

SKRIPSI

**STUDI NUMERIK PENGARUH SPASI DAN JUMLAH
HELIX TERHADAP MEKANISME KEGAGALAN
DAN *LOAD TRANSFER* FONDASI TIANG *HELIX*
PADA KONDISI BEBAN TARIK DAN TEKAN**



**ANDRIAN PUTRA ARIFIN
NPM : 6101901069**

PEMBIMBING: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

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
JULI 2023**

SKRIPSI

**STUDI NUMERIK PENGARUH SPASI DAN JUMLAH
HELIX TERHADAP MEKANISME KEGAGALAN
DAN *LOAD TRANSFER* FONDASI TIANG *HELIX*
PADA KONDISI BEBAN TARIK DAN TEKAN**



**ANDRIAN PUTRA ARIFIN
NPM : 6101901069**

BANDUNG, JULI 2023

PEMBIMBING:

KO-PEMBIMBING:

Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.

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
JULI 2023**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Andrian Putra Arifin
Tempat, tanggal lahir : Tangerang, 24 Oktober 2001
NPM : 6101901069
Program Studi : Teknik Sipil
Judul skripsi : **STUDI NUMERIK PENGARUH SPASI DAN JUMLAH *HELIX* TERHADAP MEKANISME KEGAGALAN DAN *LOAD TRANSFER* FONDASI TIANG *HELIX* PADA KONDISI BEBAN TARIK DAN TEKAN**

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 tindakan melanggar hak cipta dan yang disebut plagiat merupakan pelanggaran akademik yang sanksinya dapat berupa peniadaan pengakuan atas karya ilmiah ini dan kehilangan hak kesarjanaaan.

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, 18 Juli 2023



Andrian Putra Arifin

**STUDI NUMERIK PENGARUH SPASI DAN JUMLAH *HELIX*
TERHADAP MEKANISME KEGAGALAN DAN *LOAD*
TRANSFER FONDASI TIANG *HELIX* PADA KONDISI BEBAN
TARIK DAN TEKAN**

Andrian Putra Arifin
NPM: 6101901069

PEMBIMBING: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.
KO-PEMBIMBING: 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
JULI 2023

ABSTRAK

Fondasi tiang *helix* adalah modifikasi dari fondasi tiang konvensional dengan diberikannya ulir atau *helix* dengan tujuan meningkatkan daya dukung. Fondasi tiang *helix* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan fondasi tiang konvensional, salah satunya yaitu instalasi yang tidak memerlukan alat berat. Penelitian ini menganalisis pengaruh spasi antar *helix* serta jumlah *helix* terhadap mekanisme kegagalan daya dukung *ultimate* dan mekanisme *load transfer* serta persentase beban yang ditopang oleh *helix* pada fondasi tiang *helix* di bawah pengaruh beban tekan dan tarik. Penelitian dilakukan secara numerik dengan metode elemen hingga 2 dimensi dengan bantuan *software* PLAXIS 2D. Fondasi tiang *helix* yang dimodelkan memiliki rasio spasi antar *helix* 0,5Dh ; 1Dh ; 2Dh ; 3Dh ; 4Dh ; dan 5Dh di mana Dh merupakan diameter *helix*. Dilakukan juga variasi pada jumlah *helix* yaitu 2 dan 3 serta beban yang dimodelkan yaitu tekan dan tarik. Telah diajukan mekanisme kegagalan pada fondasi tiang *helix* adalah *cylindrical shear* dan *individual bearing*. Didapatkan hasil bahwa terjadinya transisi mekanisme kegagalan dari *cylindrical shear* ke *individual bearing* pada rasio spasi sebesar 2Dh pada kondisi pembebanan tekan dan rasio spasi 1Dh pada kondisi pembebanan tekan. Didapatkan juga bahwa persentase beban yang ditopang oleh *helix* pada fondasi tiang *helix* mengalami peningkatan apabila letak *helix* semakin di bawah. Kemudian semakin bertambahnya rasio pada spasi antar *helix* menyebabkan adanya kenaikan dari persentase beban yang ditopang oleh *helix* pada pembebanan tekan tapi menyebabkan penurunan persentase beban yang ditopang oleh *helix* pada pembebanan tarik.

Kata kunci: Fondasi tiang *helix*, spasi antar *helix*, jumlah *helix*, daya dukung *ultimate*, *load transfer*, persentase beban yang ditopang oleh *helix*

**NUMERICAL STUDY OF THE INFLUENCE OF THE
SPACING AND NUMBER OF HELICES OF HELICAL PILES
TOWARDS THE FAILURE MECHANISM AND LOAD
TRANSFER OF HELICAL PILES ON COMPRESSIVE AND
TENSILE LOADS**

**Andrian Putra Arifin
NPM: 6101901069**

**ADVISOR: Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T.
CO-ADVISOR: Ignatius Tommy Pratama, 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
JULY 2023**

ABSTRACT

Helical pile foundation is a modification of conventional pile foundations with helices with the intention of increasing to increase bearing capacity. Helical pile foundations have several advantages compared to that of conventional pile foundations, one of which is that the installation does not require heavy machinery. This research analyses the influence of spacing between helices towards the failure mechanism of ultimate pile capacity and load transfer mechanism and the load percentage that is supported by the helix in a helical pile foundation. This research is done using 2 dimension finite element method with the help of PLAXIS 2D software. The modelled helical pile foundations have between helices spacing ratio of 0,5Dh ; 1Dh ; 2Dh ; 3Dh ; 4Dh ; and 5Dh in which Dh represents the helices diameter. Variations were also carried out in the number of helices modelled which is 2 and 3 helices as well as the loading condition that consists of compression and tensile. It has been proposed that the helical pile foundation failure mechanisms are cylindrical shear and individual bearing. The results has shown that there is a transition of failure mechanisms in a helical pile foundation from cylindrical shear to individual bearing in the spacing ratio of 2Dh if the helical pile foundation is under compressive loads and spacing ratio of 1Dh if the helical pile foundation is under tensile loads. The results has also shown that the percentage of load supported by the helices in a helical pile foundations will increase as the placement of helices gets lower. The increasing of spacing ratio between helices causes an increase of percentage of load supported by the helices under compressive load but causes a decrease of percentage of load supported by the helices under tensile load.

Kata kunci: Helical pile foundation, spacing between helices, number of helices, ultimate pile capacity, load transfer, percentage of load supported by the helices

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat, kasih, dan rahmat-Nya hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Numerik Pengaruh Spasi dan Jumlah *Helix* terhadap Mekanisme Kegagalan dan *Load Transfer* Fondasi Tiang *Helix* pada Kondisi Beban Tarik dan Tekan” sebagai syarat kelulusan dan memperoleh gelar Sarjana dalam Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis bersyukur dan mengucapkan terima kasih atas semua bimbingan, kritik, saran, dukungan, serta bantuan dan doa yang telah diberikan ke penulis baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses pengerjaan skripsi ini. Secara khusus, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing atas segala bimbingan, bantuan, pengarahan, kritik, saran, ilmu dan waktu yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
2. Bapak Ir. Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S. selaku dosen ko-pembimbing atas segala bimbingan, bantuan, pengarahan, kritik, saran, ilmu dan waktu yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
3. Seluruh tim dosen dan asisten dosen KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan atas segala saran dan masukan serta ilmu yang telah diberikan selama proses pengerjaan skripsi.
4. Seluruh dosen dan tata usaha Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bekal ilmu dan bantuan dalam kegiatan administratif selama perkuliahan hingga pengerjaan skripsi ini.
5. Marcello Djunaidy S.T., M.T. atas ilmu, masukan, dan saran serta menjadi wadah diskusi untuk penulis dalam proses analisis skripsi.
6. dr. Sherly Mensana, Ibu Pratiwi Putri Arifin S.Par, dan dr. Mustika Putri Arifin selaku keluarga inti serta seluruh anggota keluarga besar yang telah

mendoakan dan memberi dukungan dalam segala bentuk kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.

7. Jhon Paul Terang Iman Hia atas kebersamaan sebagai teman satu pembimbing dari awal hingga akhir proses pembuatan skripsi.
8. I Made Bryan Andiko selaku teman seperjuangan analisis yang telah mendampingi selama melakukan analisis dan bimbingan skripsi.
9. Christina Yasinta, Melati Vanessa, dan Theresia Agustina selaku teman-teman seperjuangan skripsi yang telah memberikan semangat dalam proses penulisan skripsi.
10. Bryan Gilbert, Darryl Harshavardhana Rimbing, Filbert Kennard Putra Sutjiatma, Raden Aziz Akbar Maulana Prawira Winata, Ardinata Jeremy Kingstone Tambun, dan Kenny Caesar Ananta selaku teman-teman yang menemani serta memberikan semangat selama proses penulisan skripsi di Bandung.
11. Teman-teman angkatan 2019, kakak dan adik tingkat, serta pihak-pihak lainnya yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu penulis dalam proses penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dikarenakan adanya keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki oleh penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca.

Bandung, 20 Juli 2023



Andrian Putra Arifin

6101901069

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1	1-1
1.1 Latar Belakang	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
BAB 2	2-1
2.1 Tanah Pasir	2-1
2.2 Fondasi Tiang <i>Helix</i>	2-1
2.3 Daya Dukung Tekan Fondasi Tiang <i>Helix</i>	2-2
2.3.1 <i>Individual Bearing Method</i>	2-2
2.3.2 <i>Cylindrical Shear Method</i>	2-4
2.4 Daya Dukung Tekan Fondasi Tiang <i>Helix</i>	2-4
2.4.1 <i>Individual Bearing Method</i>	2-5

2.4.2	<i>Cylindrical Shear Method</i>	2-7
2.4.3	FHWA <i>Criteria</i> (Reese & O’Neill 1988)	2-7
2.5	<i>Loading Test</i>	2-8
2.6	Material Model Tanah.....	2-8
2.7	Metode Elemen Hingga.....	2-9
2.8	Penelitian Terpublikasi	2-10
2.8.1	Analisis Pengaruh Spasi dan Ukuran <i>Helix</i> terhadap Daya Dukung Tekan Aksial <i>Helical Pile</i> pada Tanah Pasir Menggunakan Metode Elemen Hingga	2-10
2.8.2	Analisis Daya Dukung <i>Helical Pile</i> Menggunakan Metode Elemen Hingga	2-10
2.8.3	Pengaruh Jumlah dan Diameter <i>Helix</i> terhadap Daya Dukung Fondasi <i>Helical Pile</i>	2-10
2.8.4	<i>Numerical Modeling of Single Helical Pile Behavior under Compressive Loading in Sand</i>	2-11
2.8.5	<i>Axial Testing and Numerical Modeling of Square Shaft Helical Piles under Compressive and Tensile Loading</i>	2-11
BAB 3	3-1
3.1	Langkah Pemodelan Menggunakan Program Plaxis 2D.....	3-1
3.1.1	Model <i>Axisymmetry</i>	3-1
3.1.2	<i>Input</i> Program Plaxis 2D.....	3-1
3.1.3	<i>Output</i> Program Plaxis 2D	3-9
BAB 4	4-1
4.1	Parameter Desain Fondasi Tiang <i>Helix</i>	4-1
4.2	Analisis Balik Penentuan Parameter Tanah	4-1
4.2.1	Penentuan Kepadatan Tanah Pasir dan Sudut Geser Dalam	4-1
4.2.2	Penentuan Parameter <i>Stiffness</i>	4-2

4.2.3	Penentuan Parameter Kuat Geser Tanah.....	4-3
4.2.4	Rekapitulasi <i>Input</i> Parameter Tanah Pada Program Plaxis 2D.....	4-3
4.3	Data Dimensi Fondasi Tiang <i>Helix</i>	4-3
4.4	Analisis Balik Fondasi Tiang <i>Helix</i> Di Lapangan Dengan Plaxis 2D	4-4
4.5	Hasil Analisis Balik Pemodelan Fondasi Tiang <i>Helix</i> Di Lapangan	4-5
4.6	Analisis Mekanisme Kegagalan Daya Dukung Tekan.....	4-5
4.6.1	Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Berdasarkan Perhitungan Plaxis 2D ..	4-6
4.6.2	Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Individual Bearing</i>	4-8
4.6.3	Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Cylindrical Shear</i>	4-9
4.6.4	Perbandingan Hasil Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Fondasi Tiang <i>Helix</i>	4-11
4.6.5	Tampilan Dan Interpretasi Hasil Berdasarkan γ_s dan τ_{rel}	4-12
4.7	Analisis Mekanisme Kegagalan Daya Dukung Tarik.....	4-14
4.7.1	Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Berdasarkan Perhitungan Plaxis 2D..	4-14
4.7.2	Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Individual Bearing</i>	4-16
4.7.3	Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Cylindrical Shear</i>	4-18
4.7.4	Perbandingan Hasil Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Fondasi Tiang <i>Helix</i>	4-19
4.7.5	Tampilan Dan Interpretasi Hasil Berdasarkan γ_s dan τ_{rel}	4-20
4.8	Analisis Mekanisme <i>Load Transfer</i>	4-22
4.8.1	Mekanisme <i>Load Transfer</i> Pada Pembebanan Tekan.....	4-23
4.8.2	Persen Beban Ditopang Oleh <i>Helix</i> Pada Pembebanan Tekan	4-23
4.8.3	Mekanisme <i>Load Transfer</i> Pada Pembebanan Tarik	4-25

4.8.4 Persen Beban Ditopang Oleh Helix Pada Pembebanan Tarik 4-25

BAB 5 5-1

5.1 Kesimpulan 5-1

5.2 Saran..... 5-1

DAFTAR PUSTAKA 6-1

LAMPIRAN.....L-1



DAFTAR NOTASI

Q_u	: <i>Ultimate Bearing Capacity</i> [kN]
$Q_{bearing,n}$: Daya dukung <i>helix</i> [kN]
Q_{shaft}	: Daya dukung selimut atau <i>shaft</i> [kN]
N_q	: Faktor kapasitas <i>bearing capacity</i>
$\sigma v'_n$: Tegangan vertikal efektif di <i>helix</i> [kN/m ²]
$\sigma v'_s$: Tegangan vertikal efektif di tengah <i>shaft</i> [kN/m ²]
K_s	: Koefisien tekanan tanah lateral
H	: Kedalaman fondasi tiang <i>helix</i> di bawah permukaan tanah [m]
H_1	: Kedalaman <i>helix</i> paling atas [m]
D_h	: Diameter <i>helix</i> [m]
d	: diameter selimut [m]
H_{eff}	: Panjang efektif selimut [m]
γ'	: Berat isi tanah efektif [kN/m ³]
ϕ'	: Sudut geser efektif tanah [°]
β	: Parameter desain perpindahan tiang di pasir
Q_{cs}	: Daya dukung <i>cylindrical shear</i> [kN]
H_3	: Kedalaman <i>helix</i> paling bawah [m]
$\sigma v'_c$: Tegangan vertikal efektif di tengah <i>cylinder</i> [kN/m ²]
$\sigma v'_3$: Tegangan vertikal efektif <i>helix</i> paling bawah [kN/m ²]
F_q^*	: Faktor <i>breakout</i>
K_u	: Koefisien tekanan tanah untuk <i>uplift</i>
h_s	: Ketebalan <i>shaft</i> [mm]
h_h	: Ketebalan <i>helix</i> [mm]
S	: Spasi antar <i>helix</i> [mm]
Q	: Beban rencana [kN]
γ_s	: <i>Deviatoric shear strain</i>
τ_{rel}	: <i>Relative shear strength</i>
γ_{unsat}	: Berat isi tanah <i>unsaturated</i> [kN/m ³]

γ_{sat}	: Berat isi tanah <i>saturated</i> [kN/m ³]
Ψ	: Sudut dilatansi [°]
R_{inter}	: <i>Interface strength reduction factor</i>
E'_s	: Modulus Young <i>design</i> [kN/m ²]
E_{50}^{ref}	: <i>Secant stiffness</i> dalam uji <i>drained</i> triaxial [kN/m ²]
E_{oed}^{ref}	: <i>Tangent stiffness</i> untuk pembebanan primer oedometer [kN/m ²]
E_{ur}^{ref}	: Kekakuan <i>unloading / reloading</i> [kN/m ²]
m	: Faktor <i>stress dependent stiffness</i>
K_0^{NC}	: K_0 untuk kondisi <i>normal consolidation</i>
σ'_3	: <i>Minor principal effective stress</i> [kN/m ²]
σ'_v	: Tegangan vertikal efektif di tengah lapis tanah [kN/m ²]
ϕ	: Sudut geser tanah [°]
p^{ref}	: Tegangan <i>reference</i> untuk kekakuan (100 kN/m ²) [kN/m ²]



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram alir penelitian	1-5
Gambar 2.1 (a) <i>Individual bearing capacity</i> (b) <i>Cylindrical shear capacity</i> (Tang C., & Phoon 2018)	2-2
Gambar 2.2 (a) <i>Individual bearing capacity</i> (b) <i>Cylindrical shear capacity</i> (Lutenegger 2009).....	2-5
Gambar 2.3 Parameter Koefisien F_q^* (HPS, 2010).....	2-6
Gambar 2.4 Perilaku Tanah Model <i>Hardening Soil</i> (Plaxis 2D Manual)	2-9
Gambar 3.1 Menu <i>Project Properties</i> Plaxis 2D.....	3-2
Gambar 3.2 <i>Boundary Conditions</i> (Bund. T, 2013)	3-3
Gambar 3.3 Tampilan utama <i>input</i> Plaxis 2D	3-3
Gambar 3.4 Tampilan <i>input</i> Material	3-4
Gambar 3.5 Tampilan <i>input</i> Geometri Lapisan Tanah.....	3-4
Gambar 3.6 Model <i>Helical Pile</i> 3Dh.....	3-6
Gambar 3.7 <i>Interface</i> di Sepanjang Fondasi Tiang <i>Helix</i>	3-7
Gambar 3.8 <i>Mesh</i> pada Model.....	3-7
Gambar 3.9 <i>Staged Construction</i>	3-9
Gambar 3.10 <i>Load vs Settlement Curve</i> Fondasi Tiang <i>Helix</i> 3Dh 2 <i>Helix</i>	3-10
Gambar 3.11 Deformasi Vertikal (U_y) untuk Fondasi Tiang <i>Helix</i> 3Dh 2 <i>Helix</i>	3-10
Gambar 3.12 <i>Load Transfer</i> Fondasi Tiang <i>Helix</i> ($S = 3Dh$ 2 <i>helix</i>).....	3-11
Gambar 4.1 Sketsa Konfigurasi Fondasi Tiang <i>Helix</i> $S = 3Dh$ (a) 2 <i>helix</i> (b) 3 <i>helix</i>	4-4
Gambar 4.2 Hasil <i>Load vs Settlement Curve Back Analysis</i>	4-5
Gambar 4.3 Kurva <i>Load vs Settlement</i> Fondasi Tiang <i>Helix</i> 2 <i>Helix</i> Beban Tekan	4-6

Gambar 4.4 Kurva <i>Load vs Settlement</i> Fondasi Tiang <i>Helix 3 Helix</i> Beban Tekan	4-7
Gambar 4.5 Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Berdasarkan FHWA <i>Criteria</i>	4-8
Gambar 4.6 Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Individual Bearing</i>	4-9
Gambar 4.7 Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Cylindrical Shear</i>	4-10
Gambar 4.8 Perbandingan Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Fondasi Tiang <i>Helix 2 Helix</i>	4-11
Gambar 4.9 Perbandingan Daya Dukung Tekan <i>Ultimate</i> Fondasi Tiang <i>Helix 3 Helix</i>	4-12
Gambar 4.10 Kurva <i>Load vs Settlement</i> Fondasi Tiang <i>Helix 2 Helix</i> Beban Tarik	4-15
Gambar 4.11 Kurva <i>Load vs Settlement</i> Fondasi Tiang <i>Helix 3 Helix</i> Beban Tarik	4-15
Gambar 4.12 Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Berdasarkan FHWA <i>Criteria</i>	4-16
Gambar 4.13 Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Individual Bearing</i>	4-17
Gambar 4.14 Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Berdasarkan Metode <i>Cylindrical Shear</i>	4-19
Gambar 4.15 Perbandingan Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Fondasi Tiang <i>Helix 2 Helix</i>	4-20
Gambar 4.16 Perbandingan Daya Dukung Tarik <i>Ultimate</i> Fondasi Tiang <i>Helix 3 Helix</i>	4-20
Gambar 4.17 Perbandingan Kurva <i>Load Transfer</i> Fondasi Tiang Polos vs Fondasi Tiang <i>Helix</i> $S = 0,5D_h$ Pembebanan Tekan (a) 2 <i>helix</i> (b) 3 <i>helix</i>	4-23
Gambar 4.18 Persen Beban yang Ditopang oleh <i>Helix</i> pada Fondasi Tiang <i>Helix 2 Helix</i> Pembebanan Tekan.....	4-24

Gambar 4.19 Persen Beban yang Ditopang oleh *Helix* pada Fondasi Tiang *Helix* 3
Helix Pembebanan Tekan..... 4-24

Gambar 4.20 Perbandingan Kurva *Load Transfer* Fondasi Tiang Polos vs Fondasi
Tiang *Helix* $S = 5D_h$ Pembebanan Tarik (a) 2 *helix* (b) 3 *helix*..... 4-25

Gambar 4.21 Persen Beban yang Ditopang oleh *Helix* pada Fondasi Tiang *Helix* 2
Helix Pembebanan Tarik 4-26

Gambar 4.22 Persen Beban yang Ditopang oleh *Helix* pada Fondasi Tiang *Helix* 3
Helix Pembebanan Tarik 4-26



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butiran	2-1
Tabel 2.2 Parameter Koefisien β	2-4
Tabel 2.3 Parameter Koefisien K_u	2-7
Tabel 3.1 Parameter Fondasi Tiang <i>Helix</i>	3-5
Tabel 3.2 Konfigurasi Fondasi Tiang <i>Helix</i>	3-5
Tabel 3.3 Tampilan γ_s ($S = 3Dh$ 2 <i>helix</i>)	3-12
Tabel 3.4 Tampilan τ_{rel} ($S = 3Dh$ 2 <i>helix</i>)	3-12
Tabel 4.1 Data Tanah berdasarkan Uji Lapangan oleh Sakr (2011)	4-1
Tabel 4.2 Korelasi antara Kepadatan, N-SPT per 300 mm , dan sudut geser (ϕ') (Meyerhof 1956)	4-2
Tabel 4.3 Rekapitulasi <i>Input</i> Parameter Tanah	4-3
Tabel 4.4 Konfigurasi Dimensi Fondasi Tiang <i>Helix</i> dengan Variasi 2 <i>Helix</i>	4-3
Tabel 4.5 Konfigurasi Dimensi Fondasi Tiang <i>Helix</i> dengan Variasi 3 <i>Helix</i>	4-4
Tabel 4.6 Tampilan γ_s ($S = 0,5Dh$ 2 <i>helix</i>) Beban Tekan.....	4-12
Tabel 4.7 Tampilan τ_{rel} ($S = 0,5Dh$ 2 <i>helix</i>) Beban Tekan	4-13
Tabel 4.8 Tampilan γ_s ($S = 0,5Dh$ 3 <i>helix</i>) Beban Tekan.....	4-13
Tabel 4.9 Tampilan τ_{rel} ($S = 0,5Dh$ 3 <i>helix</i>) Beban Tekan	4-14
Tabel 4.10 Tampilan γ_s ($S = 5Dh$ 2 <i>helix</i>) Beban Tarik	4-21
Tabel 4.11 Tampilan τ_{rel} ($S = 5Dh$ 2 <i>helix</i>) Beban Tarik	4-21
Tabel 4.12 Tampilan γ_s ($S = 5Dh$ 3 <i>helix</i>) Beban Tarik	4-22
Tabel 4.13 Tampilan τ_{rel} ($S = 5Dh$ 3 <i>helix</i>) Beban Tarik	4-22

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> FONDASI TIANG <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN.....	L1-1
LAMPIRAN 2 KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> FONDASI TIANG <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN.....	L2-1
LAMPIRAN 3 KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> FONDASI TIANG <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK	L3-1
LAMPIRAN 4 KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> FONDASI TIANG <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK	L4-1
LAMPIRAN 5 TAMPILAN γ_s FONDASI TIANG <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN.....	L5-1
LAMPIRAN 6 TAMPILAN τ_{rel} FONDASI TIANG <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN.....	L6-1
LAMPIRAN 7 TAMPILAN γ_s FONDASI TIANG <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN.....	L7-1
LAMPIRAN 8 TAMPILAN τ_{rel} FONDASI TIANG <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN.....	L8-1
LAMPIRAN 9 TAMPILAN γ_s FONDASI TIANG <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK.....	L9-1
LAMPIRAN 10 TAMPILAN τ_{rel} FONDASI TIANG <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK.....	L10-1
LAMPIRAN 11 TAMPILAN γ_s FONDASI TIANG <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK.....	L11-1
LAMPIRAN 12 TAMPILAN τ_{rel} FONDASI TIANG <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK.....	L12-1
LAMPIRAN 13 KURVA <i>LOAD TRANSFER</i> FONDASI TIANG POLOS...L13-1	

LAMPIRAN 14 KURVA <i>LOAD TRANSFER</i> FONDASI <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN	L14-1
LAMPIRAN 15 KURVA <i>LOAD TRANSFER</i> FONDASI <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TEKAN	L15-1
LAMPIRAN 16 KURVA <i>LOAD TRANSFER</i> FONDASI <i>HELIX 2 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK	L16-1
LAMPIRAN 17 KURVA <i>LOAD TRANSFER</i> FONDASI <i>HELIX 3 HELIX</i> KONDISI PEMBEBANAN TARIK	L17-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fondasi adalah salah satu komponen atau elemen struktural yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari rangkaian struktur atau bangunan di atasnya ke tanah. Berdasarkan letak dan kedalaman lapisan tanah keras, tipe fondasi dibagi menjadi 2 yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Tergantung penggunaannya, fondasi harus memenuhi dua kriteria yaitu, daya dukung dan penurunan tanah. Untuk fondasi dalam, daya dukungnya terdiri dari besarnya gaya friksi pada selimut tiang dan tahanan ujung dari tiang.

Fondasi tiang *helix* atau *helical pile* adalah tipe fondasi yang memiliki pelat baja berulir (*helix*) dengan spasi dan diameter yang sudah ditentukan. Fondasi tiang *helix* pertama diperkenalkan yang lalu digunakan pada tahun 1836 oleh Alexander Mitchell, seorang insinyur dari Irlandia, untuk meningkatkan daya dukung pada fondasi tiang. *Helix* tersebut dapat membantu menahan gaya tekan, tarik, dan lateral (Livneh & Naggar 2008).

Fondasi tiang *helix* memiliki beberapa keuntungan yang bersifat esensial dibandingkan dengan fondasi tiang lainnya, salah satu keuntungannya yaitu pada instalasi yang tidak memerlukan alat berat maka sangat memungkinkan serta memudahkan proses pelaksanaan proyek yang terletak di lokasi yang memiliki ruang terbatas, contohnya adalah *basement* (Sprince & Pakratinsh 2010). Ditambah juga proses instalasinya yang, secara praktis, tidak menimbulkan adanya getaran. Keuntungan tersebut membuat fondasi tiang *helix* sangat menarik untuk digunakan di lingkungan yang sensitif.

Berdasarkan studi terdahulu yang dilakukan, diajukan bahwa mekanisme kegagalan daya dukung pada fondasi tiang *helix* adalah metode *individual bearing* dan *cylindrical shear* dengan melihat spasi antar *helix* (S) dan diameter *helix* (D_h). Penelitian terkait kedua mekanisme kegagalan daya dukung masih banyak dilakukan hingga saat ini. Menurut Donal dan Clayton (2006) serta *Canadian and European Offices* (2011) metode *cylindrical shear* dapat diasumsikan terjadi pada

fondasi tiang helix yang memiliki rasio jarak ($S/D_h < 3$), sedangkan metode *individual bearing* pada rasio jarak ($S/D_h \geq 3$). Namun hasil dari investigasi lapangan yang dilakukan, masih belum ada perbedaan atau transisi yang signifikan terhadap kedua metode tersebut (Lutenegger, 2009).

Belum begitu banyak ditemukan penelitian-penelitian terdahulu terkait dengan mekanisme *load transfer helix* pada fondasi tiang *helix*. Di penelitian Livneh & Naggar (2008), mekanisme *load transfer* dibahas namun hanya dijadikan bahan asumsi dalam model numerik yang dilakukan untuk memodelkan karakteristik tiang dengan lebih akurat. Menurut hasil analisis oleh Fitriana dan Hamdhan (2018), penambahan jumlah *helix* menambah kapasitas daya dukung sebesar 5,586% pada tanah pasir. Maka dari itu, pada penelitian ini, pengaruh rasio jarak antar *helix* terhadap mekanisme kegagalan dan *load transfer* pada tanah pasir akan dianalisis menggunakan metode elemen hingga dengan *software* Plaxis 2D.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan pada tugas akhir ini adalah pengaruh rasio jarak antar *helix* dan jumlah *helix* pada fondasi tiang *helix* terhadap mekanisme kegagalan dan *load transfer* pada fondasi tiang *helix* dengan kondisi beban tarik dan tekan.

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh rasio jarak antar *helix* pada fondasi tiang *helix* terhadap mekanisme kegagalan fondasi tiang *helix*.
2. Memperoleh persentase beban yang ditanggung oleh *helix* pada fondasi tiang *helix* berdasarkan analisis numerik berbasis metode elemen hingga 2 dimensi terhadap *load transfer* fondasi tiang *helix*.

1.4 Pembatasan Masalah

1. Tanah yang digunakan dalam analisis merupakan tanah pasir.
2. Variasi jarak antar *helix* yang dimodelkan pada fondasi tiang *helix* (S/D_h) adalah 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; dan 5,0
3. Variasi jumlah *helix* yang dimodelkan pada fondasi tiang *helix* adalah 2 dan 3.
4. Variasi beban yang dimodelkan adalah beban tekan dan tarik.

5. Diameter *shaft* yang digunakan adalah 324 mm.
6. Diameter *helix* yang digunakan adalah 762 mm.
7. Pemodelan tanah di Plaxis 2D menggunakan model *hardening soil*
8. Pemodelan *helical pile* menggunakan model *Linear Elastic Non-Porous*
9. *Boundary* pada pemodelan adalah 2L untuk sumbu x dan 3,5L untuk sumbu y di mana L adalah panjang fondasi tiang *helix*.
10. Tidak diperhitungkan gaya torsi akibat pemasangan tiang dalam analisis.
11. Pemodelan yang digunakan di Plaxis 2D adalah *axisymmetry*.

1.5 Metode Penelitian

1. Studi literatur dilakukan terkait dengan fondasi tiang *helix* dari jurnal publik dengan tujuan untuk mempelajari teori yang sudah ada dan juga penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya untuk membantu proses penelitian studi.
2. Melakukan pemodelan numerik dengan *software* Plaxis 2D yang berbasis metode elemen hingga.
3. Menganalisis *output* pemodelan numerik yang dibuat serta membandingkannya dengan perhitungan manual.
4. Menghitung serta membandingkan daya dukung dan *load transfer* dengan hitungan konvensional.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan, lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan tugas akhir atau skripsi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori-teori mencakup sifat-sifat tanah pasir, pengertian tentang fondasi tiang *helix*, pengertian mengenai metode *individual bearing* dan *cylindrical shear*, penentuan daya dukung *helical pile* berdasarkan kriteria FHWA, dan langkah pemodelan pada program Plaxis 2D.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Meninjau ulang tentang hasil analisis pemodelan fondasi tiang *helix* dengan menggunakan *software* Plaxis 2D.

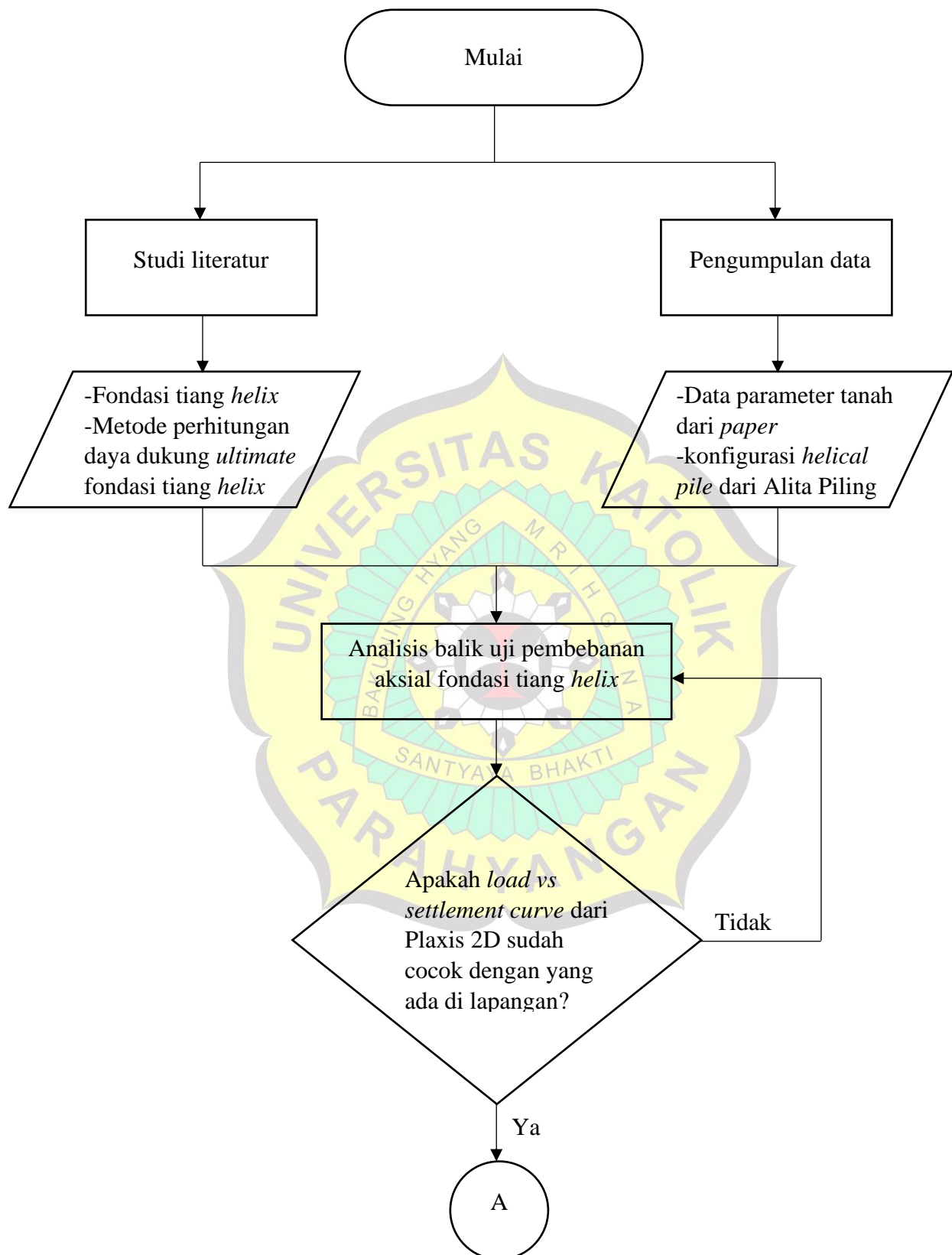
BAB 4 ANALISIS DATA DAN HASIL

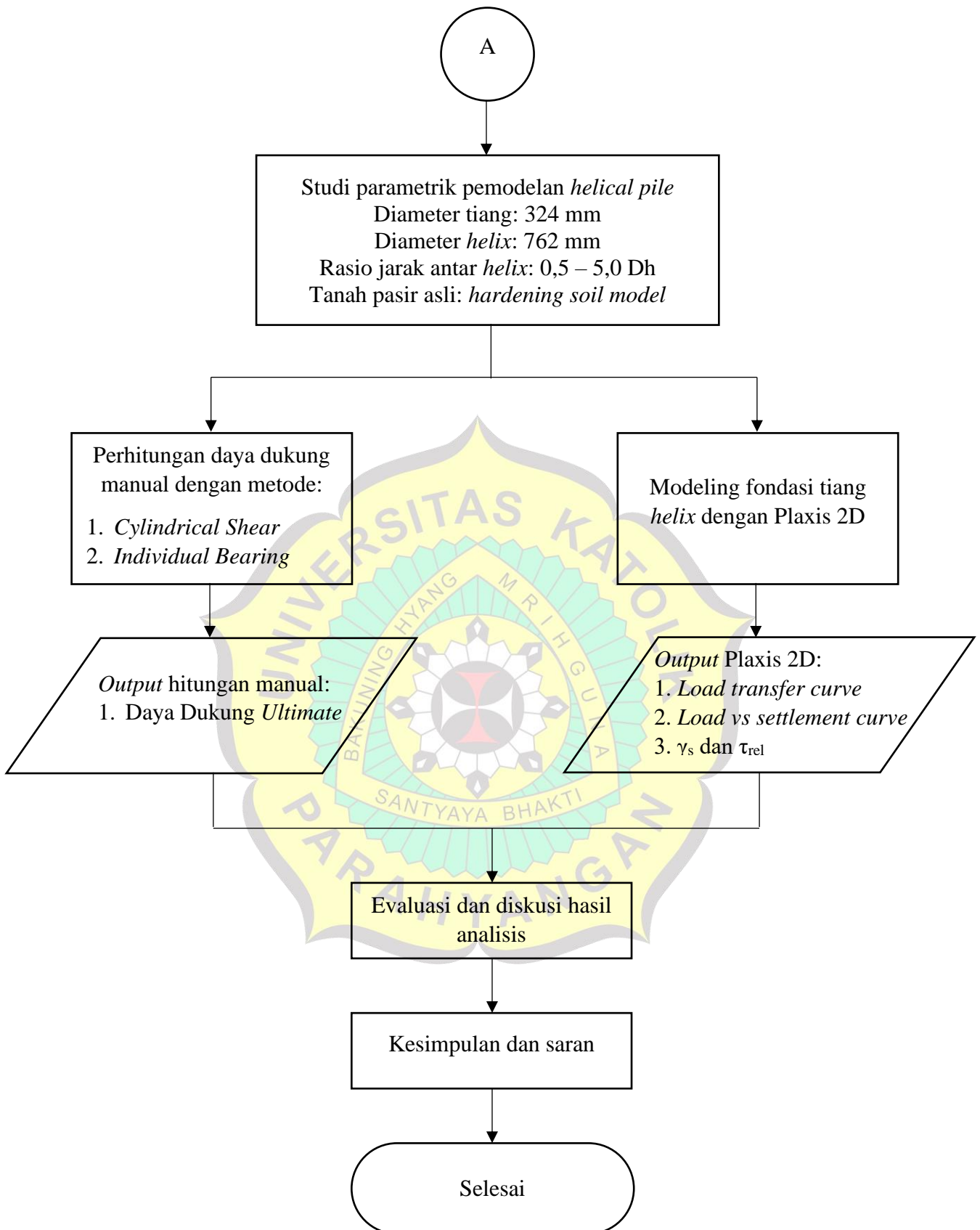
Menunjukkan hasil analisis numerik berdasarkan pemodelan dan dibandingkan dengan data lapangan yang sudah ada dan terpublikasi serta perhitungan konvensional.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan serta memberikan saran untuk menunjang penelitian tentang fondasi tiang *helix* dan aplikasi secara langsung di lapangan yang berikutnya.







Gambar 1.1 Diagram alir penelitian