

SKRIPSI

**ANALISIS KGM BERDASARKAN PEMILIHAN TITIK
NETRAL (*NEGATIVE SKIN FRICTION*) STUDI KASUS
METODE PERBAIKAN TANAH KGM JALAN TOL
PEMALANG–BATANG**



**AKBAR FADILLAH
NPM : 2014410066**

PEMBIMBING : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI
2019**

SKRIPSI

**ANALISIS KGM BERDASARKAN PEMILIHAN TITIK
NETRAL (*NEGATIVE SKIN FRICTION*) STUDI KASUS
METODE PERBAIKAN TANAH KGM JALAN TOL
PEMALANG–BATANG**



**AKBAR FADILLAH
NPM: 2014410066**

PEMBIMBING : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI
2019**

SKRIPSI

**ANALISIS KGM BERDASARKAN PEMILIHAN TITIK
NETRAL (*NEGATIVE SKIN FRICTION*) STUDI KASUS
METODE PERBAIKAN TANAH KGM JALAN TOL
PEMALANG - BATANG**



Akbar Fadillah
2014410066

BANDUNG, 24 JUNI 2019

PEMBIMBING:

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Rinda", written over a light blue horizontal line.

Dr. Rinda Karlinasari, Ir., M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN FAKULTAS
TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)

**BANDUNG
JUNI 2019**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Akbar Fadillah

NPM : 2014410066

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: Analisis KGM Berdasarkan Pemilihan Titik Netral (*Negative Skin Friction*) Studi Kasus Metode Perbaikan Tanah KGM Jalan Tol Pemalang–Batang adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika dikemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 10 Juli 2019



Akbar Fadillah

2014410066

**ANALISIS KGM BERDASARKAN PEMILIHAN TITIK NETRAL
(NEGATIVE SKIN FRICTION) STUDI KASUS METODE PERBAIKAN
TANAH KGM JALAN TOL PEMALANG–BATANG**

**Akbar Fadillah
NPM : 2014410066**

Pembimbing : Dr.Ir. Rinda Karlinasari, M.T.

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNI
2019**

ABSTRAK

Jalan Tol Pematang-Batang dibangun di atas tanah lempung yang dalam. Metode perkuatan atau perbaikan tanah yang dipakai pada konstruksi pondasi tanah ini adalah *Kolom Grout Modular*. KGM (*Kolom Grout Modular*) merupakan metode yang menggunakan *Auger* khusus dengan mengebor ke dalam tanah, mendesak tanah ke sekeliling lubang hasil bor hingga sebelum lapisan tanah kuat. Saat *auger* diangkat, bersamaan dengannya diinjeksi semen ke dalam lubang tersebut untuk membentuk suatu kolom tanpa membuat tanah bercampur dengan semen tersebut. Proses tersebut dilakukan berulang untuk membuat lebih banyak kolom di dalam tanah.

Kata kunci: *Kolom Grout Modular*, *Negative Skin Friction*, tanah lempung, Tiang Pancang

**KGM ANALYSIS BASED ON SELECTION OF NEGATIVE SKIN
FRICTION CASE STUDY KGM SOIL IMPROVEMENT METHOD
PEMALANG–BATANG TOLL ROAD**

**Akbar Fadillah
NPM: 20144100**

Advisor : Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JUNE
2019**

ABSTRACT

Pemalang-Batang Toll Road are built on deep clay soil. The method of strengthening or repairing the soil used in the construction of this soil foundation is the Modular Grout Column. KGM (Modular Grout Column) is a method that uses a special *Auger* by drilling into the ground, pressing the soil around the drill hole until the soil layer is strong. When the *auger* is removed, cement is injected together into the hole to form a column without making the soil mix with the cement. The process is repeated to make more columns in the soil

Keywords: Modular Grout Column, Negative Skin Friction, Clay, Pancang Pole

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas dukungan dan harapan-Nya karya tulis ilmiah berjudul Analisis KGM Berdasarkan Pemilihan Titik Netral (*Negative Skin Friction*) Studi Kasus Metode Perbaikan Tanah KGM Jalan Tol Pemalang–Batang dapat terselesaikan. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat S-1 (Sarjana) di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam proses penyusunan karya tulis ilmiah ini penulis melalui berbagai kesulitan dan hambatan. Namun, karena penulis mendapatkan berbagai macam bantuan dari segi teori, praktik maupun moraldengan segala upaya demi terselesaikannya penelitian ini. Penulis sangat berterima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Rinda Karlinasari, M.T. selaku pembimbing yang memberi banyak ilmu dan arahan kepada penulis agar penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
2. Bapak Budijanto Widjaja Ph.D., bapak Aswin Lim, Ir., M.T. selaku dosen KBI Geoteknik yang telah memberikan banyak saran dan kritik kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan lebih baik.
3. Mas Rifky sebagai staff Ibu pembimbing yang banyak membantu dalam pengenalan praktik analisis, yang meluangkan waktunya untuk mengajari penulis dari nol.
4. Keluarga saya tercinta, Ibu, Ayah dan Adik yang tidak pernah lelah dan ikhlas memberikan semangat dan motivasi.
5. Yasmin Nur Fairuz yang selalu menemani dan memberi *support* dalam bentuk apapun sehingga penulis dapat mempertahankan semangat dalam menyelesaikan skripsi.
6. Para senior teknik sipil Unpar, Teh Nisa, kak Citbul, Sinta, Kemal, Elfan yang tidak lelah diganggu dan dimintai pendapat dalam penelitian dari segi teori maupun praktik.

7. Teman-teman seperjuangan Kons dan MAHITALA yang masih menempuh kuliah maupun yang sudah dalam dunia kerja untuk selalu menjadi teman semasa kuliah hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari banyaknya kekurangan dalam penelitian ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritik untuk keberlanjutan penelitian ini dan berkembangnya kemampuan penulis untuk menyelesaikan penelitian-penelitian berikutnya.

Bandung, 24 Juni 2019



Akbar Fadillah

2014410066

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian	1-2
1.4 Pembatasan Masalah	1-2
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penulisan	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-4
BAB 2 STUDI PUSTAKA	2-1
2.1 Kolom Grout Modular	2-1
2.2 Tanah Lunak	2-3
2.3 Sifat Fisis	2-4
2.3.1 Berat Isi (γ)	2-4
2.3.2 Koefisien Permeabilitas (k)	2-5
2.3.3 Void ratio (e)	2-6
2.3.4 Plastisitas	2-6
2.4 Sifat Kimia	2-7
2.5 Sifat Mekanis	2-8
2.5.1 Kuat Geser Tak Terdrainase (S_u)	2-8
2.5.2 Sudut Geser (ϕ)	2-9
2.6 Pondasi Tiang Pancang	2-10
2.7 Negative Skin Friction	2-11

2.7.1 Distribusi Beban pada Tiang dan Titik Netral	2-12
2.7.2 Penurunan pada Tiang dan Tanah	2-13
2.7.3 Metode Beta (β).....	2-14
BAB 3 METODE PENELITIAN	3-1
3.1 Metode Elemen Hingga	3-1
3.2 Program Software PLAXIS Versi 8.6.....	3-3
3.2.1 Pemodelan Axisymmetry.....	3-3
3.2.2 Pemodelan Plane Strain	3-4
3.3 Teknik Pengolahan Data	3-5
3.3.1 Input Data	3-6
3.4 Output Program Plaxis	3-8
BAB 4 ANALISIS DATA	4-1
4.1 Parameter Tanah Area, Propertis Tiang, dan Pembebanan.....	4-1
4.2 Parameter Tanah Timbunan, LTP ,KGM ,Geotextile dan Pembebanan.....	4-1
4.3 Input Plaxis.....	4-3
4.4 <i>Settlement vs Time</i>	4-25
4.5 Penentuan Titik Netral Berdasarkan Settlement.....	4-26
4.6 Negative Skin Friction	4-29
4.7 Faktor Keamanan.....	4-29
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	5-1
5.1 Kesimpulan.....	5-1
5.2 Saran	5-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN 1 ANALISIS DATA 1

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

MC	: Mohr Coloumb
NSF	: Negative Skin Friction
ML	: lanau anorganik dengan plastisitas rendah
MH	: lanau anorganik dengan plastisitas tinggi
NR	: factor koreksi jika gelinciran penuh tidak terjadi
NT	: factor koreksi jika pengaruh instalasi tiang yang tertunda
OH	: lempung organik dengan plastisitas tinggi
OL	: lanau organik dengan plastisitas rendah
c'	: kohesi
σ'	: tegangan vertikal efektif
θ'	: sudut geser efektif
$\theta'a$: sudut geser efektif yang terjadi antara tiang dan tanah
qc	: tahanan ujung sondir
σ_{vo}	: tegangan total tanah
σ_r	: tegangan radial
σ_z	: tegangan arah z
σ_θ	: tegangan arah circum ferential

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Distribusi Tanah Lunak (Panduan Geoteknik 4, 2002).....	1-1
Gambar 1.2	Diagram Alir Penelitian.....	1-4
Gambar 2.1	Profil Penurunan Tanah dan Distribusi Beban Pada KGM (Plomteux & Lazacedieu, 2007)	2-2
Gambar 2. 2	Profil Penurunan Tanah dan Distribusi Beban Pada KGM (Plomteux Lazacedieu, 2007)	2-2
Gambar 2.3	<i>Casagrande's Plasticity Chart</i> (Das, 2006)	2-7
Gambar 2.4	Ilustrasi Struktural pada Mineral Kaolinite (a), Illite (b),	2-7
Gambar 2.5	Grafik Hubungan N_{spt} terhadap S_u (After Terzaghi & Peck, 1967 dan Sowers, 1979)	2-9
Gambar 2.6	Grafik Hubungan N_{spt} terhadap sudut geser.....	2-10
Gambar 2.7	Ilustrasi dari (a) Titik Netral, (b) Hubungan antara Beban dan DayaDukung (Siegel et al, 2014).....	2-13
Gambar 2.8	Ilustrasi Settlement pada Tiang dan Tanah (Siegel et al, 2014) .	2-13
Gambar 3.1	Ilustrasi Pemodelan dengan Plane Strain (PLAXIS V8 Reference Manual, 2002)	3-4
Gambar 3.2	Titik Nodal dan Titik Tegangan.....	3-6
Gambar 4.1	<i>General Settings</i>	4-3
Gambar 4.2	Tahapan Permodelan Awal.....	4-4
Gambar 4.3	Boundary condition.....	4-5
Gambar 4.4	Generate mesh.....	4-5
Gambar 4.5	Kondisi air tanah	4-6
Gambar 4.6	Initial Stressand Geometry Configuration.....	4-6
Gambar 4.7	Tahapan Konstruksi Metode <i>Axisymmetry</i>	4-7
Gambar 4.8	<i>Initial Phase</i>	4-7
Gambar 4.9	Galian Pile Cap	4-8
Gambar 4.10	Install Tiang Pancang	4-8
Gambar 4.11	<i>Install Pile Cap</i>	4-9
Gambar 4.12	Pemasangan Beban.....	4-9
Gambar 4.13	Konsolidasi 1 Tahun	4-10
Gambar 4.14	Konsolidasi 2 Tahun.....	4-10

Gambar 4.15	Konsolidasi 5 Tahun.....	4-10
Gambar 4.16	Konsolidasi 10 Tahun.....	4-11
Gambar 4.17	Pemindaian dengan Titik Tinjau	4-11
Gambar 4.18	<i>General Settings</i>	4-12
Gambar 4.19	Pemodelan awal	4-13
Gambar 4.20	<i>Input Soil & Interfaces</i>	4-13
Gambar 4.21	Input KGM Data	4-13
Gambar 4.22	Input <i>Geotextile</i>	4-14
Gambar 4.23	<i>Generate mesh</i>	4-14
Gambar 4.24	Kondisi air tanah	4-15
Gambar 4.25	Initial Stress and Geometry Configuration	4-16
Gambar 4.26	Tahapan Konstruksi Plane Strain	4-17
Gambar 4.27	<i>Initial Phase</i>	4-17
Gambar 4.28	Pemasangan LTP.....	4-18
Gambar 4.29	Input Timbunan 1	4-19
Gambar 4.30	Input Timbunan 2	4-20
Gambar 4.31	Input Timbunan 3	4-21
Gambar 4.32	Input Beban Lalu Lintas	4-21
Gambar 4.33	Input Konsolidasi 1 tahun.....	4-22
Gambar 4.34	Input Konsolidasi 10 Tahun.....	4-22
Gambar 4.35	Input Faktor Keamanan Pada Timbunan 3	4-23
Gambar 4.36	Input Faktor Keamanan Setelah Konsolidasi 1 tahun	4-23
Gambar 4.37	Input Faktor Keamanan Setelah Konsolidasi 10 tahun	4-24
Gambar 4.38	Pemindaian dengan titik tinjau.....	4-24
Gambar 4.39	<i>Grafik Settlement vs Time Axisymmetry</i>	4-25
Gambar 4.40	<i>Grafik Settlement vs Time Plane Strain</i>	4-25
Gambar 4.41	Kondisi Konsolidasi 1 Tahun Kondisi Konsolidasi 10 Tahun.....	4-28
Gambar 4.43	Bidang gelincir akibat timbunan ujung	4-30
Gambar 4.44	Besar Faktor Keamanan akibat Timbunan ujung.....	4-30
Gambar 4.45	Bidang gelincir akibat konsolidasi 1 tahun.....	4-30
Gambar 4.46	Besar Faktor Keamanan akibat Konsolidasi 1 Tahun	4-31

Gambar 4.47 Bidang gelincir akibat konsolidasi 10 tahun.....	4-31
Gambar 4.48 Besar Faktor Keamanan akibat Konsolidasi 10 Tahun	4-31

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi Kepadatan Tanah Lempung berdasarkan Nilai N-SPT dan Qu (Terzaghi & Peck, 1967).....	2-3
Tabel 2.2	Klasifikasi Berat isi Tanah (Das, 2006).....	2-4
Tabel 2.3	Berat Isi Tanah Berdasarkan Kepadatan (ASCE, 1996).....	2-5
Tabel 2.4	Nilai Koefisien Permeabilitas (Das, 1983)	2-5
Tabel 2.5	<i>Void Ratio, Moisture Content, dan Dry Unit Weight</i> pada Beberapa Tipikal Tanah (Das, 2006).....	2-6
Tabel 2.6	Nilai berdasarkan Jenis Tanah (Manual Pondasi Tiang Edisi 5, 2017)	2-14
Tabel 4.1	Tabel Parameter Tanah	4-1
Tabel 4.2	Tabel data KGM	4-2
Tabel 4.3	Tabel Parameter Tanah Timbunan dan LTP	4-2
Tabel 4.4	Tabel data Geotextile	4-3
Tabel 4.5	Tabel Pembebanan 1	4-3
Tabel 4.6	Kondisi Konsolidasi 1 Tahun	
	Tabel 4.7 Kondisi Konsolidasi 2 Tahun	4-26
Tabel 4.8	Kondisi Konsolidasi 5 Tahun	
	Tabel 4.9 Kondisi Konsolidasi 10 Tahun	4-27
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan Konvensional dengan metode Beta.....	4-29

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Analisis Data <i>Axissymetry</i> dan <i>Plane Strain</i>	L-1
Lampiran 2 Analisis Data <i>Negative Skin Friction</i>	L-2

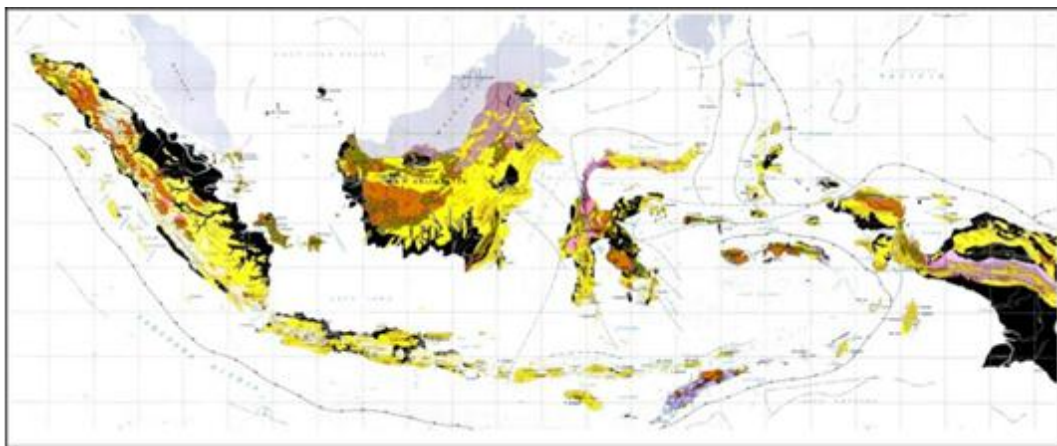
BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Pulau Jawa merupakan pulau terpadat di Negara Indonesia dengan persebaran penduduk yang padat, Ibu kota negara pun terletak diatas pulau ini sehingga membuat pulau ini memiliki pertumbuhan di sektor ekonomi yang tinggi. Untuk mendukung hal ini pemerintah Indonesia berupaya meningkatkan mobilitas antar daerah (provinsi, kota) dengan cara membangun infrastruktur jalan yang berguna untuk mempermudah kegiatan perekonomian.

Salah satu infrastruktur yang dibangun adalah Tol Trans Jawa yang diharapkan sebagai alternatif pengurangan masalah transportasi, pemerataan pembangunan maupun sarana untuk terjadinya *multiplier effect* pertumbuhan perekonomian. Hal itu mendasari pengembangan Jalan Tol Pemalang-Batang sepanjang 39,2 km sebagai bagian dari jaringan Tol Trans Jawa. Jalan Tol Pemalang - Batang tersebut memiliki lapisan tanah lunak yang sangat dalam dan sangat kompresibel.



Gambar 1.1 Distribusi Tanah Lunak (Panduan Geoteknik 4, 2002)

Pada metode KGM (*Kolom Grout Modular*) yaitu metode perkuatan tanah menggunakan bahan air dan semen. Prinsip awal dari metode KGM adalah

memasukkan material campuran ke dalam tanah berbentuk kolom. Proses pemasangan KGM menggunakan mata bor *auger* yang dirancang khusus agar menghasilkan kolom *displacement*, dimana ketika *auger* dimasukkan ke dalam tanah, maka tanah akan termampatkan ke arah samping akibat dari desakan *auger*, sehingga terbentuk lubang seukuran dengan diameter *auger*. Ketika *auger* diangkat, secara langsung material semen dan air mengisi rongga yang kosong akibat pengeboran. Penggunaan pondasi tiang digunakan sebagai alternatif pembangunan jalan tol. Namun, perlu diperhatikan mengenai permasalahan dalam perencanaan dan pelaksanaan pondasi tiang yang sering mengakibatkan kegagalan pondasi tiang pada lapisan tanah lunak. Jika tanah lunak tersebut cukup dalam dan diperkirakan mengalami penurunan yang cukup besar akibat terjadinya konsolidasi, maka tiang akan mengalami seretan ke arah bawah yang bekerja pada selimut tiang atau disebut dengan *Negative Skin Friction* (NSF).

Negative skin friction mengakibatkan adanya beban tambahan pada tiang. Kegagalan konstruksi yang sering ditemui akibat tidak dipertimbangkannya pengaruh dari *negative skin friction* salah satunya adalah terlepasnya pondasi dari *pile cap*. Sehingga, perhitungan *negative skin friction* perlu dipertimbangan dalam desain pondasi tiang.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penulisan penelitian ini adalah:

1. Analisa perbaikan tanah dengan metode KGM (*Kolom Grout Modular*) pada jalan tol Pemalang–Batang.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari titik netral pada pondasi.
2. Mempelajari cara kerja perbaikan tanah dengan metode KGM menggunakan metode elemen hingga.

1.4 Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Lingkup penelitian adalah jalan tol Pemalang–Batang.
2. Analisis berdasarkan data sekunder.
3. Analisis *single pile* menggunakan program Plaxis 2D 8.6 *axisymmetry*.
4. Analisis pondasi tiang menggunakan Kolom Grout Modular dengan PLAXIS metode *Plane Strain*.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan dalam penulisan penelitian ini adalah:

1. Studi Pustaka
Studi pustaka berupa mempelajari jurnal, buku, tesis, dan diktat kuliah yang berhubungan dengan metode *Kolom Grout Modular* dan tanah lunak.
2. Pengumpulan Data
Pengumpulan data sekunder dari uji sondir dan *bore log*.
3. Pengolahan Data dan Analisis
Metode ini berupa pengolahan data dan analisis mengenai perilaku pada tiang dengan metode KGM untuk menentukan titik netral serta menganalisis kesuaian komponen pada proses perbaikan tanah dengan metode tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tesis ini akan dipaparkan secara garis besar sebanyak lima bagian.

Lima bagian tersebut yaitu:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan mengenai metodologi yang digunakan sebagai referensi penulisan skripsi. Referensi berupa bahasan mengenai pondasi tiang, tanah lunak, dan metode KGM.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai langkah-langkah pengerjaan dengan analisa *software* metode elemen hingga.

BAB 4 ANALISIS DATA

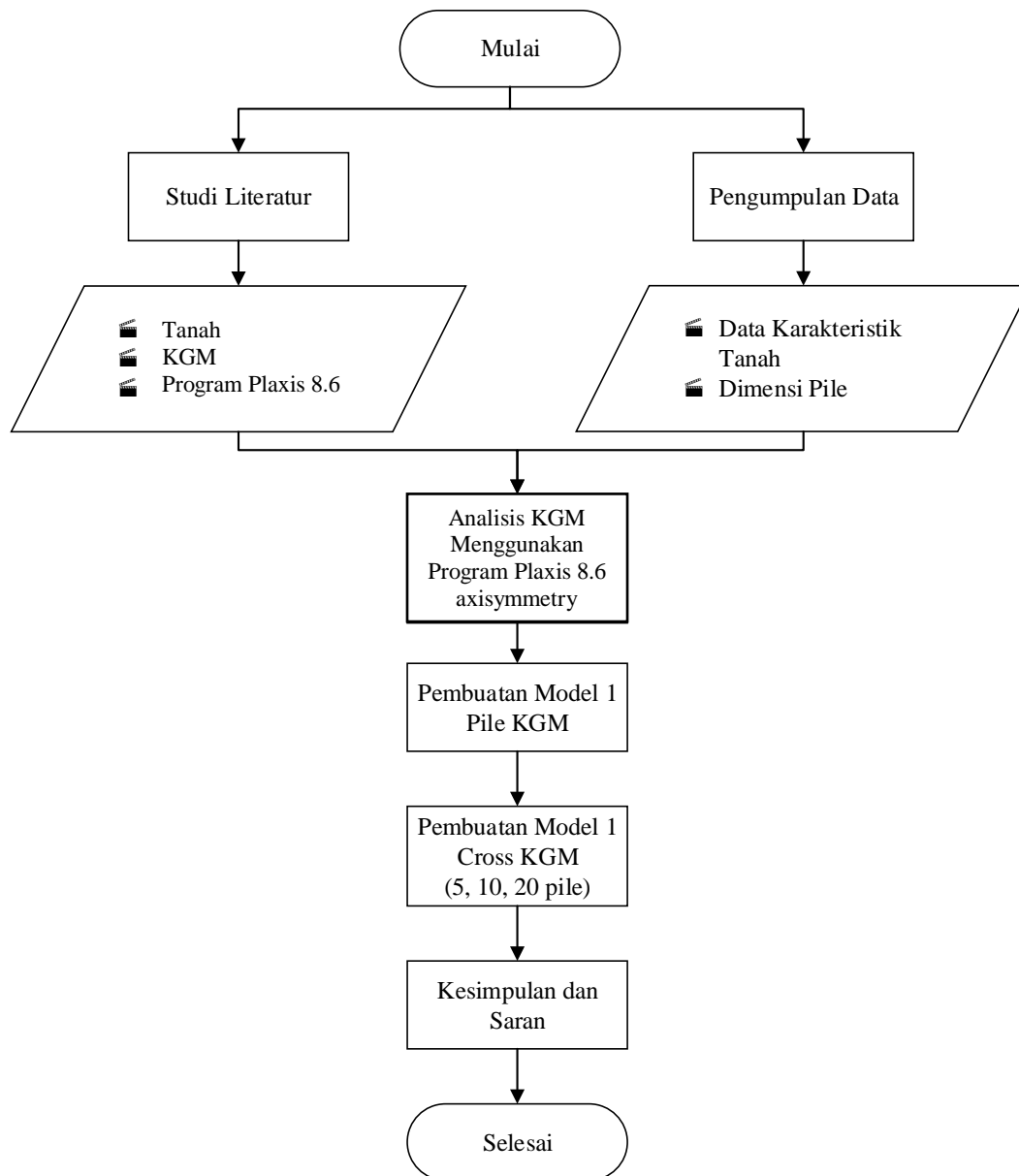
Pada bab ini akan menyajikan data dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

BAB 5 SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan diuraikan mengenai kesimpulan dan saran dari hasil analisa yang dilakukan.

1.7 Diagram Alir Penelitian

Untuk menunjukkan proses penelitian yang akan dilakukan dalam penyelesaian karya tulis ilmiah ini maka dibuatlah diagram alir penelitian. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1.2**.



Gambar 1.2 Diagram Alir Penelitian