

SKRIPSI

**ANALISIS GALIAN DALAM MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA DUA DIMENSI DAN
METODE ELEMEN HINGGA SATU DIMENSI
(STUDI KASUS: PROYEK BASEMENT GEDUNG
PERKANTORAN DI TAIPEI)**



**GIOVANNI BINAR RADITYO
NPM : 2016410120**

PEMBIMBING: Aswin Lim, 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
JULI 2020**

SKRIPSI

**ANALISIS GALIAN DALAM MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA DUA DIMENSI DAN
METODE ELEMEN HINGGA SATU DIMENSI
(STUDI KASUS: PROYEK BASEMENT GEDUNG
PERKANTORAN DI TAIPEI)**



**GIOVANNI BINAR RADITYO
NPM : 2016410120**

PEMBIMBING: Aswin Lim, 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
JULI 2020**

SKRIPSI

**ANALISIS GALIAN DALAM MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA DUA DIMENSI DAN
METODE ELEMEN HINGGA SATU DIMENSI
(STUDI KASUS: PROYEK BASEMENT GEDUNG
PERKANTORAN DI TAIPEI)**



**GIOVANNI BINAR RADITYO
NPM : 2016410120**

**BANDUNG, 17 JULI 2020
PEMBIMBING:**

Aswin Lim, 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
JULI 2020**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama lengkap : Giovanni Binar Radityo

NPM : 2016410120

dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul: **“ANALISIS GALIAN DALAM MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA DUA DIMENSI DAN METODE ELEMEN HINGGA SATU DIMENSI (STUDI KASUS: PROYEK BASEMENT GEDUNG PERKANTORAN DI TAIPEI)”** adalah karya ilmiah yang bebas plagiat. Jika di kemudian hari terdapat plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Bandung, 10 Juli 2020



Giovanni Binar Radityo

2016410120

**ANALISIS GALIAN DALAM MENGGUNAKAN METODE
ELEMEN HINGGA DUA DIMENSI DAN METODE ELEMEN
HINGGA SATU DIMENSI (STUDI KASUS: PROYEK
BASEMENT GEDUNG PERKANTORAN DI TAIPEI)**

Giovanni Binar Radityo
NPM: 2016410120
Pembimbing: Aswin Lim., 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
JULI 2020

ABSTRAK

Meningkatnya urbanisasi yang terjadi di kota metropolitan akan mengakibatkan ketersediaan lahan semakin berkurang sehingga struktur bawah tanah merupakan solusi dari masalah tersebut. Galian dalam merupakan fasilitas penunjang dalam pengerjaan struktur bawah tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan antara dua metode elemen hingga yakni metode elemen hingga satu dimensi yang menggunakan peranti lunak TORSIA dan metode elemen hingga dua dimensi yang menggunakan peranti lunak PLAXIS dalam hal defleksi dinding diafragma dan penurunan muka tanah yang terjadi. Dua kasus galian yang terdokumentasi dengan baik yakni gedung Taiwan National Enterprise Center dan Formosa digunakan sebagai pembandingan antara kedua metode. Hasil dari kedua metode elemen hingga menghasilkan Defleksi dinding yang mendekati data lapangan. Metode elemen hingga satu dimensi mempunyai nilai NRMSE pada tahap akhir galian sebesar 20% untuk kasus TNEC namun nilai NRMSE ini lebih besar dibanding dengan metode elemen hingga dua dimensi yakni 9%. Untuk penurunan muka tanah metode elemen hingga satu dimensi mempunyai nilai NRMSE sebesar 17% dan 20% dengan metode elemen hingga dua dimensi. Hasil dari kasus galian TNEC mempunyai konsistensi yang sama pada kasus galian Formosa.

Kata kunci: Galian Dalam, Metode Elemen Hingga Satu Dimensi, Metode Elemen Hingga Dua Dimensi, Defleksi Dinding Diafragma, Penurunan Muka Tanah.

**DEEP EXCAVATION ANALYSIS USING TWO DIMENSIONAL
FINITE ELEMENT METHOD AND ONE DIMENSIONAL
FINITE ELEMENT METHOD (A CASE STUDY: TAIPEI OFFICE
BUILDING BASEMENT PROJECT)**

**Giovanni Binar Radityo
NPM: 2016410120**

Advisor: Aswin Lim., Ph.D.

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
(Accredited by SK BAN-PT Number: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
JULY 2020**

ABSTRACT

Rapid urbanization in the metropolitan city will cause reduced land availability so that underground structure is the solution to the problem. Deep excavation is supporting facilities on the underground structural work. The objective of this study is to compare between one-dimensional finite element method using TORSA and two-dimensional finite element method using PLAXIS in terms of wall deflection and ground surface subsidence. Two well-documented case histories of a deep excavation project were utilized as a comparison between the methods which are Taiwan National Enterprise Center and Formosa case. Results from both methods are close enough to field measurements. In last stage results from two-dimensional finite element method in term of wall deflection which has 9% of NRMSE is better than one-dimensional finite element method which has 20% of NRMSE. In term of ground surface subsidence one-dimensional finite element method which has 17% of NRMSE is better than two-dimensional method which has 20% of NRMSE. Results from the Formosa excavation case have the same consistency with the TNEC case.

Keywords: Deep Excavation, One-Dimensional Finite Element Method, Two-Dimensional Finite Element Method, Diaphragm Wall Deflection, Ground Surface Subsidence.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala kasih dan rahmat-Nya sehingga skripsi dengan judul Analisis Galian Dalam Menggunakan Metode Elemen Hingga Dua Dimensi dan Metode Elemen Hingga Satu Dimensi (Studi Kasus: Proyek Basement Gedung Perkantoran di Taipei) ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini merupakan syarat akademik untuk menyelesaikan jenjang studi Sarjana Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan.

Selama penyusunan skripsi ini penulis memperoleh banyak dukungan, saram, kritik dari berbagai pihak sehingga segala kendala dapat teratasi dan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

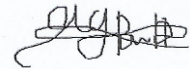
1. Bapak Aswin Lim., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah berkenan menjadi pembimbing yang memberikan ide, referensi, saran dan masukan selama proses pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak Prof. Paulus Pramono Rahardjo., Ph.D., Bapak Budijanto Widjaja., Ph.D., Ibu Anastasia Sri Lestari, Ir., M.T., Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., Ibu Dr. Rinda Karlinasari dan Bapak Aflizal Areffianto, S.T., M.T selaku dosen KBI Geoteknik yang telah memberikan saran dan masukan pada pembuatan skripsi ini.
3. Seluruh dosen dan asisten Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan referensi kepada penulis selama masa studi di Universitas Katolik Parahyangan.
4. Kedua orang tua dan keluarga yang tidak pernah lelah memberikan semangat, dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
5. Teman-teman angkatan 2016 dan keluarga besar Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Teman-teman terdekat penulis selama perkuliahan dalam Binar Umbu Ledi, Marvell Hawk, Diego Kevin, Jourdan Umbu, Ezra Sultan, Calvin Yohannes,

Norbertus Wiliam, Johannes Pauli dan Angga yang selalu memberikan semangat canda-tawa dan mengingap dikost selama perkuliahan.

7. Teman-teman terdekat penulis Anggita Hutaaruk, Gabriella Junico, Flavia Frederick, Karen Gratiana, Angie Oriana, Jonathan Wijaya, Natalia, Astari, Fendy Tan, Yiska Vivian, Yosef Huntaryo dan Angelina yang selalu memberikan saran dan memberi semangat kepada penulis.
8. Teman-teman SMA penulis Anastasia, Darsan Marco, Sampoerna Bakti, Tasya Law, Michael Mahendra yang selalu memberikan canda-tawa dan semangat sampai saat ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis dengan senang hati menerima saran dan masukan yang membangun dari pembaca. Skripsi ini diharapkan dapat berguna bagi pembaca dan menambah wawasan dalam perkembangan ilmu khususnya dalam bidang Teknik Sipil

Bandung, 11 Juni 2020



Giovanni Binar Radityo

2016410120

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR NOTASI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
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	1-3
1.5 Metode Penelitian	1-3
1.6 Sistematika Penelitian	1-4
1.7 Diagram Alir Penelitian	1-4
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1 Galian Dalam	2-1
2.1.1 <i>Full Open Cut Methods</i>	2-1
2.1.2 <i>Braced Excavation Method</i>	2-2
2.1.3 <i>Anchored Excavation Method</i>	2-4
2.1.4 <i>Island Excavation Method</i>	2-7
2.1.5 <i>Top-Down Construction Method</i>	2-8
2.1.6 <i>Zoned Excavation Method</i>	2-10

2.2	Dinding Diafragma.....	2-11
2.3	Tekanan Tanah Lateral.....	2-15
2.3.1	Tekanan Tanah Aktif dan Pasif Tanah Pasir	2-15
2.3.2	Tekanan Tanah Aktif dan Pasif pada Tanah Lempung	2-16
2.3.3	Tekanan Tanah <i>at-rest</i> Pada Tanah Pasir dan Lempung	2-16
2.4	Metode Numerik Elemen Hingga Dalam Analisis Geoteknik	2-16
2.4.1	Pendekatan Balok-pegas dan Metode Elemen Hingga Satu Dimensi.....	2-18
2.4.2	Metode Numerik Elemen Hingga Lengkap dengan PLAXIS 2D .	2-25
2.5	Model Konstitutif Tanah Mohr-Coulomb	2-28
2.6	Analisis Terdrainase dan Tak Terdrainase	2-29
2.7	Analisis Total Stress dan Effective Stress	2-29
2.8	Karakteristik Deformasi Struktur Penahan Tanah dan Penurunan Muka Tanah	2-30
2.8.1	Deformasi Struktur Penahan Tanah.....	2-30
2.8.2	Penurunan Muka tanah	2-33
2.9	Metode RMSE (Root Mean Square Error) dan NRMSE (Normalized Root Mean Square Error)	2-36
2.10	Ringkasan Studi Literatur.....	2-37
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	3-1
3.1	Prosedur Analisis dengan TORSAS 3	3-1
3.1.1	Bagian Pemasukan.....	3-1
3.1.2	Bagian Perhitungan	3-5
3.1.3	Bagian <i>Output</i>	3-6
3.2	Prosedur Analisis menggunakan PLAXIS 2D	3-7
3.2.1	Tahapan Pemasukan pada Program PLAXIS	3-7
3.2.2	Tahapan Perhitungan	3-9
3.2.3	Tahapan keluaran.....	3-9

BAB 4 DATA DAN ANALISIS DATA	4-1
4.1 Ketersediaan Data Sekunder	4-1
4.2 Analisis Deformasi Dinding Diafragma dan Penurunan Muka Tanah Menggunakan PLAXIS dan TORSA (TNEC Case).....	4-4
4.2.1 Parameter Desain Tanah (TNEC)	4-6
4.2.2 Elemen Struktur	4-8
4.2.3 Tahapan Konstruksi	4-9
4.2.4 Hasil Analisis Deformasi Dinding Diafragma dan Penurunan Muka Tanah	4-16
4.3 Analisis Deformasi Dinding Diafragma dan Penurunan Muka Tanah Menggunakan PLAXIS dan TORSA (Formosa Case)	4-29
4.3.1 Parameter Desain Tanah (Formosa Case).....	4-30
4.3.2 Elemen Struktur	4-33
4.3.3 Tahapan Konstruksi	4-34
4.3.4 Hasil Analisis Deformasi Dinding Diafragma dan Penurunan Muka Tanah	4-41
4.4 Distribusi Tegangan Lateral Tanah.....	4-50
4.5 Analisis Statistik Pada Kedua Kasus Galian.....	4-57
 BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	 5-1
5.1 Kesimpulan	5-1
5.2 Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA	xxiii

DAFTAR NOTASI

P_a	= Tekanan Tanah Lateral Aktif (kPa)
P_p	= Tekanan Tanah Lateral Pasif (kPa)
K_a	= Koefisien Tekanan Lateral Aktif
K_p	= Koefisien Tekanan Lateral Pasif
K_0	= Koefisien Tekanan Lateral <i>At-rest</i>
σ'_v	= Tegangan Tanah Efektif (kPa)
σ_v	= Tegangan Tanah Total (kPa)
u_w	= Tekanan Hidrostatik (kPa)
δ	= Gesekan Antara Tanah dan Dinding ($^\circ$)
ϕ	= Sudut Geser Tanah Total ($^\circ$)
ϕ'	= Sudut Geser Tanah Efektif ($^\circ$)
c	= Kekuatan Geser Tanah (kPa)
c'	= Kekuatan Geser Tanah Efektif (kPa)
S_u	= Kekuatan Geser Tak Terdrainase Tanah (kPa)
S_{uw}	= Adhesi Antara Dinding dengan Tanah (kPa)
OCR	= <i>Over Consolidated Ratio</i>
K_h	= Modulus <i>Subgrade Reaction</i> (kN/m^3)
$[K]$	= Matriks Kekakuan Global
$[k^e]$	= Matriks Kekakuan Elemen
$\{q\}$	= Matriks Perpindahan Nodal
$\{p\}$	= Matriks Beban
Q_i	= Beban Pada noda di i
Q_j	= Beban Pada noda di j
ν	= <i>Poisson's Ratio</i>
ν'	= <i>Poisson's Ratio</i> Efektif
ν_{ur}	= <i>Unloading-Reloading Poisson's Ratio</i>
E	= Modulus Elastisitas (MPa)
E'	= Modulus Elastisitas Tanah Efektif (MPa)
E_{ur}	= Modulus Elastisitas Tanah Kondisi <i>Unloading-Reloading</i> (MPa)

- Ψ = Sudut Dilatasi ($^{\circ}$)
 I = Momen Inersia (mm^4)
 γ = Berat Isi Tanah (kN/m^3)
 f'_c = Mutu Kuat Tekan Beton (MPa)
 N = Nilai N-SPT



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Alir Studi	1-6
Gambar 2.1 Galian Terbuka dengan Kemiringan Lereng (Ou, 2006).....	2-2
Gambar 2.2 Galian Dalam dengan Dinding Kantilever (Ou, 2006).....	2-2
Gambar 2.3 Galian Dalam dengan Metode Sistem Bracing (Ou, 2006) (a) Potongan Melintang dan (b) Denah.....	2-3
Gambar 2.4 Galian Dalam dengan Sistem Angkur (Ou, 2006).....	2-4
Gambar 2.5 Bagian Sistem Angkur (Ou, 2006)	2-5
Gambar 2.6 Profil Sistem Proteksi Galian Dalam Dengan Angkur (Ou, 2006).....	2-6
Gambar 2.7 Masalah <i>Groundwater Flow</i> Pada Sistem Proteksi Angkur (Ou, 2006).....	2-6
Gambar 2.8 <i>Island Excavation Method</i> (Ou, 2006).....	2-8
Gambar 2.9 Metode Konstruksi <i>Top-Down</i> (Ou, 2006).....	2-10
Gambar 2.10 Perencanaan Metode Konstruksi <i>Zoned Excavation</i> (Ou, 2006).....	2-11
Gambar 2.11 Prosedur Konstruksi pada Dinding Diafragma : (a) Konstruksi Dinding Pengarah, (b) Penggalian, (c) Pemasangan Tulangan, dan (d) Pengecoran Beton (Ou, 2006).....	2-12
Gambar 2.12 Prosedur Konstruksi Dinding Diafragma: (a) Penggalian , (b) Instalasi Pipa Baja, (c) Penempatan <i>Steel Cage</i> , (d) Pengecoran Beton (Ou, 2006).....	2-13
Gambar 2.13 Sambungan Dinding Diafragma : <i>Connection Pipe Method</i> (Ou, 2006).....	2-14
Gambar 2.14 Sambungan Tipe End-Plate (Ou, 2006).....	2-14
Gambar 2.15 Pendekatan Balok-Pegas (Potts & Zdravković, 1999)	2-19
Gambar 2.16 Model <i>Beam On Elasto-Pastic Foundation</i> (Ou, 2006).....	2-20
Gambar 2.17 <i>Beam On Elastic Foundation</i> : (A) Pegas Berada pada kedua Sisi Galian, (B) Tekanan <i>At-Rest</i> sebelum Penggalian, (C) Distribusi Tekanan Tanah Lateral di Kedua Sisi Galian Sebelum Dinding Berdeformasi dan (D) Distribusi Tekanan Lateral Tanah di Kedua Sisi Dinding Setelah Berdeformasi (Ou, 2006)	2-21

Gambar 2.18 Diagram Model <i>Elasto-Plastic</i> (TORSAS3 Theoretical Background).....	2-22
Gambar 2.19 Elemen Balok dengan 2 noda dan 2 <i>Degree of Freedom</i>	2-23
Gambar 2.20 Distribusi Gaya pada Balok dengan 2 Degree Of Freedom.....	2-24
Gambar 2.21 Perbedaan Lintasan Tegangan Model Mohr Coulomb <i>Undrained A</i> dan <i>Undrained B</i> (Gouw, 2014)	2-27
Gambar 2.22 <i>Plane Strain</i> (Kiri) dan <i>Axisymmetric</i> (Kanan) (Brinkgreve R et al., 2019)	2-28
Gambar 2.23 Model Mohr-Coulomb (Gouw, 2014).....	2-28
Gambar 2.24 Hubungan antara Pergerakan Maksimum Dinding, Kekakuan Struts, dan Faktor Keamanan Basal Heave (Clough & O'Rourke, 1990)	2-31
Gambar 2.25 Hubungan antara Pergerakan Lateral Maksimum Dinding dengan Kedalaman (Ou & Shiau, 1993).....	2-32
Gambar 2.26 Hubungan antara Kedalaman Penetrasi Dinding dengan Pergerakan Lateral Dinding (Ou, 2006).....	2-33
Gambar 2.27 Profil Penurunan Muka Tanah (Hsieh & Ou, 1998)	2-34
Gambar 2.28 <i>Primary Influence Zone</i> Dan <i>Secondary Influence Zone</i> (Hsieh & Ou, 1999).....	2-35
Gambar 3.1 <i>Basic data</i>	3-1
Gambar 3.2 Tabel <i>Input</i> Parameter	3-2
Gambar 3.3 Menu perhitungan pada TORSAS 3.....	3-5
Gambar 3.4 Contoh Hasil <i>Output</i> TORSAS 3 (DMS Diagram)	3-6
Gambar 3.5 Hasil perhitungan secara rinci	3-6
Gambar 4.1 Potongan geoteknik TNEC Case (Lim et al., 2017).....	4-2
Gambar 4.2 Data Geoteknik pada TNEC Case (Ou, 2006)	4-3
Gambar 4.3 Potongan Geoteknik Formosa Case (Lim et al., 2017)	4-4
Gambar 4.4 Model Simetri dan Finite Element Mesh pada PLAXIS 2D V20 (TNEC)	4-5
Gambar 4.5 Model Geometri pada Program TORSAS (TNEC).....	4-5

Gambar 4.6 Tahap pertama : Instalasi Dinding Diafragma.....	4-9
Gambar 4.7 Tahap kedua : Galian Pertama sedalam 2,8 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA	4-9
Gambar 4.8 Tahap ketiga : Pemasangan strut baja H300 dengan Beban Prakerja(a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-10
Gambar 4.9 Tahap keempat : Galian kedua hingga kedalaman 4,9 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-10
Gambar 4.10 Tahap kelima : pemasangan <i>Slab</i> 15 cm pada Elevasi -3,5 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-11
Gambar 4.11 Tahap keenam : melepaskan <i>Strut</i> Baja H300 pada Elevasi -2 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-11
Gambar 4.12 Tahap ketujuh: Galian ketiga hingga Elevasi -8,6 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-12
Gambar 4.13 Tahap kedelapan: Pemasangan <i>Slab</i> 15 cm pada Elevasi -7,1 meter (a) PLAXIS dan (b) Torsa.....	4-12
Gambar 4.14 Tahap kesembilan : Galian keempat hingga Elevasi -11,8 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-13
Gambar 4.15 Tahap kesepuluh : Pemasangan <i>Slab</i> 15 cm pada Elevasi -10,3 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-13
Gambar 4.16 Tahap kesebelas: Galian kelima hingga Elevasi -15,2 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-14
Gambar 4.17 Tahap keduabelas : Pemasangan slab 15 cm pada Elevasi -13,7 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-14
Gambar 4.18 Tahap ketigabelas: Galian keenam, hingga Elevasi -17,3 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-15
Gambar 4.19 Tahap keempatbelas: Pemasangan <i>Strut</i> Baja H400 dengan <i>Pre- Load</i> pada Elevasi -16.5 meter(a) PLAXIS dan (b) TORSA	4-15
Gambar 4.20 Tahap kelimabelas : Galian terakhir hingga Elevasi -19,7 meter (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-16
Gambar 4.21 Kh Fukuoka—Yudu, Akao—Gaoqiao	4-17

Gambar 4.22	Defleksi Dinding dengan Kh Fukuoka—Yudu, Akao—Gaoqiao...	4-18
Gambar 4.23	Kh Ou.....	4-19
Gambar 4.24	Defleksi Dinding dengan Menggunakan Kh Ou.....	4-20
Gambar 4.25	Hasil Defleksi Dinding Diafragma tahap 1 (kiri) dan tahap 2 (kanan)	4-21
Gambar 4.26	Hasil Defleksi Dinding Diafragma tahap 3 (kiri) dan tahap 4 (kanan)	4-21
Gambar 4.27	Hasil Defleksi Dinding Diafragma Tahap 5 (kiri) dan Tahap 6 (kanan)	4-22
Gambar 4.28	Hasil Defleksi Dinding Diafragma Tahap 7.....	4-22
Gambar 4.29	Nilai Kh <i>back analysis</i>	4-25
Gambar 4.30	Penurunan Muka Tanah (TNEC) Tahap 1 (atas) dan Tahap 2 (bawah)	4-26
Gambar 4.31	Penurunan Muka Tanah (TNEC) Tahap 3 (atas) Tahap 4 (tengah) dan Tahap 5 (bawah)	4-27
Gambar 4.32	Penurunan Muka Tanah (TNEC) Tahap 6 (atas) dan Tahap 6 (bawah)	4-28
Gambar 4.33	Model Simetri dan <i>Finite Element Mesh</i> pada PLAXIS 2D (Formosa Case)	4-30
Gambar 4.34	Model Geometri pada Program TORSA (Formosa Case)	4-30
Gambar 4.35	Perbandingan nilai Kh.....	4-32
Gambar 4.36	Tahap pertama (Formosa Case)	4-34
Gambar 4.37	Tahap kedua: Galian Pertama (a) PLAXIS dan (b) TORSA	4-34
Gambar 4.38	Tahap ketiga: Pemasangan <i>Strut</i> Baja H300 (a) PLAXIS dan (b) TORSA	4-35
Gambar 4.39	Tahap keempat: Galian kedua(a) PLAXIS dan (b) TORSA	4-35
Gambar 4.40	Tahapan kelima: Pemasangan <i>Strut</i> Baja H350 (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-36
Gambar 4.41	Tahap keenam: Galian ketiga (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-36

Gambar 4.42 Tahapan ketujuh: Pemasangan <i>strut</i> baja H400 (a) PLAXIS dan (b) TORSA	4-37
Gambar 4.43 Tahap kedelapan: Galian keempat (a) PLAXIS dan (b) TORSA....	4-37
Gambar 4.44 Tahap kesembilan: Pemasangan <i>Strut</i> Baja 2H350 (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-38
Gambar 4.45 Tahap kesepuluh: Galian kelima (a) PLAXIS dan (b)TORSA	4-38
Gambar 4.46 Tahap kesebelas: Pemasangan <i>Strut</i> Baja 2H400 (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-39
Gambar 4.47 Tahap keduabelas: Galian keenam (a) PLAXIS dan (b) TORSA ...	4-39
Gambar 4.48 Tahap ketigabelas: Pemasangan <i>Strut</i> Baja 2H400 (a) PLAXIS dan (b) TORSA.....	4-40
Gambar 4.49 Tahap terakhir (a) PLAXIS dan (b) TORSA	4-40
Gambar 4.50 Defleksi Dinding dengan Kh Fukuoka--Yudu, Akai--Gaoqiao (kiri) dan Kh Ou (kanan)	4-41
Gambar 4.51 Defleksi Dinding Diafragma (Formosa) Tahap 1-2	4-42
Gambar 4.52 Pergeseran Dinding Diafragma (Formosa) Tahap 3-4	4-42
Gambar 4.53 Defleksi Dinding Diafragma (Formosa) Tahap 5-6	4-43
Gambar 4.54 Defleksi Dinding Diafragma (Formosa) Tahap 7.....	4-43
Gambar 4.55 Nilai Kh vs Kedalaman Program TORSA (Formosa)	4-45
Gambar 4.56 Penurunan Muka Tanah (Formosa) Tahap 1 (atas) 2 (tengah) dan 3 (bawah)	4-46
Gambar 4.57 Penurunan Muka Tanah (Formosa) Tahap 4 (atas) 5 (tengah) 6 (bawah).....	4-47
Gambar 4.58 Penurunan Muka Tanah (Formosa) tahap 7	4-48
Gambar 4.59 Tegangan Lateral Tanah TNEC Tahap 1.....	4-50
Gambar 4.60 Tegangan Lateral Tanah TNEC Tahap 3.....	4-51
Gambar 4.61 Tegangan Lateral Tanah TNEC Tahap 7.....	4-52
Gambar 4.62 Tegangan Lateral Tanah Formosa Tahap 1	4-53
Gambar 4.63 Tegangan Lateral Tanah Formosa Tahap 3	4-54
Gambar 4.64 Tegangan Lateral Tanah Formosa Tahap 7	4-55

Gambar 4.65 RMSE Defleksi Dinding (TNEC)	4-57
Gambar 4.66 RMSE Penurunan Muka Tanah (TNEC)	4-58
Gambar 4.67 RMSE Penurunan Defleksi Dinding (Formosa)	4-58
Gambar 4.68 RMSE Penurunan Muka Tanah (Formosa).....	4-59
Gambar 4.69 NRMSE Defleksi Dinding (TNEC)	4-60
Gambar 4.70 NRMSE Penurunan Muka Tanah (TNEC)	4-60
Gambar 4.71 NRMSE Defleksi Dinding (Formosa).....	4-61
Gambar 4.72 NRMSE Penurunan Muka Tanah (Formosa).....	4-61



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Solusi dari beberapa Metode Analisis (Potts & Zdravković, 1999).....	2-17
Tabel 2.2 Solusi Prosedur Design dari beberapa Metode Analisis (Potts & Zdravković, 1999)	2-18
Tabel 2.3 Analisis Model PLAXIS (Gouw, 2014).....	2-26
Tabel 3.1 Jarak spasi noda maksimum (m)	3-2
Tabel 4.1 Parameter Input Program TORSА (TNEC Case).....	4-6
Tabel 4.2 Parameter <i>Input</i> Program PLAXIS 2D (TNEC) Material <i>Undrained</i>	4-7
Tabel 4.3 Parameter Input Program PLAXIS 2D (TNEC) Material <i>Drained</i>	4-7
Tabel 4.4 Parameter Input Dinding Diafragma (TNEC).....	4-8
Tabel 4.5 Parameter Input Pengaku Lateral (TNEC)	4-8
Tabel 4.6 Parameter Input Program TORSА (Formosa Case).....	4-31
Tabel 4.7 Parameter Input Program PLAXIS 2D (Formosa Case)	4-31
Tabel 4.8 Parameter <i>Input</i> Dinding Diafragma (Formosa Case).....	4-33
Tabel 4.9 Paramter Kekuatan Strut Baja (Formosa Case).....	4-33

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 PERHITUNGAN ELEMEN STRUKTUR (FORMOSA DAN TNEC CASE)	L1-1
LAMPIRAN 2 PERHITUNGAN RMSE DEFLEKSI DINDING PLAXIS (TNEC CASE).....	L2-1
LAMPIRAN 3 PERHITUNGAN RMSE PENURUNAN MUKA TANAH PLAXIS (TNEC CASE).....	L3-1
LAMPIRAN 4 PERHITUNGAN RMSE DEFLEKSI DINDING TORSIA (TNEC CASE).....	L4-1
LAMPIRAN 5 PERHITUNGAN RMSE PENURUNAN MUKA TANAH TORSIA (TNEC CASE).....	L5-1
LAMPIRAN 6 PERHITUNGAN RMSE DEFLEKSI DINDING PLAXIS (FORMOSA CASE).....	L6-1
LAMPIRAN 7 PERHITUNGAN RMSE PENURUNAN MUKA TANAH PLAXIS (FORMOSA)	L7-1
LAMPIRAN 8 PERHITUNGAN RMSE DEFLEKSI DINDING TORSIA (FORMOSA).....	L8-1
LAMPIRAN 9 PERHITUNGAN RMSE PENURUNAN MUKA TANAH TORSIA (FORMOSA).....	L9-1
LAMPIRAN 10 PERHITUNGAN NRMSE TNEC CASE	L10-1
LAMPIRAN 11 PERHITUNGAN NRMSE FORMOSA CASE.....	L11-1

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya urbanisasi yang terjadi di kota besar dunia (United Nations, 2018) mengakibatkan kebutuhan tempat untuk beraktivitas meningkat, namun peningkatan ini tidak diiringi dengan ketersediaan lahan yang memadai. Salah satu solusi dari masalah ini adalah dengan membangun struktur di bawah tanah. Sebagai contoh stasiun kereta bawah tanah, *basement* untuk tempat parkir kendaraan, dan pusat perbelanjaan bawah tanah. Oleh karena itu galian dalam menjadi fasilitas penunjang di area metropolitan untuk pengerjaan struktur bawah tanah.

Terzaghi dan Peck mendefinisikan galian dalam mempunyai kedalaman lebih dari 6 meter (Terzaghi & Peck, 1967). Salah satu jenis dinding penahan tanah yang umum digunakan pada proyek galian dalam adalah dinding diafragma. Dinding diafragma mempunyai kekakuan yang tinggi dan kemampuan mengisolasi air yang baik (Ou, 2006). Penurunan muka tanah yang terjadi saat proses pengerjaan galian dalam akan mempengaruhi bangunan yang berada disekitar galian dan penurunan permukaan tanah dipengaruhi oleh defleksi dinding diafragma (Hwang, 2017). Kinerja dinding diafragma diukur dari profil defleksi dinding (Hwang, 2017).

Dalam analisis sifat defleksi dinding diafragma diperlukan perhitungan numeris yang dapat memodelkan sifat tegangan-regangan tanah dan tahapan konstruksi. Plaxis 2D merupakan program elemen hingga dua dimesi yang sering digunakan dan dapat diandalkan, namun metode elemen hingga dua dimensi memerlukan proses perhitungan komputasi yang cukup rumit sehingga memerlukan waktu yang lama (Ou, 2006) serta parameter tanah yang sulit didapatkan, sehingga diperlukan peranti lunak yang cukup mudah digunakan dengan proses perhitungan yang cepat dengan parameter input yang lebih mudah. Metode elemen hingga satu dimensi dapat memberikan keunggulan tersebut. TORS3 merupakan program metode elemen hingga satu dimensi yang pada dasarnya adalah dinding diafragma yang dimodelkan sebagai balok elastis yang mempunyai pegas di kedua sisi galian (Ou,

2006). Berdasarkan studi sebelumnya metode elemen hingga satu dimensi dengan program RIDO lebih akurat dalam memprediksi defleksi dinding diafragma dibandingkan dengan metode elemen hingga dua dimensi dengan program PLAXIS 2D (Stefanus & Widjaja, 2015).

Pada penelitian ini, pekerjaan galian yang akan dibahas berada di Taipei, Taiwan yang mempunyai sifat karakteristik tanah lempung dan akan digunakan sebagai gedung perkantoran. Proyek yang akan ditinjau pada penelitian ini adalah Taiwan National Enterprise Center dan Formosa. *Strut* yang digunakan adalah pelat beton yang akan digunakan sebagai pelat lantai *basement* dan *strut* baja. Kedalaman galian sedalam 19,7meter untuk proyek TNEC dan galian sedalam 18,45meter untuk proyek Formosa.

1.2 Inti permasalahan

Pekerjaan galian tanah akan menyebabkan deformasi horizontal pada dinding diafragma dan akan terjadi penurunan muka tanah di daerah galian sehingga penulis akan memodelkannya dengan metode elemen hingga dua dimensi dan metode elemen hingga satu dimesi dan mengevaluasinya terhadap data yang diukur menggunakan inclinometer di daerah penelitian. Peranti lunak yang digunakan dalam analisis metode elemen hingga dua dimensi adalah PLAXIS 2D Connect V20 yang selanjutnya akan disebut PLAXIS dan analisis metode elemen hingga satu dimensi menggunakan peranti lunak TORSIA 3.0 yang selanjutnya akan disebut TORSIA.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan antara metode analisis yang digunakan dalam memprediksi defleksi dinding diafragma yaitu metode elemen hingga dua dimensi dan metode elemen hingga satu dimensi serta penurunan permukaan tanah yang terjadi

1.4 Lingkup Penelitian

Batasan-batasan masalah pada penelitian ini terdiri dari:

1. Penentuan jenis tanah dan parameter tanah berdasarkan hasil uji lapangan dan hasil uji laboratorium di Taipei
2. Analisis pergerakan dinding diafragma dan penurunan muka tanah menggunakan program PLAXIS dan TORSAS.
3. Membandingkan hasil data yang didapat dari analisis dan dibandingkan dengan data lapangan

1.5 Metode Penelitian

Metode Ilmiah yang digunakan dalam skripsi ini adalah:

1. Studi Pustaka
Pengumpulan teori teori yang berkaitan tentang metode elemen hingga dua dimesi, metode elemen hingga satu dimensi, galian dalam, penurunan muka tanah akibat galian, defleksi dinding diafragma, teori tekanan tanah lateral berdasarkan studi literatur
2. Pengumpulan data
Data yang digunakan untuk analisis adalah data parameter tanah, profil tanah, dimensi galian, dimensi *strut*, dimesi pelat beton, mutu beton dan dimensi dinding diafragma.
3. Analisis data
Analisis yang akan dilakukan dalam skripsi ini menggunakan program PLAXIS dan TORSAS untuk mengetahui pergerakan dinding diafragma dan penurunan muka tanah sekitar area galian yang selanjutnya akan dibandingkan dengan data lapangan

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan pada skripsi ini melalui beberapa tahap, yaitu :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisi latar belakang masalah, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penelitian, dan diagram alir

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori yang menjadi dasar dalam analisis metode penelitian

BAB 3 METODE PENELITIAN

Pada bab ini penulis akan mengolah tinjauan pustaka serta cara pengoperasian kedua peranti lunak

BAB 4 ANALISIS DATA

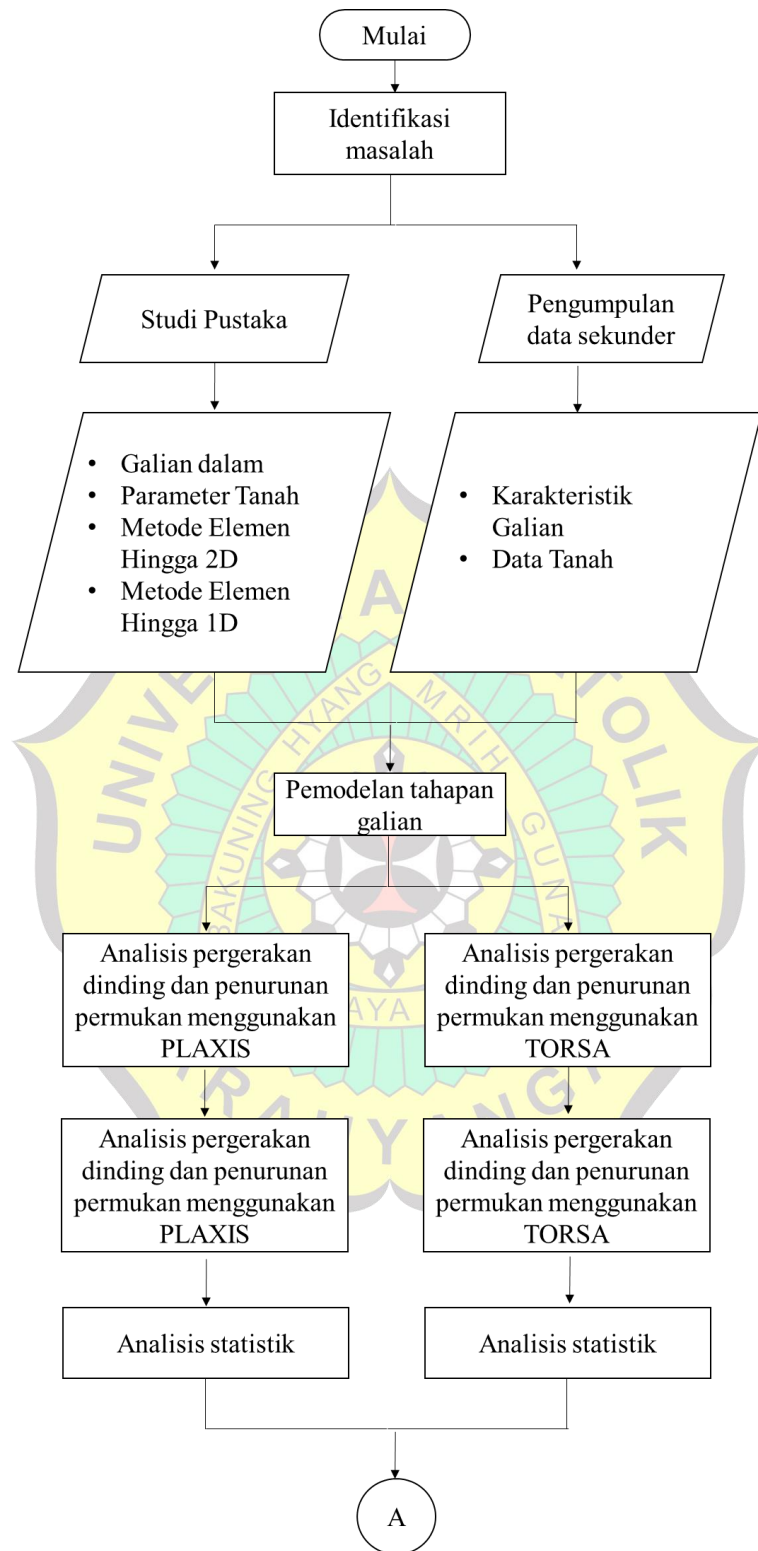
Berisi output dari program PLAXIS dan TORSa yang akan dibandingkan dengan data lapangan

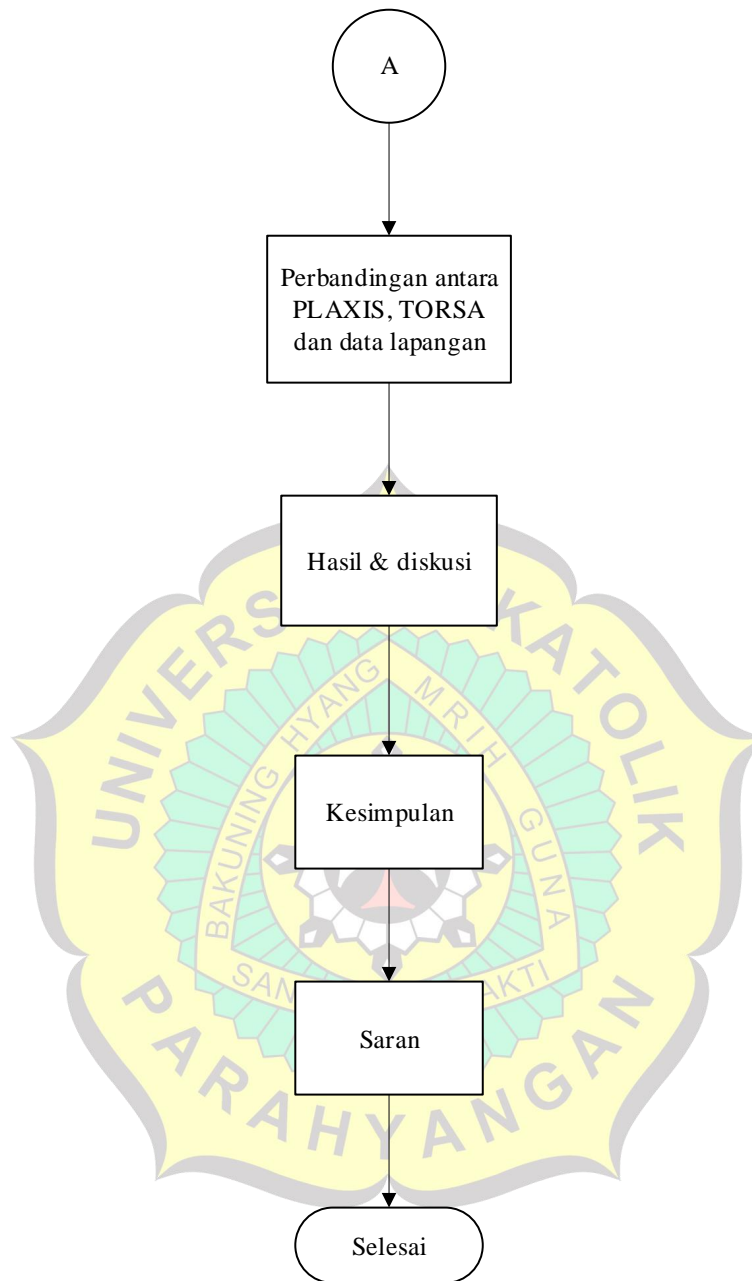
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dan saran untuk skripsi ini

1.7 Diagram Alir Penelitian

Skripsi ini dikerjakan dengan beberapa langkah yaitu identifikasi masalah, pengumpulan data baik melalui studi pustaka maupun data lapangan. Kemudian dilakukan pemodelan tahapan konstruksi menggunakan bantuan PLAXIS dan TORSa sehingga didapatkan data penurunan muka tanah dan defleksi dinding, lalu keduanya akan dibandingkan dengan data lapangan yang ada sehingga didapat kesimpulan dan saran. Gambar 1.1 adalah diagram alir untuk menunjukkan proses penelitian yang akan dilakukan dalam skripsi ini





Gambar 1.1 Diagram Alir Studi