

SKRIPSI

**ANALISIS NUMERIK STABILITAS STRUKTUR
PENAHAN TANAH MENGGUNAKAN *DEEP
CEMENT MIXING (DCM WALL)***



**Oleh: Stefan Richard Setiadi
2017410084**

Pembimbing:

Siska Rustiani, Ir., M.T.

Ko-Pembimbing:

Ryan Alexander Lyman, S.T., 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**

SKRIPSI
ANALISIS NUMERIK STABILITAS STRUKTUR
PENAHAN TANAH MENGGUNAKAN *DEEP CEMENT*
MIXING (DCM WALL)



NAMA: STEFAN RICHARD SETIADI
NPM: 2017410084

PEMBIMBING: Siska Rustiani , Ir. , M.T.

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

PENGUJI 1: Prof. Paulus Pramono Rahardjo,
Ir. , MSCE. , Ph.D.

PENGUJI 2: Anastasia Sri Lestari, 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

SKRIPSI

**ANALISIS NUMERIK STABILITAS STRUKTUR PENAHAN
TANAH MENGGUNAKAN *DEEP CEMENT MIXING (DCM
WALL)***



**Stefan Richard Setiadi
NPM : 2017410084**

BANDUNG, JANUARI 2022

PEMBIMBING:

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Siska", with a stylized flourish below it.

Siska Rustiani, Ir., M.T.

KO-PEMBIMBING:

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Ryan", with a stylized flourish below it.

**Ryan Alexander Lyman S.T.,
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 sebagai berikut:

Nama : stefan richard setiadi
NPM : 2017410084
Program Studi : teknik sipil - geoteknik
Fakultas Teknik, Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi / tesis / disertasi¹ dengan judul:

Analisis Numerik Stabilitas Struktur Penahan Tanah Menggunakan Deep Cement Mixing (DCM Wall)

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 dan Universitas Katolik Parahyangan.

Dinyatakan: di Bandung

Tanggal: 10/1/2022



STEPAN RICHARD

¹ coret yang tidak perlu

ANALISIS NUMERIK STABILITAS STRUKTUR PENAHAN TANAH MENGGUNAKAN *DEEP CEMENT MIXING (DCM WALL)*

Stefan Richard
NPM: 2017410084

Pembimbing: Siska Rustiani, Ir., M.T.
Ko-Pembimbing: Ryan Alexander Lyman, S.T., 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

ABSTRAK

Galian dalam sering dilaksanakan di daerah perkotaan yang padat karena kebutuhan akan lahan untuk beraktivitas yang semakin terbatas. Oleh karena itu, diperlukan sistem penahan galian yang memadai sehingga dapat menahan pergerakan lateral tanah. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan *back analysis* menggunakan metode elemen hingga terhadap profil deformasi horizontal dinding yang diamati dari data pembacaan inklinometer serta melakukan studi sensitivitas pengaruh parameter tanah dan dimensi dinding DCM terhadap hasil Deformasi Horizontal dinding DCM. Data inklinometer yang digunakan dalam analisis adalah inklinometer I1 (arah timur) dan inklinometer I2 (arah barat). *Back analysis* dengan metode elemen hingga dilakukan menggunakan bantuan program PLAXIS 2D. Kajian sensitivitas dilakukan dengan memvariasikan nilai modulus *soft clay* dan panjang DCM. Dari hasil *back analysis* dengan PLAXIS 2D, untuk galian sisi kiri diperoleh Deformasi Horizontal maksimum sebesar 56.8 mm, sedangkan dari data inklinometer I1 adalah 57.9 mm. Untuk galian sisi kanan diperoleh Deformasi Horizontal maksimum sebesar 39.1 mm, sedangkan dari data inklinometer I2 adalah 34.8 mm. Berdasarkan analisis, untuk meminimalisir deformasi horizontal yang akan terjadi pada dinding DCM ketika konstruksi galian, dinding DCM perlu dikonstruksi hingga kedalaman lebih dari 13m.

Kata Kunci: galian, DCM, inklinometer, *back analysis*, deformasi horizontal, sensitivitas

NUMERICAL ANALYSIS OF RETAINING WALL STRUCTURE USING *DEEP CEMENT MIXING (DCM WALL)*

**Stefan Richard
NPM: 2017410084**

**Advisor: Siska Rustiani, Ir., M.T.
Co-Advisor: Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T.**

**PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
FACULTY OF ENGINEERING DEPARTMENT OF CIVIL
ENGINEERING**

(Terakreditasi Berdasarkan SK BAN-PT Nomor: 11370/SK/BAN-PT/AK-ISK/S/X/2021)

**BANDUNG
JANUARY 2022**

ABSTRACT

Oftentimes, deep excavations are performed in populous urban areas because of the limited space for activities. Therefore, excellent excavation support systems are required to withstand lateral soil movement. Performing back analysis using the finite element method for the horizontal deformation profile of the DCM wall observed from the inclinometer reading data as well as conducting a sensitivity study about the effect of soil parameters and dimensions of the DCM wall on the deflection of the DCM wall are this study aim. The data used in this analysis are inclinometer I1 (East Side) and inclinometer I2 (West Side). Finite element method back analysis is done by using PLAXIS 2D program. Performing Sensitivity studies by varying the value of soft clay modulus and DCM length. From the back analysis with PLAXIS 2D, the maximum deflection was 56.8 mm at the left side of the excavation, whereas from the data of inclinometer I1 is 57.9 mm. The maximum deflection is 39.1 mm at the right side of the excavation, whereas, from the data of inclinometer I2 is 34.8 mm. Based on the back analysis to minimalize horizontal deformation of DCM wall during excavation, DCM wall should be constructed longer than 13m depth.

Keywords: excavation, DCM, back analysis, maximum deformation, sensitivity

PRAKATA

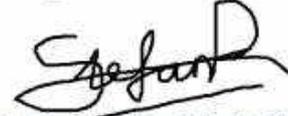
Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya selaku penulis skripsi ini dapat menyelesaikan skripsi saya dengan baik yang berjudul “**Analisis Numerik Stabilitas Struktur Penahan Tanah Menggunakan Deep Cement Mixing (DCM Wall)**”, sebagai salah satu syarat untuk menuntaskan Program Sarjana (S1) Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan

Saya sebagai penulis tentunya menyadari bahwa skripsi ini tidak mungkin selesai tanpa adanya dukungan, bimbingan, saran, komentar, dan pembelajaran dari berbagai pihak selama penyusunan skripsi ini. Oleh sebab itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih setulus tulusnya kepada:

1. Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., selaku dosen pembimbing skripsi atas segala bimbingan, arahan, nasihat serta saran yang diberikan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik
2. Bapak Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T. selaku dosen ko-pembimbing yang telah membagikan ilmu, membimbing, memberikan, memberikan komentar serta memberikan dukungan selama penyusunan skripsi
3. Seluruh dosen dan asisten pengajar pengajar fakultas Teknik jurusan sipil yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama penulis menempuh Pendidikan Sarjana di Universitas Katolik Parahyangan, Bandung Jawa Barat
4. Orang Tua Penulis yang selalu memberikan dukungan, doa, kasih sayang tak terbatas sampai detik ini juga
5. Kakak dan adik yang sudah memberikan dukungan dan doanya
6. Seluruh teman-teman di fakultas Teknik Angkatan 2016-2017 yang tidak dapat disebutkan satu per satu. Terimakasih atas semangat dan momen pertemanan yang diberikan selama penulis menempuh Pendidikan Sarjana di Universitas Katolik Parahyangan
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan, yang telah memberikan semangat, doa, motivasi sehingga skripsi ini dapat terselesaikan

Akhir kata penulis menyadari betul bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, karena itu segala komentar dan saran yang membangun akan sangat berharga dalam membangun kesempurnaan dari skripsi ini. Semoga bermanfaat. Terimakasih.

Bandung, 18 Januari 2022



Stefan Richard Setiadi

2017410084



DAFTAR ISI

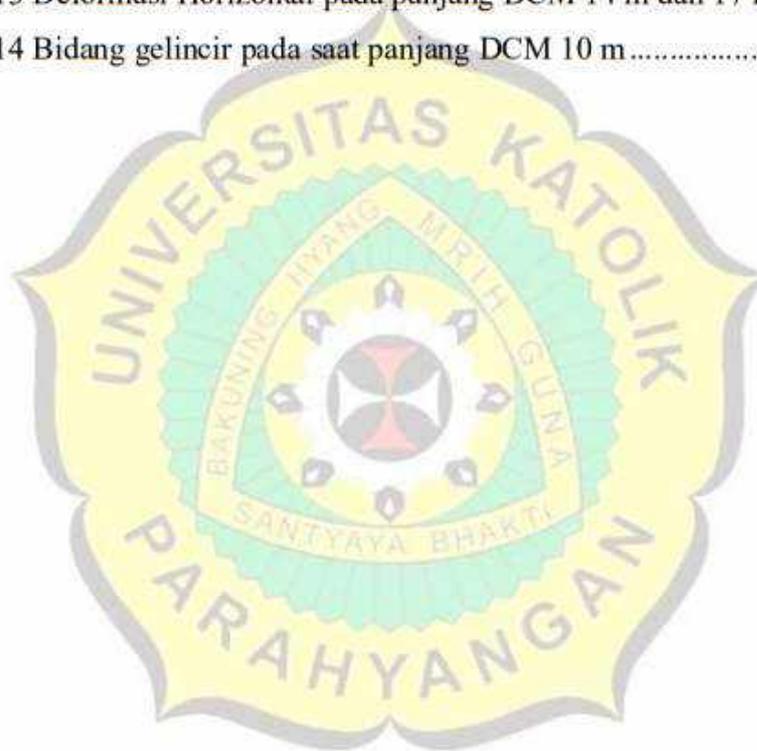
ABSTRAK	i
ABSTRACT.....	ii
PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1. Latar Belakang.....	1-1
1.2. Inti Permasalahan	1-2
1.3. Tujuan Penelitian.....	1-2
1.4. Lingkup Penelitian.....	1-2
1.5. Metode Penelitian.....	1-2
1.5.1. Studi Literatur	1-2
1.5.2. Pengumpulan Data	1-3
1.5.3. Pengolahan Data dan Analisis.....	1-3
1.6. Sistematika Penulisan.....	1-3
1.7. Diagram Alir.....	1-4
BAB 2 DASAR TEORI	2-1
2.1. Tanah Lunak.....	2-1
2.2. Galian	2-1
2.2.1. Metode <i>full open cut</i>	2-2
2.2.2. Metode <i>braced excavation</i>	2-3
2.2.3. Metode <i>anchored excavation</i>	2-4
2.2.4. Metode <i>island excavation</i>	2-6
2.2.5. Metode <i>zoned excavation</i>	2-7
2.2.6. Metode <i>top-down construction</i>	2-8
2.3. Struktur Penahan Tanah	2-9
2.3.1. <i>Deep Cement Mixing (DCM)</i>	2-10
2.3.2. Kelebihan dan Kekurangan DCM.....	2-11
2.4. Model <i>Hardening Soil</i>	2-12
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	3-1
3.1. Analisis menggunakan PLAXIS 2D.....	3-1

3.1.1.	Pemodelan Geometri pada PLAXIS 2D	3-2
3.1.2.	Penentuan <i>Material Set</i> pada PLAXIS 2D	3-3
3.1.3.	Pemodelan <i>Structure</i> pada PLAXIS 2D	3-4
3.1.4.	<i>Generate Mesh</i>	3-5
3.1.5.	Menentukan Kedalaman Muka Air Tanah	3-6
3.1.6.	<i>Staged Construction</i> pada PLAXIS 2D	3-7
3.1.7.	<i>Output</i>	3-8
3.2.	Analisis Sensivitas	3-10
BAB 4 ANALISIS DATA.....		4-1
4.1.	Studi Kasus	4-1
4.2.	Hasil <i>Back Analysis</i> Deformasi dengan Metode Elemen Hingga.....	4-4
4.2.1.	Profil Penurunan di Belakang Galian	4-7
4.2.2.	Deformasi yang Terjadi pada <i>Temporary Stanchion</i>	4-7
4.3.	Analisis Sensitivitas Parameter Tanah.....	4-9
4.3.1.	Pengaruh Variasi Nilai Modulus <i>Soft Clay</i> terhadap Deformasi Horizontal DCM.....	4-9
4.3.2.	Pengaruh Variasi Panjang DCM terhadap Deformasi Horizontal DCM	4-10
4.4.	Perbandingan Hasil <i>Back Analysis</i> dengan Penelitian Sebelumnya	4-16
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		5-1
5.1.	Kesimpulan	5-1
5.2.	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA.....		xi
LAMPIRAN		1

DAFTAR GAMBAR

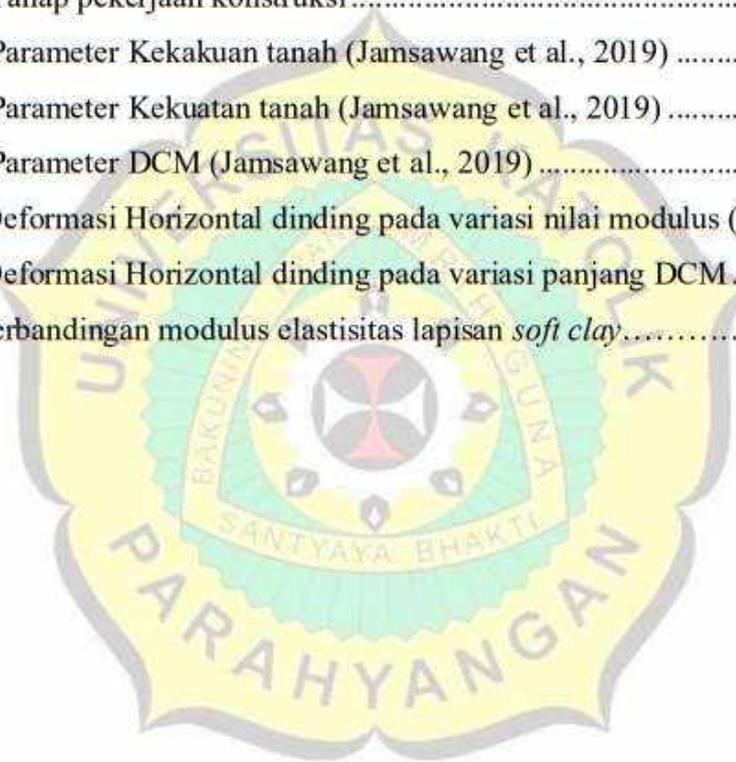
Gambar 1.1. Diagram alir.....	1-4
Gambar 2.1 Galian dalam (www.primamajujaya.com)	2-2
Gambar 2.2 Galian terbuka dengan kemiringan (Ou, 2006)	2-2
Gambar 2.3 Galian terbuka dengan kantilever (Ou, 2006)	2-3
Gambar 2.4 Galian dengan metode <i>braced excavation</i> (Ou, 2006) (a) Pongan melintang (b) Denah.....	2-3
Gambar 2.5 Konfigurasi dasar angkur (Ou, 2006).....	2-5
Gambar 2.6 Profil metode <i>anchored excavation</i> (Ou, 2006).....	2-5
Gambar 2.7 Skema metode <i>island excavation</i> (Ou, 2006).....	2-6
Gambar 2.8 Contoh denah metode <i>island excavation</i> (Ou, 2006)	2-7
Gambar 2.9 Perencanaan metode <i>zoned excavation</i> (Ou, 2006).....	2-8
Gambar 2.10 Skema metode <i>top-down construction</i> (Ou, 2006).....	2-8
Gambar 2.11 Perbandingan kekuatan (Rutherford et al., 2005)	2-11
Gambar 2.12 Ilustrasi tahap konstruksi DCM (Rutherford et al., 2005).....	2-11
Gambar 2.13 Contoh konstruksi DCM yang digunakan untuk galian dalam	2-12
Gambar 3.1. Contoh Model <i>Plane Strain</i> (gambar kiri) dan Model <i>Axisymmetric</i> (gambar kanan) (Brinkgreve R. B, 2019).....	3-1
Gambar 3.2. <i>Layout</i> Pada Input Program PLAXIS.....	3-2
Gambar 3.3. Pemilihan jenis model dan dimensi geometri pada PLAXIS 2D	3-2
Gambar 3.4. Pemodelan Tanah PLAXIS 2D	3-3
Gambar 3.5 Pemodelan DCM dan Konstruksi Galian.....	3-5
Gambar 3.6. <i>Generated mesh</i> pada pemodelan.....	3-5
Gambar 3.7 Input muka air tanah pada PLAXIS 2D	3-6
Gambar 3.8 Posisi muka air tanah.....	3-6
Gambar 3.9 Output deformasi horizontal Inklinometer I1	3-8
Gambar 3.10 Output deformasi horizontal Inklinometer I2.....	3-9
Gambar 4.1 Potongan melintang galian	4-1
Gambar 4.2 Tampak Atas Area Galian di Thailand (Jamsawang et al., 2019)....	4-2
Gambar 4.3 Hasil Inklinometer I1 dan Inklinometer I2 (Jamsawang et al., 2019) 4-3	
Gambar 4.4 Profil lapisan tanah dan geometri galian	4-5

Gambar 4.5 Perbandingan grafik deformasi horizontal pada Inklinometer I1 dan I2.....	4-6
Gambar 4.6 Profil penurunan di belakang galian.....	4-7
Gambar 4.7 Kondisi deformasi <i>mesh</i> pada <i>stanchion</i>	4-8
Gambar 4.8 Perbandingan deformasi <i>stanchion</i>	4-8
Gambar 4.9 Deformasi Horizontal dinding pada variasi nilai modulus (E)	4-10
Gambar 4.10 Deformasi Horizontal dinding pada variasi panjang DCM.....	4-11
Gambar 4.11 Deformasi Horizontal pada panjang DCM 14 m dan 10 m.....	4-12
Gambar 4.12 Deformasi Horizontal pada panjang DCM 14 m dan 13 m.....	4-13
Gambar 4.13 Deformasi Horizontal pada panjang DCM 14 m dan 17 m.....	4-14
Gambar 4.14 Bidang gelincir pada saat panjang DCM 10 m.....	4-15



DAFTAR TABEL

Tabel 2-1. Karakteristik dari model <i>hardening soil</i> (Brinkgreve et al., 2015)..	2-13
Tabel 2-2. Parameter untuk model <i>hardening soil</i>	2-14
Tabel 2-3. Korelasi parameter <i>hardening soil</i> untuk analisis galian (Teo & Wong, 2012)	2-14
Tabel 3-1. Tipe Material Pada Pemodelan PLAXIS 2D	3-4
Tabel 3-2. Parameter Input Material Bored Pile	3-4
Tabel 3-3. Parameter Input Material <i>Stanchion</i> (H400x400).....	3-4
Tabel 4-1. Tahap pekerjaan konstruksi	4-4
Tabel 4-2. Parameter Kekakuan tanah (Jamsawang et al., 2019)	4-5
Tabel 4-3. Parameter Kekuatan tanah (Jamsawang et al., 2019)	4-5
Tabel 4-4. Parameter DCM (Jamsawang et al., 2019)	4-6
Tabel 4-5 Deformasi Horizontal dinding pada variasi nilai modulus (E)	4-9
Tabel 4-6 Deformasi Horizontal dinding pada variasi panjang DCM.....	4-10
Tabel 4-7 Perbandingan modulus elastisitas lapisan <i>soft clay</i>	4-16



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

A	= luas struktur
c	= kohesi
DCM	= Deep Cement Mixing
E	= modulus elastisitas struktur
E_{50}	= modulus <i>loading</i>
E_{50}^{ref}	= modulus <i>loading</i> pada tegangan keliling 100 kPa
E_{oedo}	= modulus kompresi 1D
E_{oedo}^{ref}	= modulus kompresi 1D pada tegangan vertikal 100 kPa
E_{ur}^{ref}	= modulus <i>unloading-reloading</i> pada tegangan keliling 100 kPa
E_{ur}	= modulus <i>unloading-reloading</i>
I	= momen inersia
$L_{spacing}$	= jarak spasi <i>anchor</i>
OCR	= <i>overconsolidation ratio</i>
ϕ	= sudut geser dalam
ψ	= sudut dilatasi
ν	= angka Poisson
w	= berat struktur per satuan panjang

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Galian dalam sering dilaksanakan di daerah perkotaan yang padat karena kebutuhan akan lahan untuk beraktivitas yang semakin terbatas. Umumnya galian dalam dilakukan untuk memungkinkan pembangunan struktur dibawah tanah (Endicott, 2020). Karena lahan yang terbatas, maka bangunan dibuat di bawah tanah (*basement*) dimana pada umumnya dapat digunakan sebagai lahan parkir. Oleh karena itu, diperlukan sistem penahan galian yang memadai sehingga dapat menahan pergerakan lateral tanah.

Saat konstruksi galian dalam dilakukan, terutama pada tanah lunak, tanah di sekitar galian cenderung akan bergerak secara lateral sehingga dapat mengakibatkan bangunan di sekitar akan mengalami penurunan jika tidak ada penahan galian yang memadai. Faktor – faktor yang mempengaruhi performa galian dalam adalah tipe dan kuat tanah di sekitar maupun dibawah galian, penggalian dan sistem penahannya, serta keahlian dalam pengerjaannya (Peck, 1969).

Sistem proteksi galian menggunakan *Deep Cement Mixing* (DCM) telah dikembangkan sejak tahun 1970 oleh para peneliti di Jepang, dimana kolom campuran tanah dan semen digunakan sebagai sistem proteksi galian (Bruce et al., 1998). Metode *Deep Cement Mixing* (DCM) digunakan sebagai dinding penahan tanah karena biaya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan metode proteksi lain (Shao et al., 2005). Metode *Deep Mixing* (DM) adalah metode perbaikan tanah dengan mencampurkan tanah di lapangan dengan zat pengeras (semen, kapur, *slag*, dll) di kedalaman menggunakan bor (Han, 2015).

Keuntungan penggunaan metode *Deep Cement Mixing* (DCM) sebagai sistem proteksi galian pada tanah lunak adalah waktu konstruksi yang cepat, meminimalisir gangguan terhadap lingkungan sekitar, dan metode DCM dilaksanakan sebelum galian dilakukan sehingga dapat mengurangi risiko keruntuhan sistem proteksi galian (Rutherford et al., 2005).

1.2. Inti Permasalahan

Penulis ingin membandingkan Deformasi Horizontal dinding DCM antara hasil analisis program dengan data pengukuran inklinometer di lapangan serta menginvestigasi pengaruh parameter tanah dan dimensi dinding DCM terhadap hasil Deformasi Horizontal dinding DCM.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *back analysis* menggunakan metode elemen hingga terhadap profil deformasi horizontal dinding dari data pembacaan inklinometer.
2. Melakukan studi sensitivitas pengaruh parameter tanah dan dimensi dinding DCM terhadap hasil Deformasi Horizontal dinding DCM.

1.4. Lingkup Penelitian

Lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data sekunder berupa data penyelidikan tanah dan data *monitoring* inklinometer pada dinding penahan galian di Bangkok, Thailand.
2. Analisis galian dilakukan menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program PLAXIS 2D.
3. Studi sensitivitas yang dilakukan berupa variasi modulus tanah dan panjang DCM terhadap Deformasi Horizontal dinding DCM.

1.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1.5.1. Studi Literatur

Studi literatur mengenai galian tanah, perkuatan tanah, dan *Deep Soil Mixing* (DCM). Literatur yang digunakan berasal dari buku teks, jurnal, prosiding, dan internet.

1.5.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data sekunder berupa data penyelidikan tanah dan data *monitoring* inklinometer pada dinding penahan galian.

1.5.3. Pengolahan Data dan Analisis

Pengolahan data dan analisis dilakukan menggunakan bantuan program PLAXIS 2D.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah yang dihadapi, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penulisan, serta diagram alir penelitian.

BAB 2 STUDI LITERATUR

Bab ini menguraikan tentang literatur yang digunakan sebagai acuan penelitian yang berupa teori tentang tanah lunak, galian dalam, dan *deep cement mixing* (DCM).

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan metode-metode analisis yang digunakan dalam penelitian.

BAB 4 ANALISIS DATA

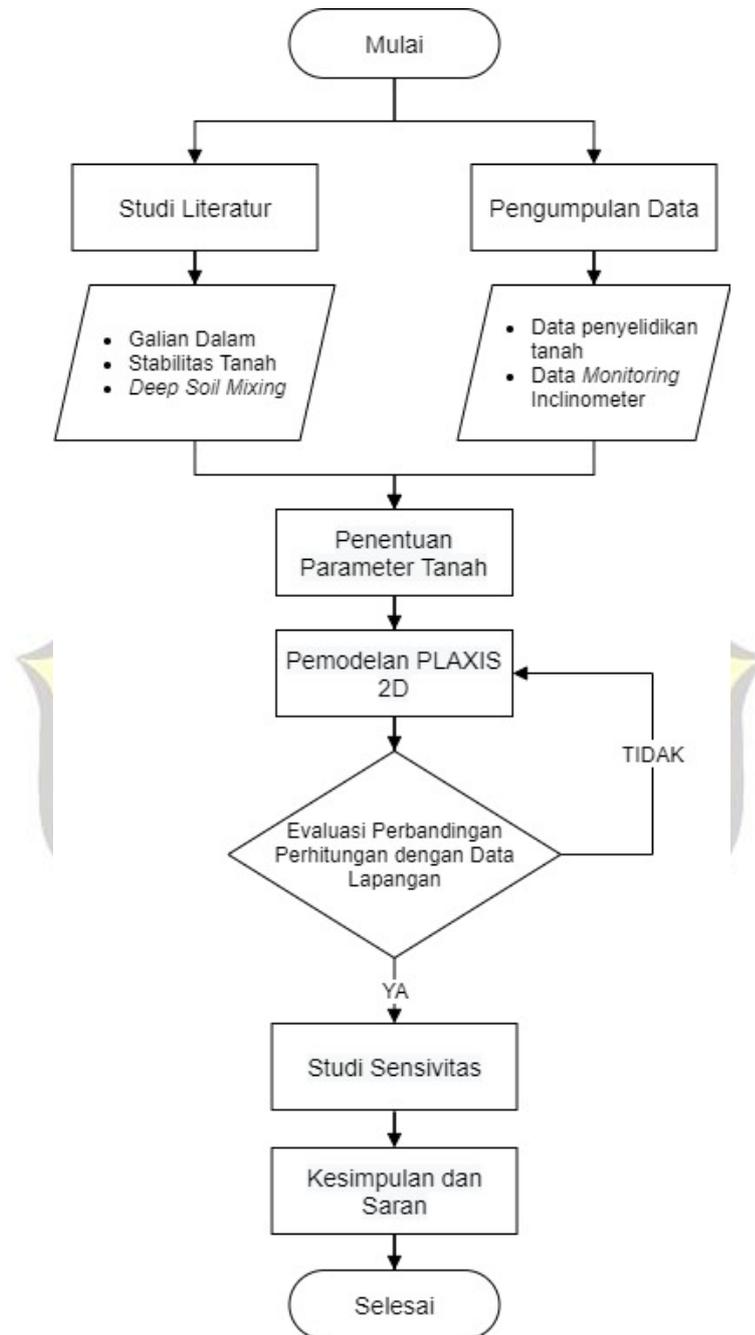
Bab ini memaparkan bagaimana proses pengolahan data, analisis data, serta hasil perhitungan dari analisis yang dilakukan pada penelitian skripsi.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan kesimpulan dan hasil akhir yang diperoleh dari penelitian serta saran untuk penelitian selanjutnya.

1.7. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir dari penelitian.



Gambar 1.1. Diagram alir

