

SKRIPSI

**ANALISIS NUMERIK DAYA DUKUNG FONDASI
TIANG DENGAN INOVASI *BIO-GEOTECHNICS*
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK**



YONATHAN PRASETYA ONGKOWIJOYO

NPM : 6101801075

PEMBIMBING: Aswin Lim, Ph.D.

KO-PEMBIMBING: Ryan Alexander Lyman, S.T., 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

2022

SKRIPSI
ANALISIS NUMERIK DAYA DUKUNG FONDASI
TIANG DENGAN INOVASI *BIO-GEOTECHNICS*
PADA TANAH LEMPUNG LUNAK



YONATHAN PRASETYA ONGKOWIJOYO


NPM : 6101801075


PEMBIMBING : Aswin Llm, Ph.D.

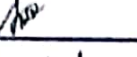
KO-PEMBIMBING : Ryan Alexander L., S.T., M.T.


PENGUJI 1 : Siska Rustland Irawan, Ir., M.T.

PENGUJI 2 : Budljanto Widjaja, Ph.D.









UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
(Terakreditasi berdasarkan SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-
PT/Akred/S/VII/2018)

BANDUNG

2022

PERNYATAAN

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

Nama : Yonathan Prasetya Ongkowijoyo
NPM : 6101801075
Program Studi : Geoteknik
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi^{*)} dengan judul:

Analisis Numerik Kajian Daya Dukung Inovasi Fondasi Tiang yang Menggunakan Konsep Biogeotechnics pada Tanah Lempung Lunak

adalah benar-benar karya saya sendiri di bawah bimbingan dosen pembimbing. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini, saya siap menanggung segala resiko, akibat, dan/atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya, termasuk pembatalan gelar akademik yang saya peroleh dari Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 20 Juli 2022



Yonathan Prasetya Ongkowijoyo

^{*)} coret yang tidak perlu

ANALISIS NUMERIK DAYA DUKUNG FONDASI TIANG DENGAN INOVASI *BIO-GEOTECHNICS* PADA TANAH LEMPUNG LUNAK

Yonathan Prasetya Ongkowijoyo

NPM : 6101801075

Pembimbing: Aswin Lim, Ph.D.

Ko-Pembimbing: Ryan Alexander Lyman, S.T.,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

2022

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji daya dukung inovasi fondasi tiang, yang disebut *Bio-inspired Root Anchored Pile* (BRAP), yang terinspirasi dari kerang bambu dan penjangkaran akar pohon. Pemodelan numerik dilakukan menggunakan perangkat lunak PLAXIS 3D dalam dua skema, *wish-in-place* dan *cast-in-place*, dan tanah lunak Jakarta Utara digunakan sebagai model tanah. Uji pembebanan aksial dilakukan untuk mendapatkan kurva penurunan-beban serta analisis proporsi daya dukung fondasi. Hasilnya menunjukkan bahwa terbentuk peningkatan daya dukung sebesar 14,66% hingga 25,08% pada inovasi fondasi tiang dibandingkan dengan tiang bor konvensional dengan sumbangsih *anchor bolt* sebesar 5,49% hingga 9,45% terhadap daya dukung total. Melalui hasil tersebut dapat dikatakan bahwa inovasi fondasi tiang pada penelitian ini dapat menjadi sebuah alternatif dalam mengatasi masalah tanah lunak daripada memperpanjang dan memperbesar ukuran tiang.

NUMERICAL ANALYSIS: THE STUDY OF BEARING CAPACITY OF PILE FOUNDATION INNOVATION WITH BIO-GEOTECHNICS CONCEPT IN SOFT CLAYEY SOIL

Yonathan Prasetya Ongkowijoyo

NPM : 6101801075

Advisor: Aswin Lim, Ph.D.

Co-Advisor: Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.

Parahyangan Catholic University

Civil Engineering Department

**(Accredited by SK-BAN PT Nomor: 1788/SK/BAN-
PT/Akred/S/VII/2018)**

BANDUNG

2022

ABSTRACT

This study analyze the bearing capacity of the innovation of pile foundation inspired by razor clam and the anchorage of tree root called Bio-inspired Root Anchored Pile (BRAP). Numerical modelling was done in two scheme, *wish-in-place* dan *cast-in-place*, using PLAXIS 3D, and North Jakarta's soft soil was used as the soil model. Loading test modelling was performed to obtain the load-settlement curve and also the bearing capacity proportion analysis. The results show, compared to the normally drilled pile, there's an increase in the bearing capacity of BRAP from 14.66% to 25.08%, with 5,49% to 9,45% of it is the contribution of the anchor bolt. These values show that BRAP could be an alternative strategy to overcome the soft soil problem instead of lengthening and enlarge its size.

PRAKATA

Segala puji dan syukur kepada TUHAN Allah penulis panjatkan atas berkat dan rahmat-Nya sehingga skripsi berjudul “Analisis Numerik Kajian Daya Dukung Inovasi Fondasi Tiang yang Menggunakan Konsep *Biogeotechnics* pada Tanah Lempung Lunak” dapat terselesaikan dengan baik. Skripsi ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dari Program Sarjana (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan.

Penulis sadari bahwa skripsi ini tidak mungkin diselesaikan tanpa dukungan, bimbingan, dan bantuan dari banyak pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada bapak dosen pembimbing, Aswin Lim, Ph. D., dan bapak ko-pembimbing, Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T., yang telah memberikan banyak bimbingan, arahan, serta motivasi selama seluruh proses penyusunan skripsi ini. Tidak lupa penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Seluruh dosen dan asisten dosen Program Studi Teknik Sipil UNPAR, terkhusus bapak Ignatius Tommy Pratama, S.T., M.S., dan ibu Theresita Herni Setiawan, Ir., M.T., serta seluruh staf pengajar yang telah memberikan banyak ilmu selama masa studi penulis di tingkat sarjana.
2. Keluarga yang terus mendoakan dan memberikan dukungan yang tak terhitung banyaknya.
3. Katherine Vanya Prasetya yang telah membantu, mendukung, memberi motivasi dan selalu hadir bagi penulis.
4. Ruth Irwin, Lisa Kurnia, Hanslaveda, Feby Novitania, Kevin Manuel, Billie Christian serta seluruh rekan-rekan Gereja Reformed Injili Indonesia (GRII) Bandung.
5. Stephanus Michael Budiman, Felix Jonathan Pamenan, rekan-rekan seperjuangan dalam bimbingan skripsi, serta seluruh teman-teman Teknik Sipil UNPAR Angkatan 2018 yang telah memberikan momen dan pengalaman berharga.

6. Juga seluruh pihak lainnya yang tidak dapat ditulis satu per satu atas dukungan, semangat, dan doa selama penulisan skripsi ini berlangsung.

Skripsi ini masih jauh dari sempurna, sehingga penulis sangat terbuka apabila ada masukan, kritik, atau saran yang membangun dan dapat menyempurnakan skripsi ini. Kiranya studi literatur ini dapat bermanfaat bagi para pembaca.

Bandung, 24 Juli 2022

Penulis

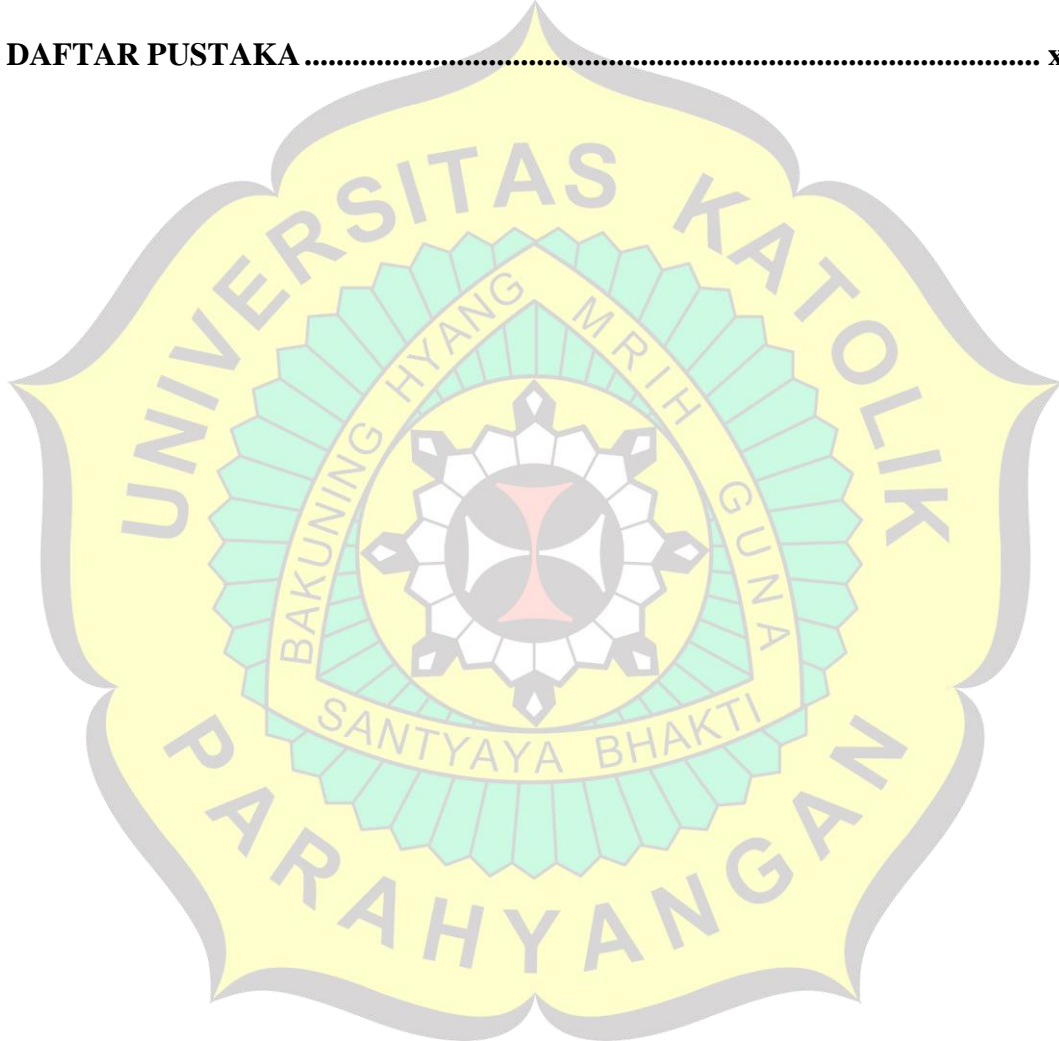


DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	ixx
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang.....	1-1
1.2 Inti Permasalahan	1-2
1.3 Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4 Lingkup Penelitian.....	1-2
1.5 Metode Penelitian.....	1-3
1.6 Sistematika Penelitian	1-3
1.7 Diagram Alir Penelitian.....	1-4
BAB 2 STUDI LITERATUR	2-1
2.1 Fondasi Tiang.....	2-1
2.2 <i>Biogeotechnics</i>	2-3
2.3 <i>Bio-inspired Root Anchored Pile (BRAP)</i>	2-5
2.4 Pemakaian Metode Elemen Hingga untuk Pemodelan Kasus-kasus Fondasi	2-8
2.4.1 Hubungan Tegangan dan Regangan pada Perangkat Lunak PLAXIS 3D.....	2-8

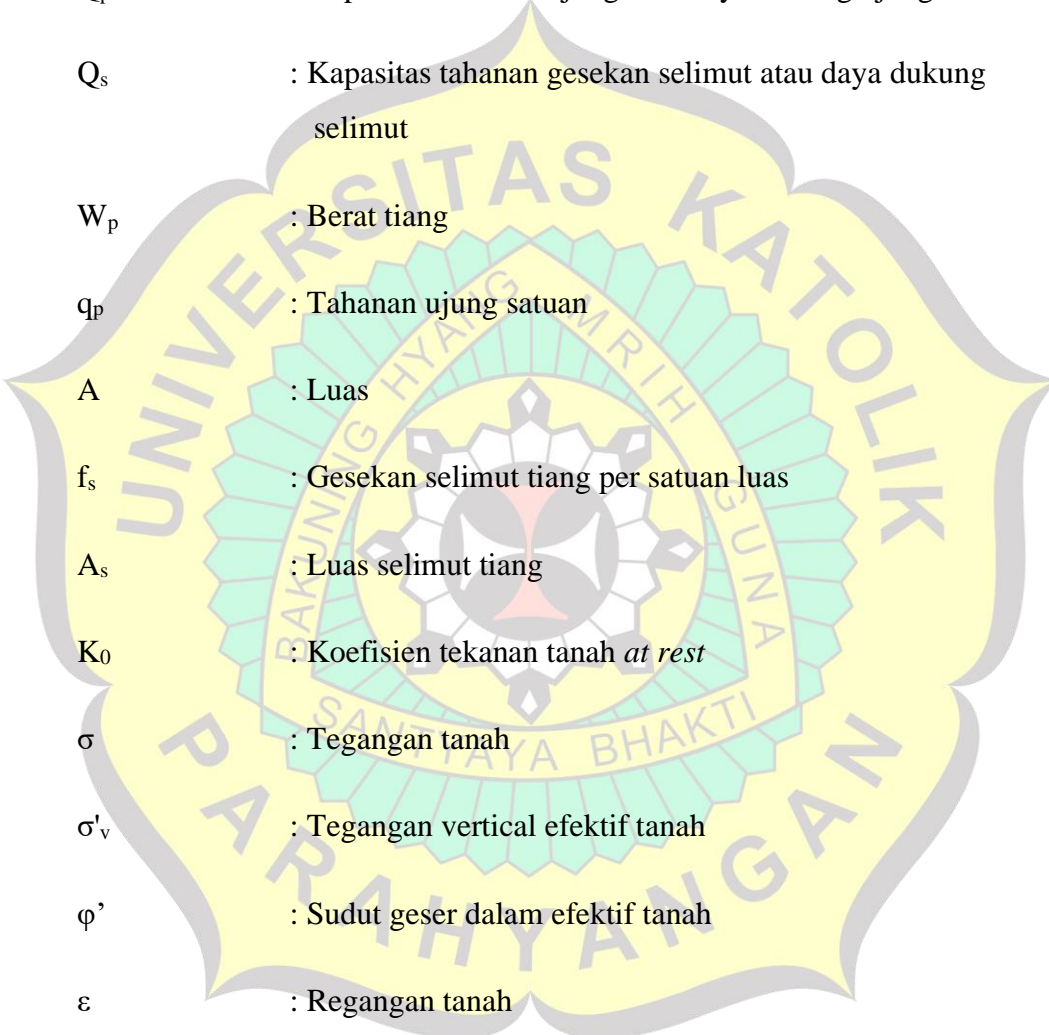
2.4.2	Model Konstitutif <i>Linear Elastic</i> pada Perangkat Lunak PLAXIS 3D	2-9
2.4.3	Model Konstitutif <i>Hardening Soil</i> pada Perangkat Lunak PLAXIS 3D.....	2-10
BAB 3 METODOLOGI ANALISIS		3-1
3.1	Analisis Balik Menggunakan Perangkat Lunak PLAXIS 3D	3-1
3.1.1	Project Properties.....	3-1
3.1.2	Pemodelan Tanah.....	3-3
3.1.3	Pemodelan Struktur.....	3-11
3.1.4	Diskretisasi (<i>Mesh</i>)	3-12
3.1.5	Penentuan Titik Nodal	3-14
3.1.6	Tahapan Konstruksi (<i>Staged Construction</i>).....	3-14
3.1.7	<i>Output</i> Perangkat Lunak PLAXIS 3D	3-16
3.2	Pemodelan BRAP Menggunakan Perangkat Lunak PLAXIS	3D 3-18
3.2.1	<i>Project Properties</i> & Pemodelan Tanah.....	3-18
3.2.2	Pemodelan Struktur.....	3-18
3.2.3	Diskretisasi (<i>Mesh</i>)	3-25
3.2.4	Penentuan Titik Nodal	3-25
3.2.5	Tahapan Konstruksi (<i>Staged Construction</i>).....	3-26
3.2.6	<i>Output</i> Perangkat Lunak PLAXIS 3D	3-30
BAB 4 DATA DAN ANALISIS.....		4-1
4.1	Data Acuan	4-1
4.1.1	Stratifikasi Tanah.....	4-1
4.1.2	Parameter Tiang.....	4-3
4.1.3	Hasil Uji Pembebanan	4-3
4.1.4	Bio-inspired Root-Anchored Pile	4-4

4.2	Data Hasil Analisis	4-5
4.2.1	Analisis Balik dengan Tiang Bor Konvensional.....	4-5
4.2.2	Hasil Analisis BRAP	4-3
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		5-1
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA		x

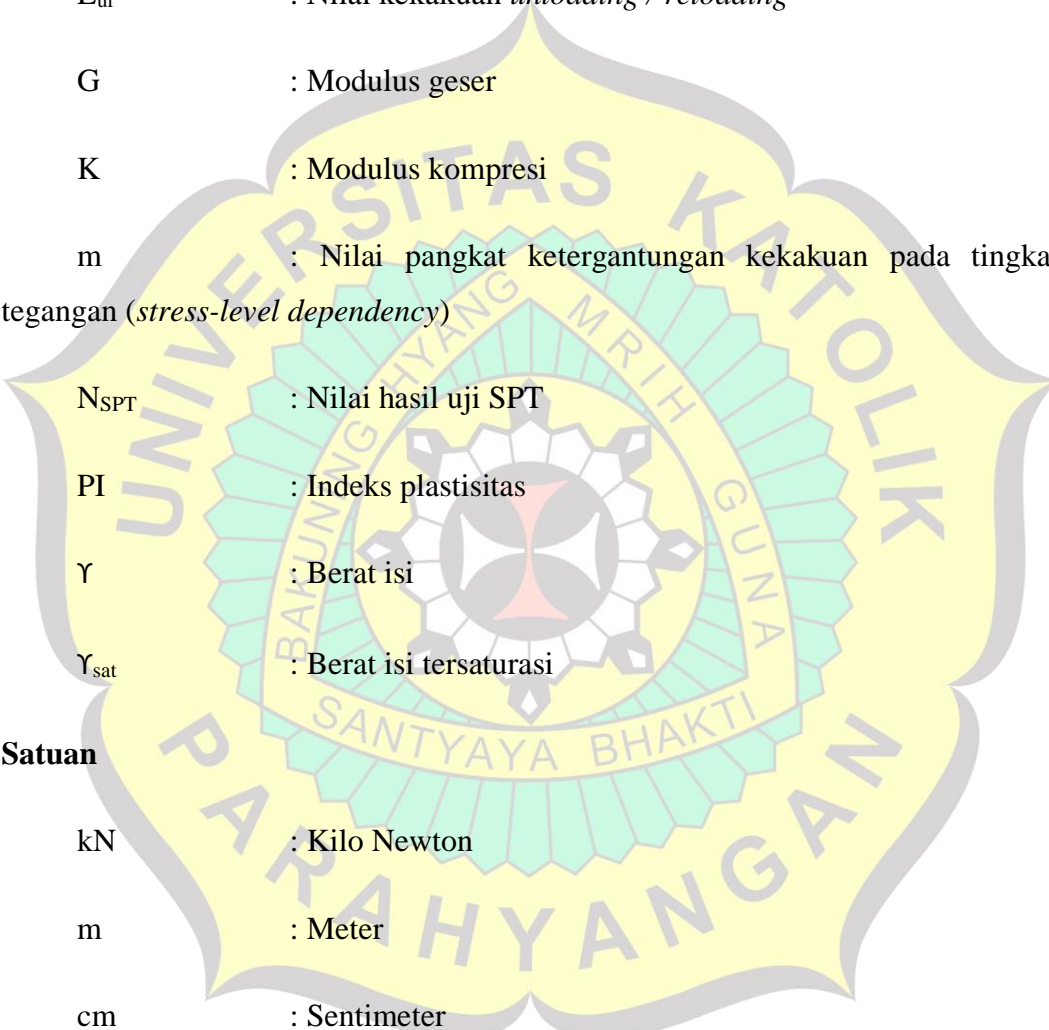


DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Notasi



Q_u	: Daya dukung ultimit
Q_p	: Kapasitas tahanan ujung atau daya dukung ujung
Q_s	: Kapasitas tahanan gesekan selimut atau daya dukung selimut
W_p	: Berat tiang
q_p	: Tahanan ujung satuan
A	: Luas
f_s	: Gesekan selimut tiang per satuan luas
A_s	: Luas selimut tiang
K_0	: Koefisien tekanan tanah <i>at rest</i>
σ	: Tegangan tanah
σ'_v	: Tegangan vertical efektif tanah
φ'	: Sudut geser dalam efektif tanah
ε	: Regangan tanah
ε^e	: Regangan elastis
ε^p	: Regangan plastis
ε^{cr}	: Regangan mulur
ε^{shr}	: Regangan susut



ν	: Angka Poisson
E	: Modulus Young
E_{50}	: Nilai kekakuan secant pada uji triaksial
E_{oed}	: Nilai kekakuan tangent pembebanan utama oedometer
E_{ur}	: Nilai kekakuan <i>unloading / reloading</i>
G	: Modulus geser
K	: Modulus kompresi
m	: Nilai pangkat ketergantungan kekakuan pada tingkat tegangan (<i>stress-level dependency</i>)
N_{SPT}	: Nilai hasil uji SPT
PI	: Indeks plastisitas
γ	: Berat isi
γ_{sat}	: Berat isi tersaturasi
Satuan	
kN	: Kilo Newton
m	: Meter
cm	: Sentimeter

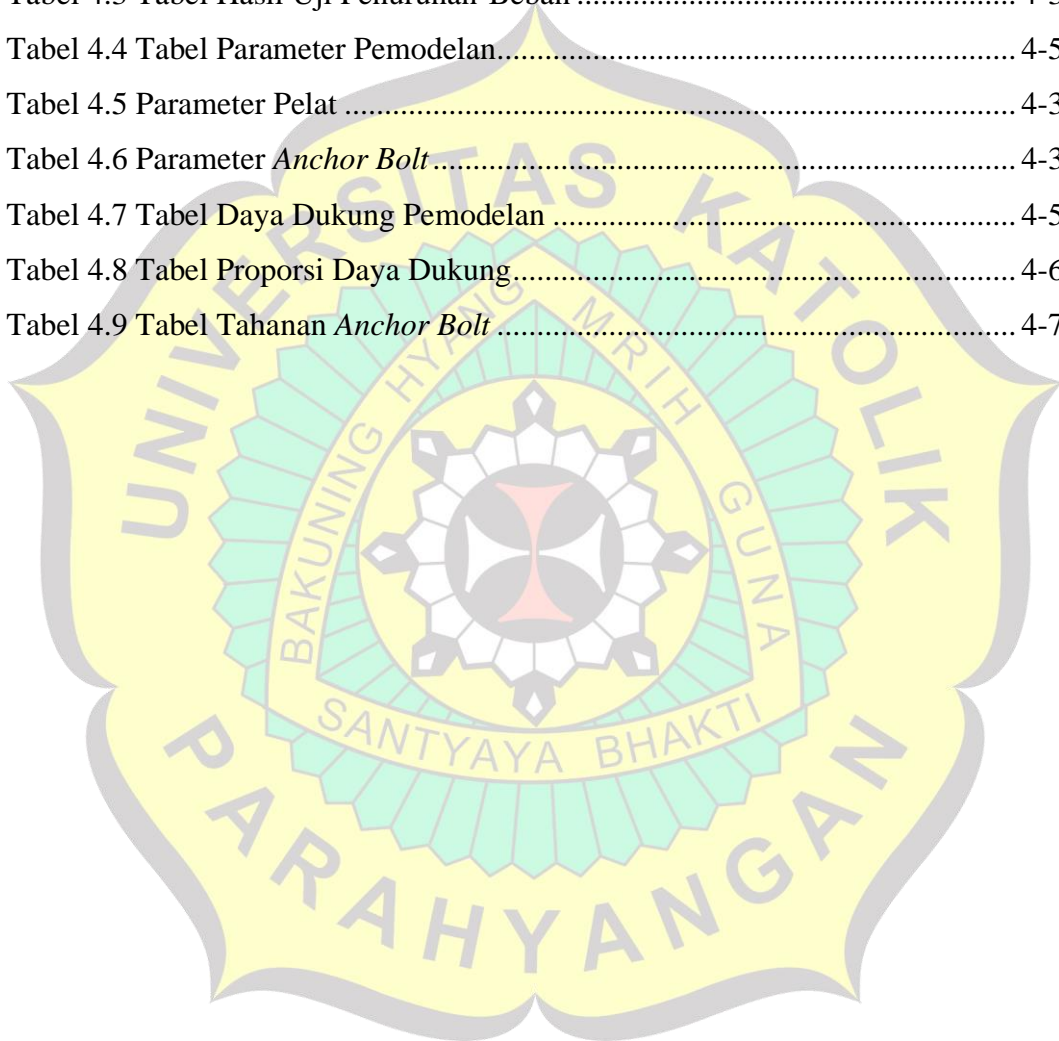
DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian	1-5
Gambar 2.1 Diagram Tingkatan Adopsi Proses <i>Bioinspiration</i>	2-5
Gambar 2.2 Mekanisme Gerak Kerang Bambu. (a) Kaki kerang menembus lumpur sementara tubuh & eksoskeletonnya menjangkar; (b) kerang mengempiskan tubuh & eksoskeletonnya saat hendak dimajukan.....	2-7
Gambar 2.3 Kurva Tegangan-Regangan Uji Triaxial.....	2-11
Gambar 3.1 Jendela <i>Project Properties – Tab Project</i>	3-2
Gambar 3.2 Jendela <i>Project Properties – Tab Model</i>	3-2
Gambar 3.3 Jendela <i>Boreholes</i>	3-3
Gambar 3.4 Jendela <i>Material Sets</i>	3-4
Gambar 3.5 Jendela <i>Input Parameter</i> Model Kontitutif <i>Hardening Soil</i>	3-6
Gambar 3.6 Grafik hubungan K_c , PI , dan OCR (Duncan dan Buchignani, 1987)	3-8
Gambar 3.7 Grafik Hubungan Variasi Sudut Geser terhadap Indeks Plastisitas untuk Beberapa Jenis Tanah Lempung (sesudah Bjerrum dan Simons, 1960)	3-8
Gambar 3.8 Jendela <i>Input Parameter</i> Material <i>Linear Elastic</i> untuk Beton – <i>Tab General</i>	3-9
Gambar 3.9 Jendela <i>Input Parameter</i> Material <i>Linear Elastic</i> untuk Beton – <i>Tab Parameter</i>	3-10
Gambar 3.10 Jendela <i>Input Parameter</i> Material Tanah – <i>Tab Interfaces</i>	3-11
Gambar 3.11 <i>Tab Structures</i>	3-12
Gambar 3.12 Jendela <i>Mesh Options</i>	3-13
Gambar 3.13 Hasil Diskretisasi Elemen	3-13
Gambar 3.14 Jendela Pemilihan Titik Nodal	14
Gambar 3.15 Pemodelan Tahapan Konstruksi pada <i>Tab Staged Construction – Tahap Awal</i>	3-15
Gambar 3.16 Pemodelan Tahapan Konstruksi pada <i>Tab Staged Construction – Tahap Pembuatan Tiang</i>	3-15

Gambar 3.17 Pemodelan Tahapan Konstruksi pada <i>Tab Staged Construction</i> – Tahap Pengaktifan <i>Interface</i> dan Pembebanan. (Tiga lapisan tanah teratas disembunyikan agar tiang dan <i>interface</i> tampak)	3-16
Gambar 3.18 Kurva Penurunan-Beban Hasil Analisis Balik	3-17
Gambar 3.19 Perbandingan Kurva Data Acuan dengan Hasil Analisis Balik ...	3-17
Gambar 3.20 Jendela <i>Polycurve – Tab General</i>	3-19
Gambar 3.21 Jendela <i>Polycurve – Tab Segments</i>	3-20
Gambar 3.22 Langkah Fitur yang Digunakan dalam Pembuatan Permukaan Lingkaran	3-20
Gambar 3.23 Permukaan Lingkaran	3-21
Gambar 3.24 Cara Melakukan <i>Extrude</i>	3-21
Gambar 3.25 Cara Mendekomposisi Kulit Tabung	3-22
Gambar 3.26 Pembuatan Kulit Tabung Baru	3-23
Gambar 3.27 Pembuatan <i>Negative Interface</i>	3-23
Gambar 3.28 Penerapan Gaya <i>Bentonite Slurry</i>	3-24
Gambar 3.29 Pengaturan Gaya <i>Bentonite Slurry</i>	3-25
Gambar 3.30 Fase Tahapan Konstruksi (BRAP sudah terbentuk sempurna)	3-26
Gambar 3.31 Langkah Pemodelan BRAP Sskema <i>Cast-in-Place</i>	3-27
Gambar 3.32 Tahapan Pemasukkan Pelat dan Pemasangan <i>Anchor Bolt</i>	3-28
Gambar 3.33 Penerapan Gaya Beton Segar	3-29
Gambar 3.34 <i>Output</i> PLAXIS 3D – Kurva Penurunan-Beban	3-30
Gambar 4.1 Grafik N_{SPT} Tanah Pemodelan	4-2
Gambar 4.2 Kurva Penurunan-Beban Data Acuan	4-4
Gambar 4.3 Skema Bentuk BRAP	4-4
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Kurva Pemodelan Tiang Konvensional dengan Data Acuan	4-2
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Hasil Pemodelan	4-4

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Pilihan Model Konstitutif.....	3-4
Tabel 3.2 Jenis <i>Drainage Type</i> dan Parameternya.....	3-5
Tabel 4.1 Tabel Parameter Data Acuan	4-2
Tabel 4.2 Parameter Material Tiang Fondasi	4-3
Tabel 4.3 Tabel Hasil Uji Penurunan-Beban	4-3
Tabel 4.4 Tabel Parameter Pemodelan.....	4-5
Tabel 4.5 Parameter Pelat	4-3
Tabel 4.6 Parameter <i>Anchor Bolt</i>	4-3
Tabel 4.7 Tabel Daya Dukung Pemodelan	4-5
Tabel 4.8 Tabel Proporsi Daya Dukung.....	4-6
Tabel 4.9 Tabel Tahanan <i>Anchor Bolt</i>	4-7



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : PERHITUNGAN MANUAL DAYA DUKUNG FONDASI TIANG BOR.....	L1-1
LAMPIRAN 2 : POTONGAN PEMODELAN.....	L2-1



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dekade terakhir ini, ilmu geoteknik mulai mengambil inspirasi dari dunia biologi dan menghasilkan sebuah cabang ilmu baru bernama *biogeotechnics*. Menurut CBBG UC Davis, *biogeotechnics* adalah subbidang ilmu geoteknik yang berfokus pada pengembangan teknologi berbasis *bioinspiration* dan *biomediation* untuk diterapkan pada ilmu teknik atau rekayasa. Beberapa penemuan *biogeotechnics* diantaranya adalah penggunaan *xanthan gum* biopolimer untuk bio remediasi tanah (Lim *et al* 2021), robot yang dapat menggali sendiri yang terinspirasi oleh kerang bambu (Tang *et al* 2020), serta inovasi bentuk dan mekanisme fondasi tiang (Aleali *et al* 2020). Penelitian ini akan berfokus pada inovasi *biogeotechnics* pada fondasi tiang.

Dalam meningkatkan daya dukung fondasi tiang, memperpanjang pembedaman tiang hingga mencapai lapisan tanah keras kerap kali dilakukan. Namun penerapan strategi konvensional demikian dinilai kurang efektif pada kondisi tanah dengan kedalaman tanah keras yang relatif dalam dan cenderung akan meningkatkan biaya konstruksi fondasi tiang tersebut.

Untuk mengatasi keterbatasan strategi konvensional di atas, salah satu penemuan terkini dikemukakan oleh Aleali *et al* 2020 melalui tiga buah ide inovasi untuk meningkatkan kapasitas tahanan gesek dari fondasi tiang yang terinspirasi dari makhluk hidup, yaitu kerang bambu, cacing tanah dan akar pohon atau rumput laut. Tiga ide tersebut adalah *Bioinspired Radially Expansive Pile (BREP)*, *Bioinspired Setae Anchored Pile (BSAP)*, dan *Bioinspired Root Anchored Pile (BRAP)* (Aleali *et al* 2020). Pada penelitian ini akan dimodelkan secara numerik salah satu inovasi di atas, yaitu *Bioinspired Root Anchored Pile (BRAP)* dengan menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga PLAXIS 3D.

1.2 Inti Permasalahan

Inti permasalahan dari penelitian ini adalah bahwa terdapat daerah-daerah tertentu dimana lapisan tanah keras terletak pada kedalaman yang relatif dalam atau didominasi oleh tanah lunak. Sehingga untuk penggunaan fondasi tiang yang mengandalkan daya dukung ujung dinilai kurang efektif baik dari segi teknis maupun biaya.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian skripsi ini adalah melakukan:

1. *Back analysis* tiang konvensional dengan model konstitutif *Hardening Soil*.
2. Pemodelan numerik fondasi BRAP.
3. Analisis perbandingan kapasitas aksial daya dukung fondasi BRAP terhadap tiang konvensional.
4. Analisis proporsi daya dukung fondasi BRAP.

1.4 Lingkup Penelitian

Lingkup penelitian skripsi ini adalah:

1. Data sekunder berupa data parameter tanah data hasil uji SPT, hasil uji pembebanan fondasi tiang pada tanah lunak di Jakarta Utara, *input parameter* hasil *back analysis* tanah – model konstitutif *Mohr-Coulomb*, dan *input parameter* material beton – model *Linear Elastic*.
2. Pemodelan akan dilakukan menggunakan model konstitutif *Hardening Soil*.
3. Analisis menggunakan bantuan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga yaitu PLAXIS 3D.

1.5 Metode Penelitian

Digunakan dua metode penelitian dalam skripsi ini, yaitu:

1. Studi Literatur

Studi literatur akan dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui jurnal, buku teks, skripsi maupun disertasi yang relevan, serta makalah untuk membantu memahami konsep dasar dalam melakukan pemodelan dan analisis.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa parameter tanah yang didapatkan melalui *back analysis*, hasil uji pembebanan lapangan, serta hasil pemodelan uji pembebanan.

3. Analisis dan Pemodelan

Data yang didapatkan digunakan untuk pemodelan menggunakan perangkat lunak metode elemen hingga PLAXIS 3D. Pemodelan kapasitas daya dukung aksial serta hasil analisis pemodelan uji pembebanan dibandingkan dengan data sekunder yang didapatkan.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penelitian skripsi ini terdiri dari:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, dan diagram alir penelitian.

BAB 2 STUDI LITERATUR

Bab ini membahas konsep dasar yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 3 METODOLOGI ANALISIS

Bab ini membahas metodologi analisis yang digunakan dalam menentukan daya dukung BRAP dengan menggunakan metode elemen hingga.

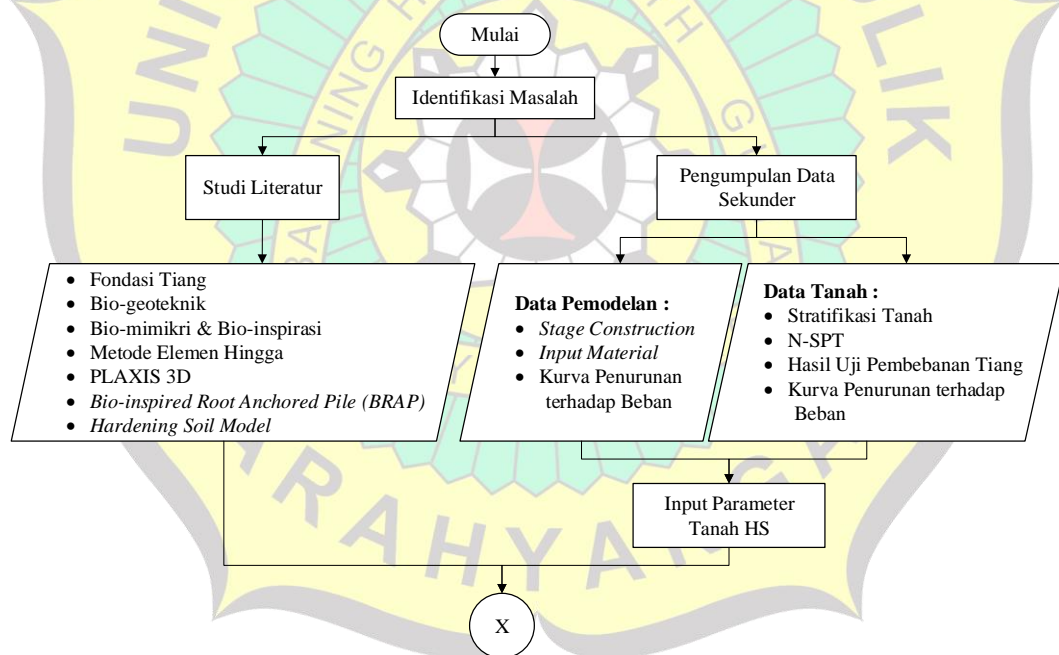
BAB 4 DATA DAN ANALISIS

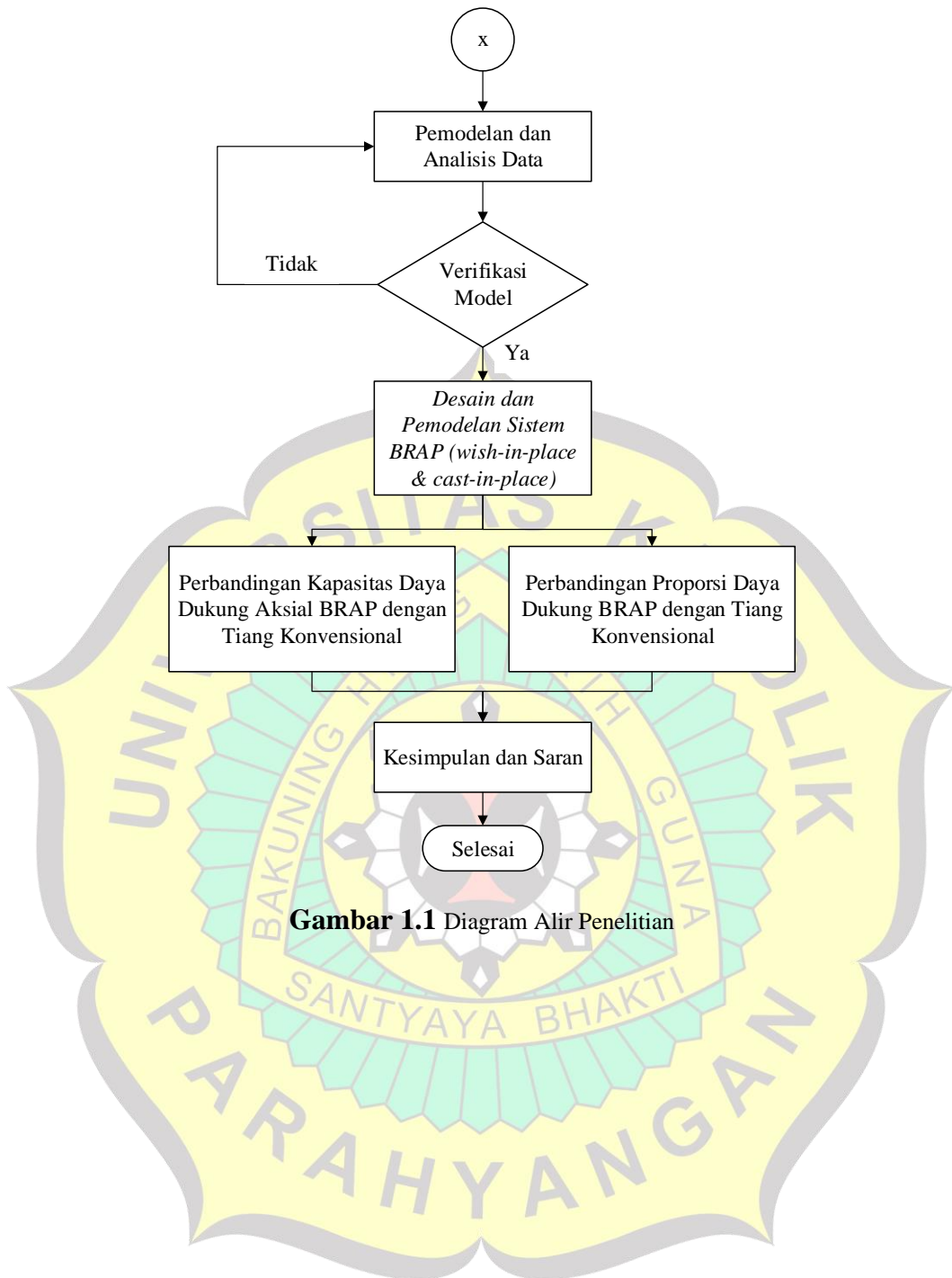
Bab ini menampilkan hasil pengolahan data dan analisis pengolahan data dari hasil penggunaan perangkat lunak PLAXIS 3D.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

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

1.7 Diagram Alir Penelitian





Gambar 1.1 Diagram Alir Penelitian