

**SKRIPSI**

**ANALISIS NUMERIK DAYA DUKUNG AKSIAL  
TEKAN DAN TARIK TIANG PANCANG *MULTI-  
TAPERED* DI TANAH LEMPUNG**



**RICHE**  
**NPM : 6101801099**

**PEMBIMBING: Budijanto Widjaja, Ph.D.**

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

**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 2023**

**SKRIPSI**

**ANALISIS NUMERIK DAYA DUKUNG AKSIAL  
TEKAN DAN TARIK TIANG PANCANG *MULTI-  
TAPERED* DI TANAH LEMPUNG**



**RICHIE  
NPM : 6101801099**

**BANDUNG, JANUARI 2023**

**PEMBIMBING:**

**KO-PEMBIMBING:**

**Budijanto Widjaja, Ph.D.**

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

**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 2023**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : RICHIE

Tempat, tanggal lahir : Jakarta, 18 Oktober 2000

NPM : 6101801099

Judul skripsi : **ANALISIS NUMERIK DAYA DUKUNG  
AKSIAL TEKAN DAN TARIK TIANG  
PANCANG *MULTI-TAPERED* DI TANAH  
LEMPUNG**

Dengan ini Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah benar hasil karya tulis saya sendiri dan bebas plagiat. Adapun kutipan yang tertuang sebagian atau seluruh bagian pada karya tulis ini yang merupakan karya orang lain (buku, makalah, karya tulis, materi perkuliahan, internet, dan sumber lain) telah selayaknya saya kutip, sadur, atau tafsir dan dengan jelas telah melampirkan sumbernya. Bahwa iea rahi melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak kesarjanaan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

(Kutipan pasal 25 ayat 2 UU no. 20 tahun 2003)

Bandung, 11 Januari 2023



Richie

6101801099

# ANALISIS NUMERIK DAYA DUKUNG TEKAN DAN TARIK TIANG PANCANG *MULTI-TAPERED* DI TANAH LEMPUNG

**Richie**  
**NPM: 6101801099**

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

**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 2023**

## ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji daya dukung aksial tekan dan tarik dari inovasi pada fondasi tiang pancang yang menggunakan *multi-tapered* yang terinspirasi dari saluran keluar regulator gas. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan daya dukung dari fondasi tiang karena metode yang digunakan pada masa kini yaitu dengan memperbesar ukuran fondasi dinilai kurang efektif dari segi teknis. Pemodelan numerik pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan PLAXIS 2D. Tanah studi kasus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari proyek LRT Palembang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi peningkatan daya dukung aksial tekan dan tarik dari fondasi tiang yang diberikan *multi-tapered* ini. Dengan peningkatan yang signifikan terjadi pada fondasi yang memiliki *taper* sepanjang  $\frac{1}{3}$  dari panjang tiang yang diukur dari dasar tiang dengan sudut 13 derajat. Penambahan jumlah *taper* lebih daripada itu mengakibatkan peningkatan pada daya dukung namun peningkatan tersebut hanya meningkatkan daya dukung dari fondasi secara linear dan tidak meningkat secara drastis.

**Kata Kunci:** fondasi, fondasi tiang, *multi-tapered*, *taper*, tiang pancang,



# NUMERICAL ANALYSIS OF AXIAL BEARING CAPACITY OF MULTI-TAPERED DRIVEN PILE IN CLAYS

**Richie**  
**NPM: 6101801099**

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

**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 2023**

## ABSTRACT

This study analyzes the bearing capacity of an innovation on pile foundation, this innovation is called *multi-tapered* as it is inspired by tapered pile and also by the exhaust pipe on gas regulators. This study is done because the current method of increasing the bearing capacity of foundation which is increasing the size of the foundation is considered to be inefficient. The numerical modeling in this study is done using a 2D finite element software. The soil model that was used in this study is from an LRT project in Palembang. The results show that the foundation with 1/3 of its length covered with taper is the most efficient compared with the other variations. While with the increase in the number of *taper* on a pile the bearing capacity also increases, but after more than 1/3 of the foundation's length is covered with taper the increase in the bearing capacity becomes linear with lower increase compared to just covering 1/3 of its length.

**Keywords:** driven pile, foundation, pile foundation, multi-tapered, taper

## PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan berkat-Nya, penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan judul “Analisis Numerik Daya Dukung Aksial Tekan dan Tarik Tiang Pancang *Multi-Tapered* di Tanah Lempung”. Skripsi ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dari program studi teknik sipil, fakultas teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini penulis berterimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu serta mendukung secara langsung maupun secara moral agar penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua penulis karena sudah mendukung dan membiayai penulis agar mampu mencapai titik ini.
2. Andrew dan Inggrid Noveria sebagai kakak yang baik dan mendukung serta menyemangati penulis selama proses pembuatan skripsi ini.
3. Bapak Budijanto Widjaja, Ph. D. dan Bapak Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T. M.S. selaku pembimbing dan ko-pembimbing yang sangat membantu penulis dalam proses pembuatan skripsi ini.
4. Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., Bapak Aswin Lim, Ph. D., dan seluruh dosen geoteknik yang sudah membimbing dan memberi ilmu-ilmu yang berharga yang sangat membantu penulis dalam proses pembuatan skripsi ini.
5. Annisa Nabilla yang saling membantu dan menyemangati satu sama lain dalam seluruh proses pembuatan skripsi ini.
6. Nadya Revienaputri, Graciela Maria Agnes Jovanka Vireldi, Elizabeth Amartya Ayu, dan Rakean Wilanda selaku teman-teman seperjuangan yang sama-sama terus mencoba untuk menjadi yang lebih baik dibandingkan hari sebelumnya.
7. Boby Limowa, Annisa Nabilla, Alexander Tommy, Ian Hartono, Andre Budiarto, Livia Florencia, dan Samuel Jemmy Setiadjie sebagai teman-teman satu bimbingan yang saling menyemangati selama proses pengerjaan skripsi.

Bandung, 11 Januari 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Richie', written in a cursive style.

Richie

6101801099



# DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>i</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR NOTASI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1-1</b>
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 Penelitian .....	1-5
<b>BAB 2 STUDI LITERATUR .....</b>	<b>2-1</b>
2.1 Fondasi Tiang Pancang .....	2-1
2.2 Regulator Tekanan Tinggi untuk Tabung Baja LPG .....	2-3
2.3 Penggunaan Metode Elemen Hingga (MEH) dalam Pemodelan Fondasi .	2-4
2.3.1 Model Konstitutif <i>Hardening Soil</i> pada Program PLAXIS 2D .....	2-4
2.3.2 Model Konstitutif <i>Linear Elastic</i> pada program PLAXIS 2D .....	2-6
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>3-1</b>
3.1 Analisis Balik menggunakan PLAXIS 2D.....	3-1
3.1.1 <i>Project Properties</i> .....	3-1
3.1.2 Pemodelan Tanah dan Material.....	3-2

3.1.3	Pemodelan Struktur .....	3-6
3.1.4	Diskretisasi (Mesh).....	3-7
3.1.5	Penentuan Titik Nodal .....	3-7
3.1.6	<i>Staged Construction</i> (Tahapan Konstruksi) .....	3-8
3.1.7	Hasil <i>Output</i> PLAXIS 2D.....	3-10
3.2	Pemodelan <i>Multi-Tapered</i> menggunakan PLAXIS 2D.....	3-11
3.2.1	Variasi dari <i>Taper</i> .....	3-12
3.2.2	Pemodelan Struktur <i>Multi-Tapered</i> .....	3-12
3.3	Interpretasi Hasil Analisis Tiang Pancang <i>Multi-Tapered</i> .....	3-15
<b>BAB 4</b>	<b>ANALISIS DATA .....</b>	<b>4-1</b>
4.1	Data Studi Kasus .....	4-1
4.1.1	Data Stratifikasi Tanah .....	4-1
4.1.2	Parameter Tiang.....	4-2
4.1.3	Hasil <i>Static Loading Test</i> (SLT).....	4-2
4.2	Data Hasil Analisis .....	4-3
4.2.1	Interpretasi Daya Dukung Aksial Tekan .....	4-3
4.2.2	Interpretasi Daya Dukung Aksial Tarik.....	4-8
4.3	Analisis Hasil.....	4-12
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>5-1</b>
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran .....	5-1

## DAFTAR NOTASI

A	: Luas
E	: Modulus Young
E <sub>50</sub>	: Nilai kekakuan secant pada uji triaksial
E <sub>oed</sub>	: Nilai kekakuan tangent pembebanan utama oedometer
E <sub>ur</sub>	: Nilai kekakuan unloading / reloading
f <sub>s</sub>	: Gesekan selimut tiang per satuan luas
K	: Modulus kompresi
m	: <i>Stress-level Dependency</i>
N-SPT	: Nilai hasil uji SPT
K <sub>0</sub>	: Koefisien tekanan tanah at rest
PI	: Indeks plastisitas
Q <sub>u</sub>	: Daya dukung ultimit
Q <sub>p</sub>	: Kapasitas tahanan ujung atau daya dukung ujung
Q <sub>s</sub>	: Kapasitas tahanan gesekan selimut atau daya dukung selimut
q <sub>p</sub>	: Tahanan ujung satuan
W <sub>p</sub>	: Berat tiang
$\sigma$	: Tegangan tanah
$\sigma'_v$	: Tegangan vertikal efektif tanah
$\sigma'_3$	: Tegangan horizontal efektif tanah
$\varphi'$	: Sudut geser dalam efektif tanah
$\nu$	: Angka Poisson
Y	: Berat isi
Y <sub>sat</sub>	: Berat isi saturasi



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Spesifikasi Profil Saluran Keluar Regulator Gas.....	2-3
<b>Gambar 2.2</b> Kurva Tegangan-Regangan Uji Triaxial dan Hubungan $E_0$ , $E_{50}$ , dan $E_{ur}$ dengan Uji Triaxial .....	2-6
<b>Gambar 3.1</b> <i>Project Properties – Tab Project</i> .....	3-1
<b>Gambar 3.2</b> <i>Project Properties – Tab Model</i> .....	3-2
<b>Gambar 3.3</b> <i>Soil Layers Borehole</i> .....	3-3
<b>Gambar 3.4</b> <i>Material Sets Analisis Balik</i> .....	3-3
<b>Gambar 3.5</b> <i>Material Sets Soft Clay Analisis Balik</i> .....	3-4
<b>Gambar 3.6</b> Grafik Variasi Sudut Geser Dalam dengan Indeks Plastisitas (Sorensen dan Okkels, 2013) .....	3-5
<b>Gambar 3.7</b> <i>Material Spun Pile</i> .....	3-6
<b>Gambar 3.8</b> Hasil Diskretisasi .....	3-7
<b>Gambar 3.9</b> Titik Nodal yang digunakan .....	3-8
<b>Gambar 3.10</b> Tahapan SLT yang digunakan pada Analisis Balik.....	3-9
<b>Gambar 3.11</b> <i>Initial Phase Staged Construction</i> .....	3-9
<b>Gambar 3.12</b> <i>Construction Phase Staged Construction</i> .....	3-10
<b>Gambar 3.13</b> Fase Pembebanan <i>Staged Construction</i> .....	3-10
<b>Gambar 3.14</b> <i>Settlement Curve</i> Hasil Analisis Balik.....	3-11
<b>Gambar 3.15</b> Perbandingan <i>Settlement Curve</i> (Analisis Balik Garis Putus-Putus) .....	3-11
<b>Gambar 3.16</b> Sketsa Desain Taper .....	3-13
<b>Gambar 3.17</b> Variasi <i>Taper</i> 9 Derajat .....	3-15
<b>Gambar 4.1</b> Data Uji N-SPT .....	4-1
<b>Gambar 4.2</b> Interpretasi Daya Dukung Tekan Tiang Konvensional menggunakan Metode Mazurkiewicz.....	4-4
<b>Gambar 4.3</b> Interpretasi Daya Dukung Tekan Tiang Konvensional menggunakan Metode Davisson.....	4-4
<b>Gambar 4.4</b> Interpretasi Daya Dukung Tekan Tiang Pancang <i>Multi-Tapered</i> PT13-3 menggunakan Metode Mazurkiewicz .....	4-5
<b>Gambar 4.5</b> Interpretasi Daya Dukung Tekan Tiang Pancang <i>Multi-Tapered</i> PT13-3 menggunakan Metode Davisson .....	4-5

<b>Gambar 4.6</b> Perbandingan $Q_u$ Tekan dengan $L_{tap}$ dengan Metode Mazurkiewicz .....	4-7
<b>Gambar 4.7</b> Perbandingan $Q_u$ Tekan dengan $L_{tap}$ dengan Metode Davisson ....	4-7
<b>Gambar 4.8</b> Interpretasi Daya Dukung Aksial Tarik Tiang Pancang Konvensional menggunakan Metode Mazurkiewicz.....	4-8
<b>Gambar 4.9</b> Interpretasi Daya Dukung Aksial Tarik Tiang Pancang Konvensional menggunakan Metode Davisson.....	4-9
<b>Gambar 4.10</b> Interpretasi Daya Dukung Aksial Tarik Tiang Pancang Multi-Tapered PT5-3 menggunakan Metode Mazurkiewicz.....	4-9
<b>Gambar 4.11</b> Interpretasi Daya Dukung Aksial Tarik Tiang Pancang Multi-Tapered PT5-3 menggunakan Metode Davisson.....	4-10
<b>Gambar 4.12</b> Perbanding $Q_u$ Tarik dengan $L_{tap}$ .....	4-11
<b>Gambar 4.13</b> Perbanding $Q_u$ Tarik dengan $L_{tap}$ .....	4-12

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Tabel Spesifikasi Ukuran Saluran Keluar Regulator Gas .....	2-3
<b>Tabel 3.1</b> Tabel $R_{inter}$ (Brinkgreve dan Shen, 2011) .....	3-6
<b>Tabel 3.2</b> Tabel Variasi Taper yang Dianalisis .....	3-14
<b>Tabel 4.1</b> Parameter Tanah.....	4-2
<b>Tabel 4.2</b> Parameter Kekakuan Tanah.....	4-2
<b>Tabel 4.3</b> Parameter Tiang .....	4-2
<b>Tabel 4.4</b> Tabel Beban SLT .....	4-3
<b>Tabel 4.5</b> Rekapitulasi $Q_u$ Tekan Hasil Interpretasi menggunakan Metode Mazurkiewicz.....	4-6
<b>Tabel 4.6</b> Rekapitulasi $Q_u$ Tekan Hasil Interpretasi menggunakan Metode Davisson .....	4-6
<b>Tabel 4.7</b> Rekapitulasi $Q_u$ Tarik Hasil Interpretasi Metode Mazurkiewicz .....	4-10
<b>Tabel 4.8</b> Rekapitulasi $Q_u$ Tarik Hasil Interpretasi Metode Davisson .....	4-11







## DAFTAR LAMPIRAN

<b>LAMPIRAN 1 INTERPRETASI DAYA DUKUNG ULTIMIT METODE MAZURKIEWICZ .....</b>	<b>L1</b>
<b>LAMPIRAN 2 INTERPRETASI DAYA DUKUNG ULTIMIT METODE DAVISSON .....</b>	<b>L10</b>
<b>LAMPIRAN 3 DATA BORING LOG .....</b>	<b>L23</b>
<b>LAMPIRAN 4 DATA UJI LABORATORIUM .....</b>	<b>L24</b>
<b>LAMPIRAN 5 DATA STATIC LOADING TEST (SLT) .....</b>	<b>L50</b>





# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam konstruksi beberapa jenis bangunan diperlukan fondasi yang mampu menahan gaya tarik yang besar. Pada masa sekarang solusi yang digunakan untuk menahan gaya tarik yang besar tersebut adalah dengan menggunakan fondasi yang berukuran lebih besar dibandingkan ukuran tiang pada umumnya. Peningkatan dari ukuran fondasi tersebut bertujuan agar mampu menahan gaya tarik yang diakibatkan oleh bangunan tersebut. Dalam meningkatkan ukuran dari fondasi mengakibatkan proses pembuatan fondasi tersebut membutuhkan waktu yang lebih lama. Pada contoh studi kasus yang digunakan menggunakan data fondasi tiang pancang yang digunakan untuk proyek LRT yang berada di Palembang.

Untuk mengatasi keterbatasan dari metode konvensional yang digunakan pada masa kini salah satu cara yang dapat dicoba untuk dimodelkan adalah dengan merubah bentuk dari fondasi tiang agar mampu menahan gaya tarik yang lebih besar. Dengan mengubah bentuk dari fondasi tiang diharapkan dapat ditemukan suatu desain yang dapat menahan gaya tarik yang lebih besar dibandingkan dengan fondasi tiang polos agar dapat dijadikan sebagai alternatif dari fondasi konvensional yang sudah ada sekarang.

Profil yang akan diteliti pada skripsi ini adalah profil *multi-tapered* yang terinspirasi dari bentuk saluran keluar pada regulator gas. Profil tersebut digunakan dengan tujuan meningkatkan khususnya daya dukung aksial tarik pada fondasi tiang pancang sehingga dapat menjadi alternatif dari fondasi tiang konvensional. Selain itu juga perlu diperhatikan apakah akan terjadi perubahan pada daya dukung aksial tekan pada tiang pancang dengan profil *multi-tapered* tersebut.

## 1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah beberapa jenis bangunan memerlukan fondasi yang mampu menahan gaya tarik yang besar dan dengan meningkatkan panjang dari fondasi tersebut atau memperbesar ukurannya dinilai kurang efektif dari segi teknis.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian skripsi ini adalah melakukan :

1. Analisis balik tiang konvensional dengan model konstitutif *Hardening Soil*.
2. Pemodelan numerik fondasi *multi-tapered* dengan menggunakan variasi yang telah ditentukan.
3. Analisis perbandingan kapasitas daya dukung aksial tarik dan tekan tiang pancang *multi-tapered* dengan tiang pancang konvensional.

## 1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian skripsi ini adalah :

1. Data sekunder yang berupa data parameter tanah dan data hasil uji SPT, hasil uji pembebanan fondasi tiang pancang pada tanah lempung yang beracuan pada Andrisha (2017).
2. *Input Parameter* material struktur dengan model *Linear Elastic* dan pemodelan parameter tanah dilakukan dengan model konstitutif *Hardening Soil*.
3. Pemodelan stratifikasi tanah dilakukan beracuan pada stratifikasi tanah studi kasus.
4. Variasi sudut *taper* yang disimulasikan adalah dengan sudut 5°, 9°, dan 13° serta setiap *taper* yang disimulasikan memiliki panjang yang seragam yaitu 0,5 m.
5. Variasi panjang tiang yang memiliki *taper* adalah dengan 1/3L, 1/2L, dan 2/3L dimana L adalah panjang dari tiang.

6. Analisis menggunakan bantuan program berbasis metode elemen hingga (*finite element*) 2D, PLAXIS 2D.
7. Interpretasi daya dukung tiang dilakukan menggunakan Metode Mazurkiewicz dan Metode Davisson.

## 1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penilitan skripsi ini adalah :

### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai jenis sumber seperti jurnal, buku teks, disertasi, maupun skripsi yang relevan dengan topik dan konsep dasar yang diperlukan untuk melakukan penelitian.

### 2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa hasil uji pembebanan yang dilakukan pada tiang pancang polos yang didapatkan dengan menggunakan data pada Andrisha (2017).

### 3. Analisis dan Pemodelan

Data yang didapatkan kemudian digunakan untuk pemodelan menggunakan PLAXIS 2D. Hasil daya dukung aksial serta hasil analisis pemodelan uji pembebanan kemudian dibandingkan dengan data sekunder yang telah didapatkan.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dari skripsi ini terdiri dari :

### BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang, tujuan, pembatasan masalah, metode penelitian, serta sistematika penelitian, dan juga diagram alir penelitian.

### BAB 2 STUDI LITERATUR

Bab ini berisikan konsep-konsep dasar yang digunakan dalam penilitian ini.

### BAB 3 METODOLOGI ANALISIS

Bab ini berisikan metodologi analisis yang digunakan dalam menentukan daya dukung aksial dari *multi-tapered driven pile* dengan menggunakan metode elemen hingga.

#### BAB 4 DATA DAN ANALISIS

Bab ini berisikan hasil dari pengolahan data dan analisis dari hasil penggunaan perangkat lunak metode elemen hingga 2D.

#### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan serta saran-saran yang dapat dilakukan pada penelitian selanjutnya.



## 1.7 Diagram Alir Penelitian





