

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PENGARUH SPASI DAN UKURAN *HELIX***  
**TERHADAP DAYA DUKUNG TEKAN AKSIAL**  
***HELICAL PILE* PADA TANAH PASIR**  
**MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**



**Ivan Oktavianus**  
**NPM: 6101801054**

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

**KO-PEMBIMBING : 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 2022**

**SKRIPSI**  
**ANALISIS PENGARUH SPASI DAN UKURAN *HELIX***  
**TERHADAP DAYA DUKUNG TEKAN AKSIAL**  
***HELICAL PILE* PADA TANAH PASIR**  
**MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA**



**Ivan Oktavianus**  
**NPM: 6101801054**

**Bandung, 24 Januari 2022**

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

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

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

**PENGUJI 2:** Siska Rustiani, Ir., M.T.

**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 2022**

## PERNYATAAN

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

Nama : Ivan Oktavianus  
NPM : 6101801054  
Program Studi : Teknik Sipil  
: Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**Analisis Pengaruh Spasi Dan Ukuran *Helix* Terhadap Daya Dukung Tekan Aksial *Helical Pile* Pada Tanah Pasir Menggunakan Metode Elemen Hingga**

Adalah benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing dan ko-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 seni 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 10 Januari 2022



Ivan Oktavianus

6101801054

**ANALISIS PENGARUH SPASI DAN UKURAN *HELIX*  
TERHADAP DAYA DUKUNG TEKAN AKSIAL *HELICAL*  
*PILE* PADA TANAH PASIR MENGGUNAKAN METODE  
ELEMEN HINGGA**

**Ivan Oktavianus  
NPM: 6101801054**

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

**UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN  
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
(Terakreditasi Berdasarkan S SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)  
BANDUNG  
JANUARI 2022**

**ABSTRAK**

Fondasi *helical pile* merupakan modifikasi dari fondasi tiang konvensional dengan diberikan ulir (*helix*) untuk meningkatkan daya dukung tekan aksial. Keunggulan *helical pile* dibandingkan dengan fondasi tiang konvensional adalah pemasangannya yang tidak menimbulkan getaran, minim gangguan pada tanah dan dapat dibangun tanpa menggali tanah terlebih dahulu serta bahannya yang menggunakan baja, sehingga pengerjaan akan lebih cepat dan bersih. Penelitian ini menganalisis pengaruh spasi antar *helix* serta ukuran *helix* terhadap daya dukung *ultimate* dari tiang *helical pile* menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak PLAXIS 2D. *Helical pile* yang diuji memiliki rasio spasi antar *helix* 0,5 Dh, 1 Dh, 1,5 Dh, 2 Dh, 2,5 Dh, 3 Dh, dan 3,5 Dh di mana Dh merupakan diameter *helix*. Selain itu dilakukan variasi terhadap diameter *helix* yang diperkecil 25%, dan diperbesar 25% serta 50%. Pemodelan yang dilakukan didapatkan nilai perkiraan daya dukung *ultimate* yang mendekati hasil pengujian di lapangan, dan perbedaan daya dukung antara spasi terendah (0,5 Dh) dengan spasi terbesar (3 Dh) adalah 26% pada tanah asli, 26% pada tanah *loose sand* dan 30% pada tanah *dense sand*. Kemudian perbesaran 25% dan 50% pada diameter *helix* menunjukkan peningkatan daya dukung sebesar 57% dan 108% berturut-turut, sedangkan pengecilan 25% pada diameter *helix* menunjukkan penurunan daya dukung sebesar 37%.

**Kata kunci:** Fondasi *helical pile*, spasi antar *helix*, diameter *helix*, daya dukung *ultimate*.

# ANALYSIS OF HELIX SPACING AND SIZE EFFECT TO THE AXIAL COMPRESSIVE BEARING CAPACITY OF HELICAL PILE IN SAND SOIL WITH FINITE ELEMENT METHOD

Ivan Oktavianus  
NPM: 6101801054

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

(Accredited by SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

BANDUNG  
JANUARY 2022

## ABSTRACT

Helical pile foundation is a modification from conventional pile foundation with a helix to increase the axial compressive bearing capacity. The advantages of *helical pile* from a conventional pile foundation is that it does not cause vibrations on installing, it can be installed without excavating the soil beforehand, and because it is made out of steel, it enables a faster and cleaner installation. This research analyses the effect of helix spacing and diameter to the compressive bearing capacity of helical pile using finite element method with the help of PLAXIS 2D program. The tested helical piles have an inter helix spacing ratio of 0,5 Dh, 1 Dh, 1,5 Dh, 2 Dh, 2,5 Dh, 3 Dh, dan 3,5 Dh where Dh is the diameter of the helix. Furthermore, a variation of the helix's diameter is done where it is decreased by 25% and increased by 25 and 50%. The modelling done can estimate the ultimate bearing capacity which is identical to the testing done on the field, and the difference of the bearing capacity between the lowest spacing (0,5 Dh) and the highest spacing (3,5 Dh) is 26% in the original soil, 26% in loose sand and 30% in dense sand. Subsequently, the 25% and 50% enlargement to the helix's diameter shows a bearing capacity increase of 57% and 108% consecutively, whereas downsizing the helix's diameter by 25% shows a bearing capacity decrease of 37%.

**Keywords:** Helical pile foundation, inter helix spacing, helix diameter, ultimate bearing capacity.

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya maka penulis dapat memulai dan menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Pengaruh Spasi Dan Ukuran *Helix* Terhadap Daya Dukung Tekan Aksial *Helical Pile* Pada Tanah Pasir Menggunakan Metode Elemen Hingga” dengan baik. Skripsi ini ditulis dan diajukan untuk memenuhi salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

Dalam penyusunan dan pengerjaan skripsi ini, terdapat banyak rintangan yang dihadapi oleh penulis baik yang besar maupun kecil, namun berkat berbagai bantuan yang diterima oleh penulis berupa dorongan motivasi, semangat, saran dan doa, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik. Maka dari itu, penulis sangat berterima kasih kepada:

1. Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar membimbing dan memberikan saran kepada penulis selama penulisan skripsi.
2. Bapak Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S. selaku dosen ko-pembimbing yang juga dengan sabar membimbing, memberikan saran, dan mengawasi proses pengerjaan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo, Ph.D., Bapak Budijanto Widjaja, Ph.D. Bapak Aswin Lim, Ph.D., Bapak Eric Ng Yin Kuan, Ir., M.T., Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T. selaku dosen-dosen pusat studi geoteknik yang telah memberikan saran dan masukan dalam pembuatan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan tata usaha Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan bekal ilmu serta kegiatan administratif selama perkuliahan yang dijalani ini.
5. Papi Henry, Mami Fina (Tjandra Susana), serta keluarga besar yang telah mendoakan dan memberi dukungan dalam segala bentuk kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.

6. Alphonsus, Aaron Wiranatha, dan Michael Veda selaku teman seperjuangan satu pembimbing dari awal sampai akhir pembuatan skripsi.
7. Elvan Tiojaya, Helenya Yosa, Kelvin Agustinus B, Rezaldi Ongky D, selaku teman-teman seperjuangan analisis yang telah membantu dan mendampingi selama melakukan analisis dalam pengerjaan skripsi.
8. Colas, Henry Setiawan, Gilbert Christopher selaku teman-teman seperjuangan skripsi yang memberikan semangat dalam proses penulisan skripsi.
9. Jeremy Agung K, dan Hansen Lienardy selaku teman yang menemani penulisan skripsi di Bandung.
10. Jessica Sugandhi dan Satrio Wenas selaku teman yang selalu menemani penulis dari masa kecil yang memberikan motivasi dan kepercayaan diri kepada penulis dalam menjalani perkuliahan dan proses penulisan skripsi.
11. Serta teman-teman dan pihak lainnya yang secara langsung maupun tidak telah membantu penulis dalam proses penulisan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis menghargai segala saran dan kritik yang membangun agar di kesempatan yang selanjutnya penulis dapat menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi pembaca yang memerlukan, terima kasih.

Bandung, Januari 2022



**Ivan Oktavianus**

6101801054

# DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| ABSTRAK .....   | i    |
| ABSTRACT .....  | ii   |
| PRAKATA .....   | iii  |
| DAFTAR ISI .....  | v    |
| DAFTAR NOTASI .....   | vii  |
| DAFTAR GAMBAR .....   | viii |
| DAFTAR TABEL .....  | x    |
| DAFTAR LAMPIRAN .....   | xii  |
| 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 .....   | 2-1  |
| 2.1.1 Pasir .....   | 2-2  |
| 2.2 Fondasi .....   | 2-2  |
| 2.3 Fondasi <i>Helical Pile</i> .....   | 2-3  |
| 2.3 Kapasitas Daya Dukung Fondasi <i>Helical Pile</i> .....                           | 2-4  |
| 2.4.1 <i>Individual Bearing Method</i> .....  | 2-4  |
| 2.4.2 <i>Cylindrical Shear Method</i> .....   | 2-6  |
| 2.4.3 <i>FHWA Criteria</i> (Reese and O'Neill 1988) .....                             | 2-7  |
| 2.5 Loading Test .....  | 2-7  |
| 2.6 Material Model Tanah .....  | 2-8  |
| 2.7 Metode Elemen Hingga .....  | 2-9  |
| 2.8 Penelitian Terpublikasi .....   | 2-9  |
| 2.8.1 Analisis Daya Dukung <i>Helical Pile</i> Menggunakan Metode Elemen Hingga ..... | 2-9  |
| 2.8.2 Peningkatan Nilai Daya Dukung Fondasi Tiang Baja Ulir Pada Tanah Pasir .....    | 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          | Evaluasi Kapasitas Daya Dukung Tekan Fondasi <i>Helical Pile</i> Dengan Pendekatan Analisis Numerik Plaxis 3D ..... | 2-10 |
| 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.....  | 3-8  |
| BAB 4          | .....   | 4-1  |
| 4.1            | Parameter Desain Fondasi <i>Helical Pile</i> .....  | 4-1  |
| 4.2            | Analisis Balik Penentuan Parameter Tanah .....  | 4-1  |
| 4.2.1          | Penentuan Jenis Kepadatan Tanah Pasir Dan Sudut Geser Dalam..   | 4-1  |
| 4.2.2          | Penentuan Angka Poisson ( $\nu$ ) .....   | 4-2  |
| 4.2.3          | Penentuan Modulus Elastisitas (E).....  | 4-2  |
| 4.2.4          | Rekapitulasi Input Parameter Tanah Pada Program Plaxis 2D.....  | 4-3  |
| 4.3            | Data Dimensi Fondasi <i>Helical Pile</i> .....  | 4-3  |
| 4.4            | Analisis <i>Helical Pile</i> Yang Digunakan di Lapangan Menggunakan Program Plaxis 2D .....                         | 4-5  |
| 4.5            | Hasil Analisis Pemodelan <i>Helical Pile</i> Sesuai Pengujian di Lapangan .   | 4-5  |
| 4.6            | Hasil Analisis <i>Helical Pile</i> Dengan Variasi Spasi Antar <i>Helix</i> .....                                    | 4-6  |
| 4.7            | Daya Dukung <i>Helical Pile</i> Berdasarkan Metode <i>Individual Bearing</i> ....                                   | 4-9  |
| 4.9            | Daya Dukung <i>Helical Pile</i> Berdasarkan Metode <i>Cylindrical Shear</i> ....                                    | 4-10 |
| 4.10           | Perbandingan Hasil Daya Dukung <i>Ultimate Helical Pile</i> .....   | 4-12 |
| 4.11           | Daya Dukung <i>Ultimate Helical Pile</i> Pada Tanah Pasir Homogen ....  | 4-14 |
| 4.11.1         | Tanah Homogen <i>Loose Sand</i> .....   | 4-14 |
| 4.11.2         | Tanah Homogen <i>Dense Sand</i> .....   | 4-17 |
| 4.12           | Hasil Analisis <i>Helical Pile</i> Dengan Variasi Diameter <i>Helix</i> .....                                       | 4-20 |
| BAB 5          | .....   | 5-1  |
| 5.1            | Kesimpulan .....  | 5-1  |
| 5.2            | Saran .....   | 5-1  |
| DAFTAR PUSTAKA | .....   | xiii |

## DAFTAR NOTASI

|                  |  |
|------------------|--|
| $A_h$            | : Luas <i>helix</i> paling bawah ( $\text{mm}^2$ )     |
| $d$              | : Diameter <i>shaft</i> (mm)                           |
| $D_a$            | : Diameter <i>helix</i> rata-rata (mm)                 |
| $D_h$            | : Diameter <i>helix</i> (mm)                           |
| $e$              | : Tebal dinding <i>shaft</i> (mm)                      |
| $e^*$            | : Tebal <i>helix</i> (mm)                              |
| $H$              | : Kedalaman <i>embedment pile</i> ( $m$ )              |
| $H_{eff}$        | : Panjang <i>shaft</i> efektif ( $H_1 - D_h$ ) ( $m$ ) |
| $H_1$            | : Kedalaman <i>helix</i> paling atas ( $m$ )           |
| $H_3$            | : Kedalaman <i>bottom helix</i> ( $m$ )                |
| $K_s$            | : Koefisien tekanan tanah lateral dalam tekan          |
| $N_q$            | : Faktor kapasitas bearing tanah pasir                 |
| $P_s$            | : Keliling <i>shaft</i> ( $m$ )                        |
| $R_{inter}$      | : <i>Interface strength reduction factor</i>           |
| $Q_u$            | : <i>Ultimate Bearing Capacity</i> (kN)                |
| $S$              | : Spasi antar- <i>helix</i> (mm)                       |
| $\gamma'$        | : Berat isi tanah efektif ( $\text{kN/m}^3$ )          |
| $\gamma_{unsat}$ | : Berat isi tanah di atas MAT ( $\text{kN/m}^3$ )      |
| $\gamma_{sat}$   | : Berat isi tanah di bawah MAT ( $\text{kN/m}^3$ )     |
| $\phi'$          | : Sudut geser dalam tanah ( $deg$ )                    |
| $\psi'$          | : Sudut dilatasi tanah ( $deg$ )                       |
| $\nu$            | : Angka Poisson  |
| $E'$             | : Modulus tanah (kPa)                                  |

## DAFTAR GAMBAR

|   |      |
|---|------|
| <b>Gambar 1.1</b> Diagram alir penelitian.....  | 1-6  |
| <b>Gambar 2.1</b> Fondasi Helical Pile (Mohajerani, Abbas 2015).....  | 2-3  |
| <b>Gambar 2.2</b> (a) Individual bearing capacity; (b) cylindrical shear capacity (Tang, C., & Phoon 2018)..... | 2-4  |
| <b>Gambar 2.3</b> Perilaku tanah model tanah Mohr-Coulomb .....   | 2-8  |
| <b>Gambar 3.1</b> Menu Project Properties.....  | 3-2  |
| <b>Gambar 3.2</b> Boundary Conditions di mana $L_p$ adalah panjang tiang (Bund. T, 2013) .....                  | 3-2  |
| <b>Gambar 3.3</b> Tampilan utama input program Plaxis 2D.....   | 3-3  |
| <b>Gambar 3.4</b> Tampilan Input Parameter Tanah.....   | 3-3  |
| <b>Gambar 3.5</b> Tampilan input lapisan tanah.....   | 3-4  |
| <b>Gambar 3.6</b> Model Helical Pile (1 Dh) .....   | 3-5  |
| <b>Gambar 3.7</b> Interface untuk sepanjang tiang dan helix .....   | 3-6  |
| <b>Gambar 3.8</b> Meshing pada tanah dan noda yang ditinjau .....   | 3-6  |
| <b>Gambar 3.9</b> Staged Construction .....   | 3-8  |
| <b>Gambar 3.10</b> Output berupa penurunan tanah yang terjadi.....  | 3-8  |
| <b>Gambar 3.11</b> Kurva load vs settlement variasi helical pile spasi 1,5 Dh.....                              | 3-9  |
| <b>Gambar 3.12</b> Perpindahan tanah realtif untuk variasi helical pile spasi 1,5 Dh. 3-9                       |      |
| <b>Gambar 4.1</b> Pemodelan helical pile dengan dimensi sesuai pengujian di lapangan .....                      | 4-5  |
| <b>Gambar 4.2</b> Kurva load vs settlement dari helical pile hasil back analysis.....                           | 4-6  |
| <b>Gambar 4.3</b> Kurva load vs settlement helical pile dengan variasi spasi antar helix .....                  | 4-7  |
| <b>Gambar 4.4</b> soil displacement ( $U_y$ ) sepanjang ruas helix pada (a) tiang P1a, (b) tiang P4a.....       | 4-8  |
| <b>Gambar 4.5</b> Perbandingan $Q_u$ Plaxis, individual bearing, dan cylindrical shear .4-12                    |      |
| <b>Gambar 4.6</b> Pemodelan helical pile pada tanah homogen loose sand.....                                     | 4-14 |

|   |      |
|---|------|
| <b>Gambar 4.7</b> Kurva load vs settlement untuk helical pile P1a-P7a pada tanah loose sand .....         | 4-15 |
| <b>Gambar 4.8</b> Perbandingan $Q_u$ Plaxis, individual bearing, cylindrical shear pada loose sand .....  | 4-16 |
| <b>Gambar 4.9</b> soil displacement ( $U_y$ ) untuk (a) tiang P2a, (b) tiang P6a .....                    | 4-17 |
| <b>Gambar 4.10</b> Kurva load vs settlement untuk helical pile P1a-P7a pada dense sand .....              | 4-18 |
| <b>Gambar 4.11</b> Perbandingan $Q_u$ Plaxis, individual bearing, cylindrical shear pada dense sand ..... | 4-19 |
| <b>Gambar 4.12</b> Soil displacement untuk (a) tiang P2a, (b) tiang P5a .....                             | 4-20 |
| <b>Gambar 4.13</b> helix diperkecil 25%, (b) helix diperbesar 25%, (c) helix diperbesar 50% .....         | 4-21 |
| <b>Gambar 4.14</b> kurva load vs settlement untuk helical pile dengan diameter helix diperbesar 50% ..... | 4-22 |
| <b>Gambar 4.15</b> kurva load vs settlement untuk helical pile dengan diameter helix diperbesar 25% ..... | 4-23 |
| <b>Gambar 4.16</b> kurva load vs settlement untuk helical pile dengan diameter helix diperkecil 25% ..... | 4-23 |

## DAFTAR TABEL

|   |      |
|---|------|
| <b>Tabel 2.1</b> Klasifikasi tanah berdasarkan ukuran butiran .....   | 2-1  |
| <b>Tabel 2.2</b> Parameter koefisien gesekan selimut tiang di pasir (CFEM, 2006) .....                                      | 2-5  |
| <b>Tabel 3.1</b> Tabel parameter tiang dan helix.....   | 3-4  |
| <b>Tabel 3.2</b> Tabel Konfigurasi Helical Pile .....   | 3-5  |
| <b>Tabel 4.1</b> Data tanah berdasarkan uji di lapangan oleh Sakr (2011).....   | 4-1  |
| <b>Tabel 4.2</b> Hubungan antara kepadatan, nilai N-SPT per 300 mm, dan sudut geser dalam ( $\phi'$ ) (Meyerhof, 1965)..... | 4-2  |
| <b>Tabel 4.3</b> Nilai angka Poisson ( $\nu$ ) berdasarkan jenis tanah (Meyerhoff, 1956) ..                                 | 4-2  |
| <b>Tabel 4.4</b> Modulus elastisitas untuk tanah sand menurut USCS dalam satuan MPa .....                                   | 4-3  |
| <b>Tabel 4.5</b> Rekapitulasi input parameter tanah .....   | 4-3  |
| <b>Tabel 4.6</b> Rekapitulasi input parameter tanah loose sand dan dense sand.....  | 4-3  |
| <b>Tabel 4.7</b> Konfigurasi dimensi helical pile dengan variasi spasi.....   | 4-4  |
| <b>Tabel 4.8</b> Konfigurasi dimensi helical pile dengan variasi diameter helix .....                                       | 4-4  |
| <b>Tabel 4.9</b> Penurunan pada tiang P1a-P7a .....   | 4-8  |
| <b>Tabel 4.10</b> nilai daya dukung ultimate helical pile P1-P7 untuk metode individual bearing.....                        | 4-10 |
| <b>Tabel 4.11</b> nilai daya dukung ultimate helical pile P1-P7 untuk metode cylindrical shear .....                        | 4-12 |
| <b>Tabel 4.12</b> nilai daya dukung ultimate helical pile P1a-P7a untuk ketiga metode dalam satuan kN .....                 | 4-12 |
| <b>Tabel 4.13</b> Pertambahan nilai daya dukung ultimate helical pile .....   | 4-13 |
| <b>Tabel 4.14</b> Nilai daya dukung ultimate helical pile P1a-P7a pada loose sand untuk ketiga metode dalam satuan kN.....  | 4-15 |
| <b>Tabel 4.15</b> Pertambahan nilai $Q_u$ (kN) pada loose sand .....  | 4-16 |
| <b>Tabel 4.16</b> Nilai daya dukung ultimate helical pile P1a-P7a pada dense sand untuk ketiga metode dalam kN.....         | 4-18 |
| <b>Tabel 4.17</b> Pertambahan nilai $Q_u$ (kN) .....  | 4-19 |

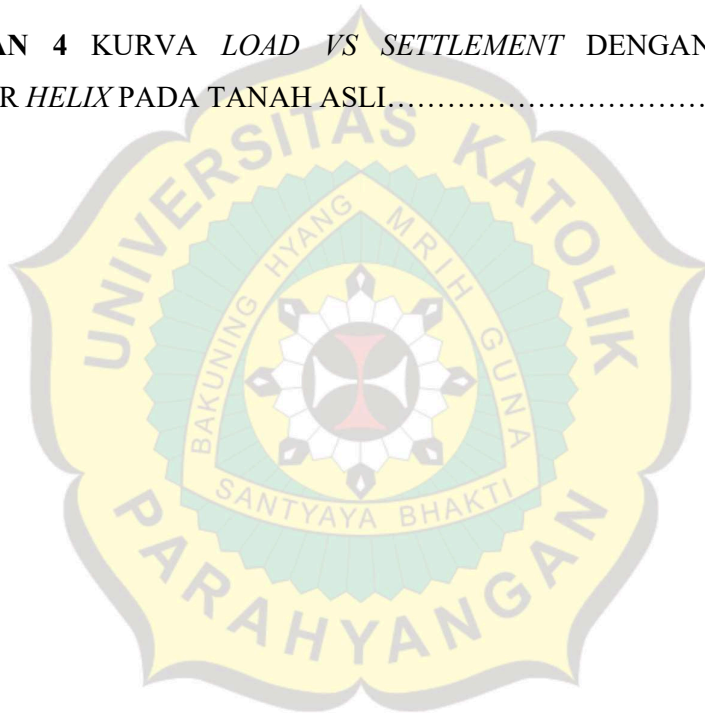
**Tabel 4.18** Nilai daya dukung helical pile dengan diameter helix diperbesar 50% ..... 4-21

**Tabel 4.19** Hasil pengujian helical pile dengan variasi diameter helix di tanah pasir, Turedi & Ornek (2019)..... 4-24



## DAFTAR LAMPIRAN

|   |      |
|---|------|
| <b>LAMPIRAN 1</b> KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> DENGAN VARIASI SPASI<br><i>ANTAR HELIX</i> PADA TANAH ASLI.....         | L1-1 |
| <b>LAMPIRAN 2</b> KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> DENGAN VARIASI SPASI<br><i>ANTAR HELIX</i> PADA <i>LOOSE SAND</i> ..... | L2-1 |
| <b>LAMPIRAN 3</b> KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> DENGAN VARIASI SPASI<br><i>ANTAR HELIX</i> PADA <i>DENSE SAND</i> ..... | L3-1 |
| <b>LAMPIRAN 4</b> KURVA <i>LOAD VS SETTLEMENT</i> DENGAN VARIASI<br>DIAMETER <i>HELIX</i> PADA TANAH ASLI.....            | L4-1 |



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Fondasi merupakan bagian dari struktur yang memiliki fungsi menyalurkan beban dari struktur di atasnya menuju ke tanah. Berdasarkan letak tanah keras, fondasi yang digunakan ada 2 yaitu, fondasi dangkal dan fondasi dalam. Untuk fondasi dalam, yang sering dijumpai adalah fondasi tiang, yang mengandalkan kekuatan daya dukung dari ujung tiang serta friksi antara selimut tiang dengan tanah.

Untuk meningkatkan daya dukung fondasi tiang, pada tahun 1848, Alexander Mitchell, seorang insinyur dari Irlandia, mendeskripsikan alternatif dari fondasi tiang yaitu fondasi tiang berulir atau yang biasa dikenal dengan *helical pile*. Fondasi *helical pile* merupakan tiang besi dengan ulir (*helix*) di sepanjang tiang yang dapat membantu dalam menahan gaya tekan, tarik dan lateral.

Fondasi *helical pile* masih jarang digunakan di Indonesia walaupun memiliki banyak keunggulan dibandingkan dengan fondasi tiang pancang dan tiang bor yang lainnya seperti pemasangannya yang tidak menimbulkan getaran, *soil disturbance* yang kecil dan dapat dibangun tanpa menggali tanah terlebih dahulu serta bahannya yang menggunakan baja, sehingga pengerjaan akan lebih cepat dan bersih (Livneh & Naggar, 2008). Namun studi terhadap variasi spasi antar-*helix* pada geometri *helical pile* belum banyak dilakukan.

Berdasarkan studi terdahulu yang dilakukan oleh Narasimha (1993) dan Zhang Et al (1999), kegagalan yang terjadi pada *helical piles* di tanah pasir adalah silinder (*axial splitting, double shear*) apabila rasio jarak antar helix (S) dengan ukuran rata-rata helix adalah  $(D_h) < 2$ . Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Donal & Clayton (2005) dan Canadian and European Offices (2011) menunjukkan bahwa setiap *helix* yang terdapat pada *helical pile* memiliki tahanan ujung individu apabila rasio jarak antar *helix* adalah  $(S/D_h \geq 3)$ . Sedangkan pada *helical pile* dengan rasio jarak antar helix  $(S/D_h < 3)$ , maka ruas antar helix pertama dengan



yang terakhir dianggap memiliki tahanan selimut sebesar diameter helix, namun masih sedikit bukti yang bisa memastikan asumsi ini (Lutenegger, 2011). Sehingga, pada penelitian ini, pengaruh rasio jarak antar *helix* terhadap daya dukung tekan aksial *helical pile* pada tanah pasir dianalisis menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak Plaxis 2D.

## 1.2. Inti Permasalahan

Inti permasalahan pada tugas akhir ini adalah pengaruh rasio jarak antar *helix* terhadap daya dukung tekan aksial ultimit dari *helical pile* pada tanah pasir.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh daya dukung aksial tekan ultimit pada *helical piles* berdasarkan analisis numerik berbasis metode elemen hingga 2 dimensi dengan berbagai rasio jarak antar *helix* di tanah pasir dan membandingkan hasil analisis dengan hasil perhitungan manual.

## 1.4. Pembatasan Masalah

Lingkup penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tanah yang digunakan dalam analisis merupakan tanah pasir.
2. Variasi jarak antar ulir yang dimodelkan pada *helical pile* ( $S/D_h$ ) adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; dan 3,5
3. Variasi diameter *helix* yang dimodelkan adalah diperbesar 25; 50% dan diperkecil 25% dari ukuran awal.
4. Diameter *shaft* yang digunakan adalah 324 mm.
5. Diameter *helix* yang digunakan adalah 762 mm.
6. Pemodelan tanah di perangkat lunak Plaxis 2D menggunakan model *Mohr-Coulomb*.
7. Pemodelan *helical pile* menggunakan model *Linear Elastic Non-Porous*.
8. *Boundary* pada pemodelan ini adalah 2L untuk arah sumbu x dan 3.5L untuk arah sumbu y di mana L adalah panjang *helical pile*.

9. Gaya torsi akibat pemasangan tiang tidak diperhitungkan di dalam analisis.
10. Tipe pemodelan yang digunakan di Plaxis 2D adalah Axisymmetry.

### 1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Melakukan studi literatur terkait dengan *helical pile* dari jurnal publik yang tersedia dengan tujuan untuk menemukan teori dan juga penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan untuk mendukung proses penelitian.
2. Melakukan pemodelan numerik dengan metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D.
3. Menganalisis hasil dari pemodelan numerik yang dibuat serta membandingkannya dengan perhitungan manual.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan mengikuti pedoman penulisan yang berlaku pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan, yaitu :

#### BAB 1 PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, inti permasalahan, tujuan penulisan tugas akhir, lingkup penelitian, metodologi penelitian yang dilakukan dan sistematika penulisan tugas akhir.

#### BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Membahas teori-teori yang dijadikan landasan dalam penelitian ini, mencakup sifat-sifat tanah pasir, pengertian tentang fondasi *helical pile*, perhitungan daya dukung *helical pile* dengan metode *individual bearing* dan *cylindrical shear*, penentuan daya dukung *helical pile* berdasarkan kriteria FHWA, dan penjelasan terhadap pemodelan pada program Plaxis 2D.

#### BAB 3 PROGRAM PLAXIS 2D

Membahas tentang hasil analisis pemodelan *helical pile* dengan menggunakan perangkat lunak Plaxis 2D.

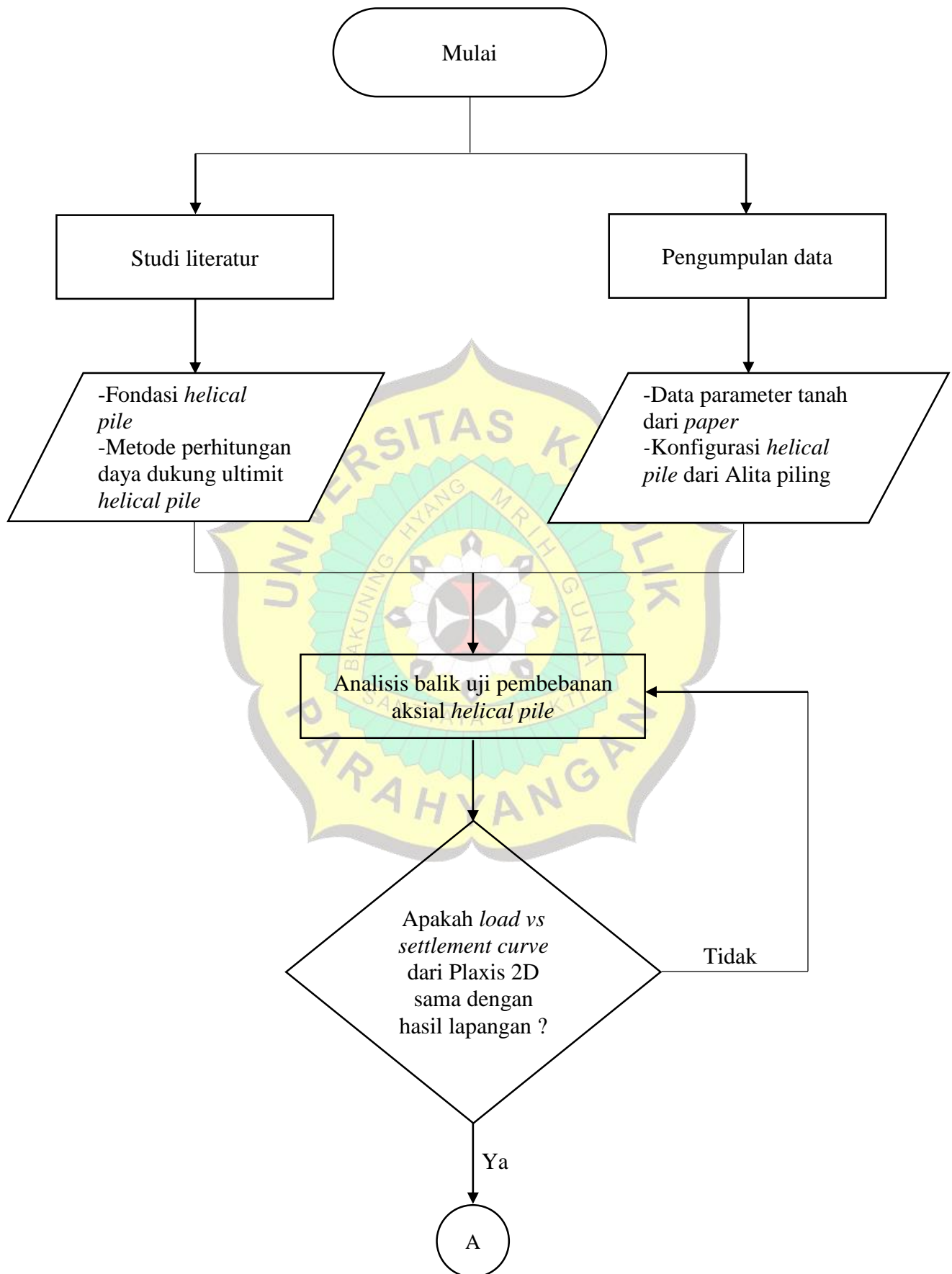
#### BAB 4 ANALISIS DATA DAN HASIL

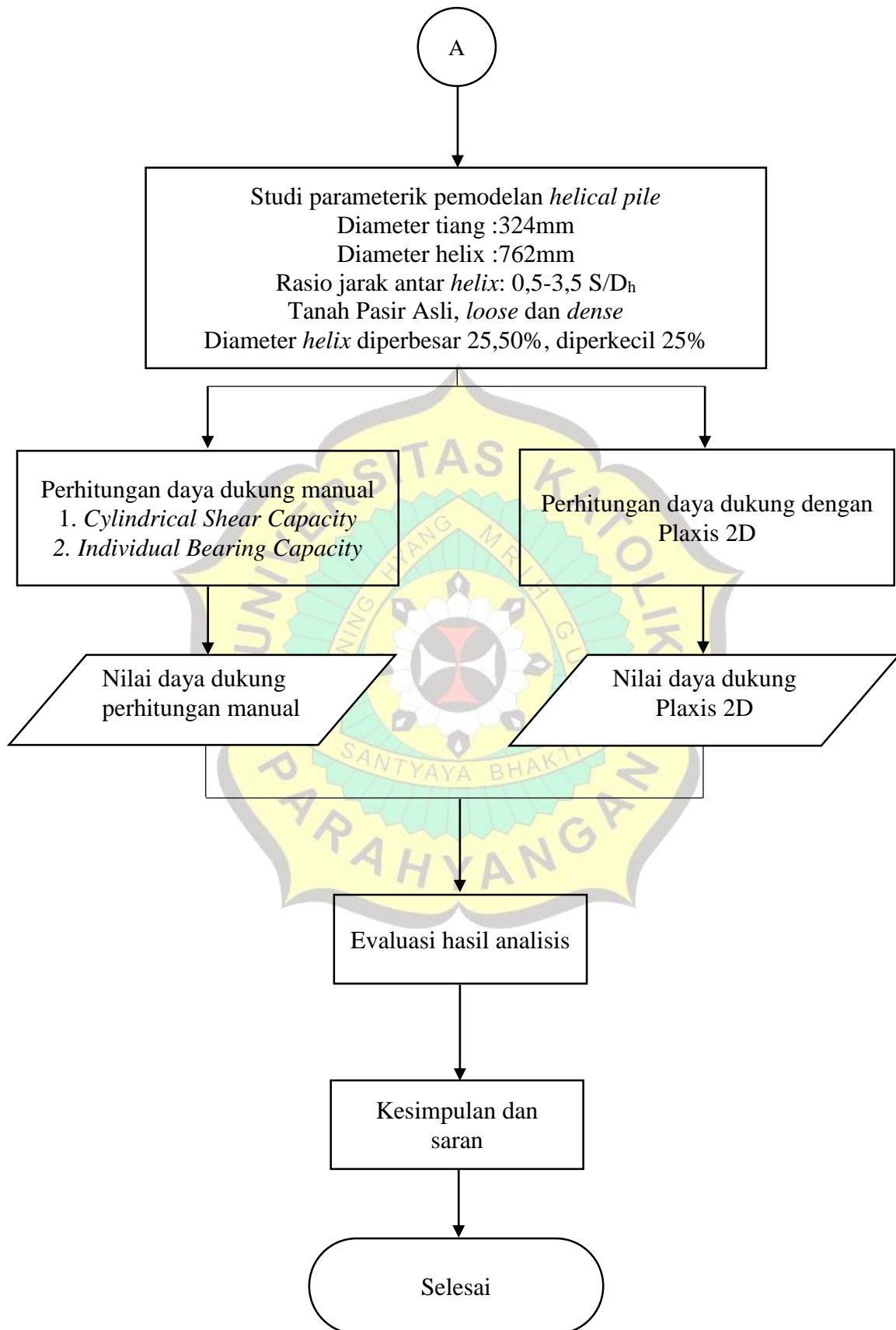
Menunjukkan hasil analisis numerik dari pemodelan dan dibandingkan dengan data lapangan yang terpublikasi serta perhitungan konvensional.

#### BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Menarik kesimpulan dari hasil analisis dilakukan serta memberikan saran untuk menunjang penelitian berikutnya terkait dengan *helical pile* serta penggunaan *helical pile* di lapangan.







Gambar 1.1 Diagram alir penelitian