen L6-5



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data Uji Pembebanan Tiang Aksial pada Tanah Studi Kasus	3-1
Tabel 4.1 Korelasi N-SPT dengan Berat Isi Tanah nonkohesif (γ) dan Berat Isi Tanah Jenuh Air (γ_{sat}) (Lambe <i>et.al.</i> , 1962).....	4-3
Tabel 4.2 Korelasi N-SPT dengan Berat Isi Tanah kohesif Jenuh Air (γ_{sat}) (Terzaghi dan Peck, 1943)	4-3
Tabel 4.3 Tabel Rentang Nilai Sudut Geser Dalam untuk Tanah Lempung (AS 4678-2002)	4-5
Tabel 4.4 Korelasi Jenis Dan Konsistensi atau Kepadatan Tanah Dengan Angka Poisson Efektif (ν') (Das, 2011).....	4-5
Tabel 4.5 Parameter Desain Tanah Pasir Homogen pada Pemodelan Program Elemen Hingga Tiga Dimensi.....	4-7
Tabel 4.6 Parameter Desain Tanah Studi Kasus pada Pemodelan Program Elemen Hingga Tiga Dimensi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4.7 Parameter Desain Fondasi Tiang Bor pada Pemodelan Program Elemen Hingga Tiga Dimensi	4-9
Tabel 4.8 Parameter Desain Pile Cap pada Pemodelan Program Elemen Hingga Tiga Dimensi.....	4-9
Tabel 4.9 Daya Dukung Ultimit FKT pada tanah studi kasus.....	4-14
Tabel 4.10 Daya Dukung Ultimit FKT pada tanah pasir homogen.....	4-14
Tabel L2.1 Hasil Uji Pembebanan Tiang di Lapangan dan Analisis Balik.....	L2-1

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Uji SPT	L1-1
Lampiran 2 Hasil Uji Pembebanan Tiang Lapangan dan Analisis Balik ...	L 2-1
Lampiran 3 Kurva Load vs Settlement beserta Interpretasi Daya Dukung dengan Metode Mazurkiewicz (1972) pada Tanah Studi Kasus	L3-1
Lampiran 4 Kurva Load vs Settlement beserta Interpretasi Daya Dukung dengan Metode Mazurkiewicz (1972) pada Tanah Pasir Homogen.....	L4-1
Lampiran 5 Perilaku Tegangan Geser Relatif pada Tanah Studi Kasus.....	L5-1
Lampiran 6 Perilaku Tegangan Geser Relatif Pada Tanah Pasir Homogen	L6-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fondasi tiang merupakan jenis fondasi yang banyak digunakan di berbagai belahan dunia. Pada kondisi beban yang besar biasanya dipilih fondasi tiang kelompok, tetapi pada fondasi tiang kelompok memiliki *overlapping zone* yang mempengaruhi daya dukung fondasi menjadi lebih kecil jika dibandingkan dengan jumlah dari seluruh tiang tunggal di dalam kelompok. Dalam beberapa dekade terakhir telah berkembang banyak rumus-rumus efisiensi kelompok tiang yang telah dipublikasi seperti formula *Feld* (1943), formula *Seiler-Keeney* (1994), formula *Los Angeles*, formula *Converse-Labarre* dan formula sederhana. Namun, masih sedikit penelitian yang menggunakan analisis numerik untuk mencari nilai efisiensi kelompok tiang terutama pada tanah nonkohesif. Padahal analisis dengan metode elemen hingga memiliki berbagai kelebihan jika dibandingkan dengan rumus-rumus efisiensi kelompok tiang secara umum seperti dapat memodelkan berbagai geometri baik untuk tiang maupun *pile cap*, dapat mengetahui pengaruh keberadaan muka air tanah, dapat memodelkan tahapan konstruksi fondasi, serta material fondasi dan tanah dapat dimodelkan dengan berbagai macam pendekatan.

Dalam riset sebelumnya (Asif *et.al.*, 2022) menunjukkan efisiensi kelompok tiang dipengaruhi oleh kepadatan tanah, jumlah tiang pada suatu kelompok, panjang tiang, serta jarak antar sumbu tiang. Pada beberapa riset mengenai efisiensi kelompok tiang pada tanah pasir di mana menurut hasil studi (Poulos & Davis, 1980), dan (Ismail, 2001) efisiensi kelompok tiang mencapai lebih besar dari satu. Dalam studi ini berfokus pada efisiensi kelompok tiang bor pada tanah pasir di mana daya dukung daya dukung tiang tunggal dan kelompok tiang ditentukan berdasarkan kurva *load-settlement* yang diperoleh dari hasil analisis program elemen hingga tiga dimensi.

1.2 Inti Permasalahan

Dalam perencanaan fondasi kelompok tiang nilai efisiensi kelompok tiang sangatlah penting sebagai bahan pertimbangan penggunaan jarak, jumlah, maupun panjang tiang. Pada saat ini sudah banyak formula efisiensi kelompok tiang terpublikasi dengan hasil yang berbeda, tetapi studi tentang efisiensi kelompok tiang dengan metode elemen hingga serta efisiensi kelompok pada tanah pasir masih relatif sedikit dilakukan. Oleh karena itu, diperlukan studi lebih lanjut untuk mengetahui efisiensi kelompok tiang dengan metode elemen hingga terutama pada tanah nonkohesif.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui daya dukung aksial tekan tiang tunggal pada tanah studi kasus dan tanah pasir homogen.
2. Mengetahui daya dukung aksial tekan kelompok tiang dengan beberapa konfigurasi pada tanah studi kasus dan tanah pasir homogen.
3. Mendapatkan nilai efisiensi daya dukung aksial tekan kelompok tiang dengan metode elemen hingga menggunakan bantuan program elemen hingga tiga dimensi.
4. Membandingkan nilai efisiensi yang diperoleh dengan formula terpublikasi.
5. Mempelajari perilaku kelompok tiang dalam menerima beban.

1.4 Lingkup Penelitian

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini terdiri dari :

1. Penelitian dilakukan menggunakan data proyek Royal Tulip Saranam *Spa and Resort*, Pacung, Baturiti, Tabanan, Bali.
2. Data yang digunakan berupa data uji pembebanan aksial tekan pondasi tiang serta uji SPT.
3. Pemodelan dilakukan pada tanah studi kasus dan tanah pasir homogen.
4. Pemodelan dilakukan dengan model tanah Mohr-Coulomb dengan *drainage type undrained B* untuk tanah kohesif dan *drained* untuk tanah pasir.
5. Pemodelan fondasi tiang menggunakan *volume-pile* dengan diameter tiang 0,6 m dan panjang tiang efektif (bagian tiang yang terbenam ke dalam tanah) 13,5 m, 27 m, dan 40,5 m.

6. *Pile cap* dimodelkan melayang setinggi 1 m dari permukaan tanah dengan tebal *pile cap* 2 m.
7. Pemodelan dilakukan pada variasi konfigurasi jumlah tiang 2x2, 3x3, 4x4, dan 5x5.
8. Pemodelan dilakukan dengan variasi jarak antar sumbu tiang sebesar 2D, 3D, dan 4D (D merupakan diameter tiang).
9. Batasan pada pemodelan ini adalah sebesar 30D untuk sumbu x dan y serta 2L untuk sumbu z (D merupakan diameter tiang dan L merupakan panjang tiang)
10. Pemodelan dilakukan dengan program elemen hingga tiga dimensi.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur
Studi literatur dilakukan berdasarkan informasi yang diperlukan melalui jurnal, buku teks, serta beberapa skripsi terdahulu yang relevan dan dapat mendukung penelitian ini untuk memahami konsep dasar serta dijadikan sebagai acuan untuk melakukan pemodelan, analisis, dan interpretasi hasil penelitian.
2. Pengumpulan Data
Pengumpulan data dimensi serta parameter dari fondasi tiang bor dan data SPT sebagai dasar dalam melakukan analisis dan pemodelan.
3. Pengolahan dan Analisis Data
Data yang dikumpulkan akan dimodelkan, dan dianalisis dengan aplikasi program elemen hingga tiga dimensi lalu diolah lebih lanjut dengan Microsoft Excel dan Microsoft Visio.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dibagi menjadi 5 bab, yaitu :

1. BAB 1 PENDAHULUAN
Bab ini membahas mengenai latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup, metode penelitian, sistematika penulisan dan diagram alir penelitian yang digunakan pada skripsi ini.

2. BAB 2 STUDI PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori dasar yang digunakan untuk pedoman dalam menunjang dalam penelitian, mencakup teori fondasi, dan metode penentuan efisiensi kelompok tiang.

3. BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas metode penelitian yang digunakan untuk melakukan analisis efisiensi kelompok tiang.

4. BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA

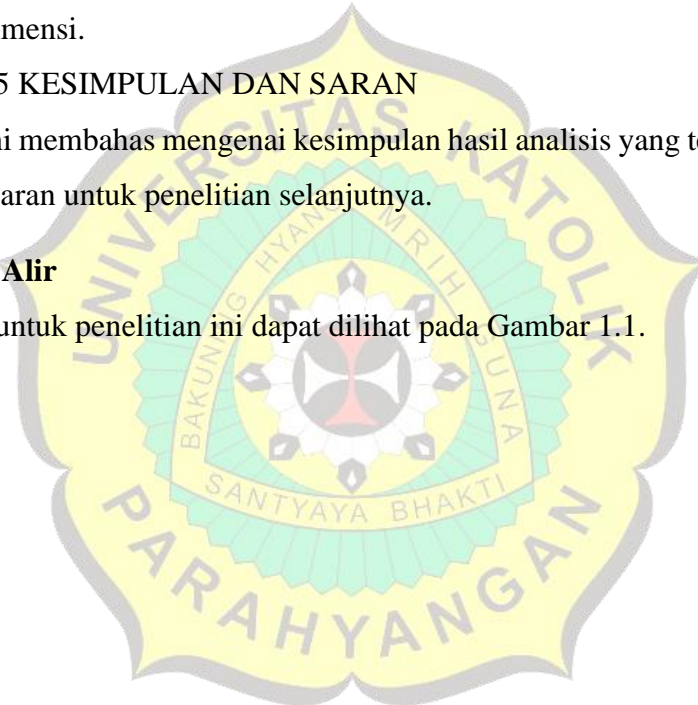
Bab ini membahas mengenai pengolahan data dari uji pembebanan aksial tekan fondasi tiang serta hasil simulasi dari program program elemen hingga tiga dimensi.

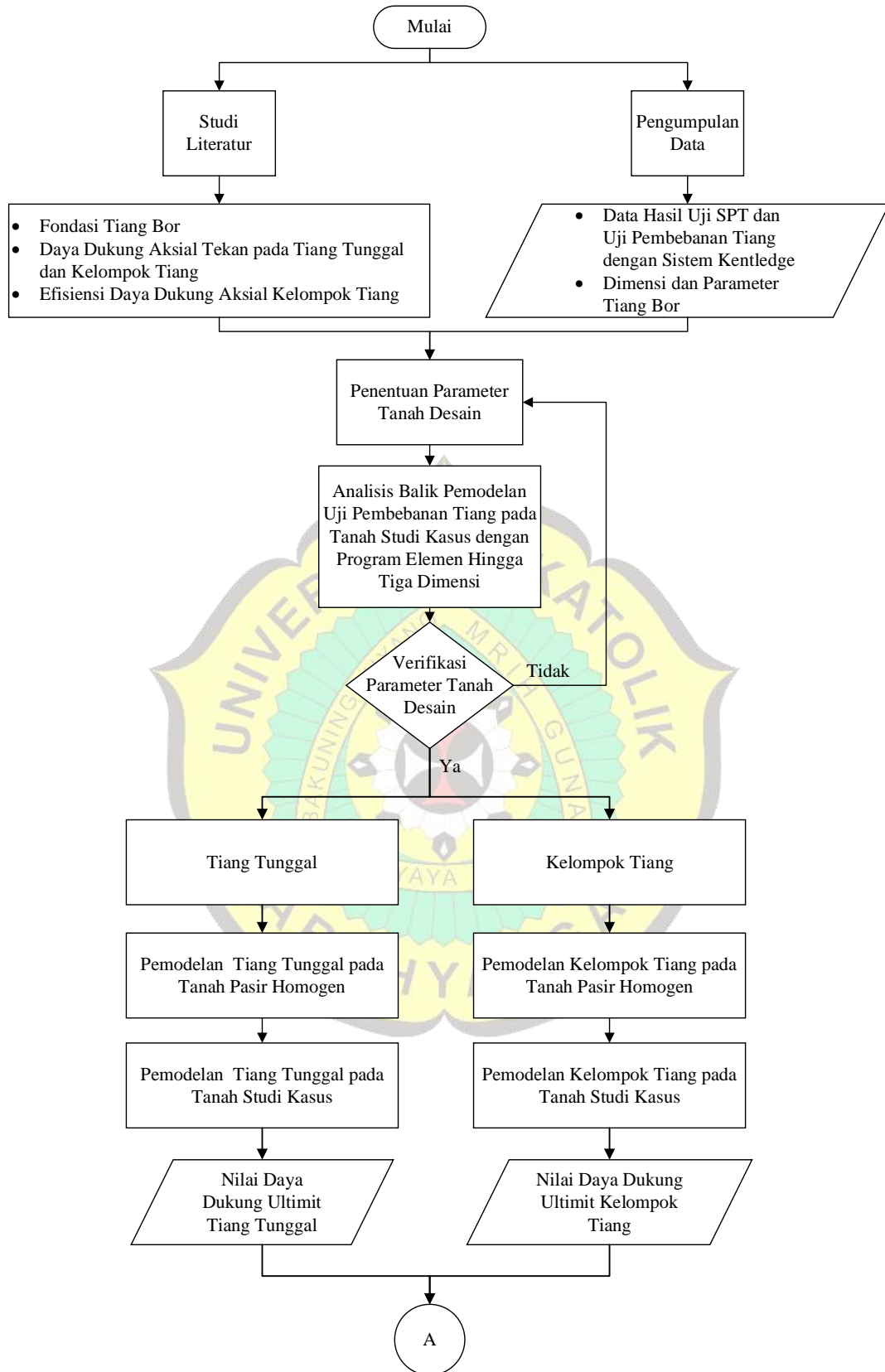
5. BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

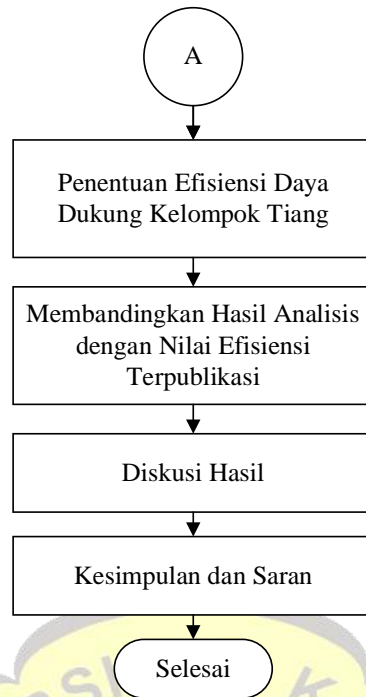
Bab ini membahas mengenai kesimpulan hasil analisis yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian selanjutnya.

1.7 Diagram Alir

Diagram alir untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.1.







Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian

