

SKRIPSI

ANALISIS LONGSORAN PADA TANAH LUNAK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN DERAJAT KONSOLIDASI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA STUDI KASUS: PROYEK HSM CILEGON



**ALIF DERMAYUDHA
NPM : 2016410130**

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: 1778/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
2020**

SKRIPSI

ANALISIS LONGSORAN PADA TANAH LUNAK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN DERAJAT KONSOLIDASI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA STUDI KASUS: PROYEK HSM CILEGON



**ALIF DERMAYUDHA
NPM : 2016410130**

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: 1778/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
2020**

SKRIPSI

ANALISIS LONGSORAN PADA TANAH LUNAK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN DERAJAT KONSOLIDASI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA STUDI KASUS: PROYEK HSM CILEGON



ALIF DERMAYUDHA
NPM : 2016410130

BANDUNG, AGUSTUS 2020

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: 1778/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)
BANDUNG
2020

PERNYATAAN

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

Nama : Alif Dermayudha

NPM : 2016410130

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan

Menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

ANALISIS LONGSORAN PADA TANAH LUNAK DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN DERAJAT KONSOLIDASI MENGGUNAKAN
METODE ELEMEN HINGGA STUDI KASUS: PROYEK HSM CILEGON

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 Agustus 2020



Alif Dermayudha

**ANALISIS LONGSORAN PADA TANAH LUNAK DENGAN
MEMPERTIMBANGKAN DERAJAT
KONSOLIDASI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN
HINGGA STUDI KASUS: PROYEK HSM CILEGON**

**Alif Dermayudha
NPM: 2016410130**

**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: 1788/SK/BAN-PT/Akred/S/VII/2018)**

**BANDUNG
AGUSTUS 2020**

ABSTRAK

Proyek HSM yang berlokasi di Cilegon, didirikan diatas tanah timbunan dan tanah asli. Pada pelaksanaan konstruksi terjadi longSORAN saat melakukan galian, diduga karena tanah belum sepenuhnya terkonsolidasi. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis stabilitas lereng setelah diberikan usulan solusi perkuatan berjenis *corrugated prestressed concrete sheet pile* dan membuat kurva hubungan antara derajat konsolidasi dengan faktor keamanan lereng agar dapat mengetahui berapa besar faktor keamanan seiring tanah mengalami konsolidasi. Analisis dilakukan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga dengan bantuan program *Plaxis*. Penurunan akhir tanah di prediksi menggunakan metode ekstrapolasi hiperbola. Berdasarkan hasil analisis, pada saat dicapai derajat konsolidasi 90%, penurunan tanah yang terjadi sebesar 45.3 cm dengan faktor keamanan lereng sebesar 1.651 dan digunakan *sheet pile W-35* milik WIKA Beton, sebagai usulan solusi perkuatan lereng.

Kata Kunci: stabilitas lereng, metode elemen hingga, derajat konsolidasi

AVALANCHE ANALYSIS ON SOFT SOIL BY CONSIDERING DEGREE OF CONSOLIDATION USING FINITE ELEMENT METHOD CASE STUDY: HSM PROJECT CILEGON

**Alif Dermayudha
NPM: 2016410130**

**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**

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

**BANDUNG
AUGUST 2020**

ABSTRACT

The HSM Project, located in Cilegon, was built on landfills and natural soils. In the construction, landslides occurred during the excavation, allegedly because the soil was not yet fully consolidated. Therefore, the purpose of this study was to analyze the stability of the slope after being given a corrugated prestressed concrete sheet pile as a proposed solution and to make correlation between the degree of consolidation and the slope safety factor, in order to find out the safety factor as the soil is consolidating. The analysis was carried out using the Finite Element Method with the help of the Plaxis software. The final settlement was predicted using hyperbolic extrapolation method. Based on the results of the analysis, when 90% degree of consolidation is achieved, the soil settlement was 45.3 cm with slope safety factor of 1.651 and WIKA Beton's sheet pile W-35 is used as a proposed solution for strengthening the slope.

Keywords: slope stability, finite element method, degree of consolidation

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas kasih, rahmat, dan hidayah-Nya yang senantiasa dilimpahkan kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul: **ANALISIS LONGSORAN PADA TANAH LUNAK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN DERAJAT KONSOLIDASI MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA STUDI KASUS: PROYEK HSM CILEGON** sebagai syarat untuk menyelesaikan studi tingkat sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan.

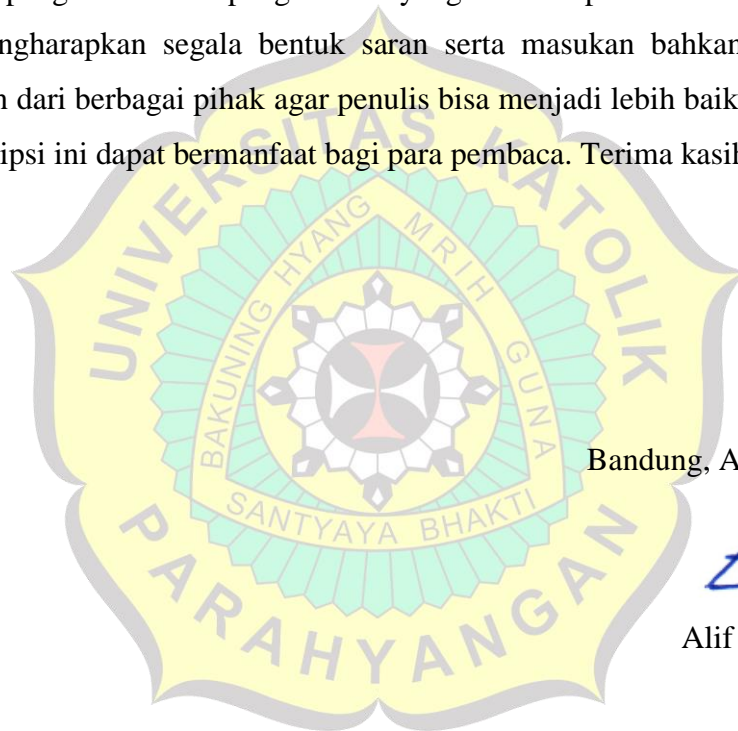
Dalam proses penyusunan skripsi ini sangatlah banyak hambatan serta rintangan yang penulis hadapi, dan terwujudnya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan saran dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Siska Rustiani, Ir., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk membimbing penulis dan memberikan motivasi kepada penulis selama menyusun skripsi ini.
2. Bapak Ryan Alexander Lyman, S.T., M.T., selaku ko-pembimbing yang telah memberikan arahan dan saran kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini.
3. Seluruh dosen KBI Geoteknik Universitas Katolik Parahyangan selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran bagi penulis dalam menyusun skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan laboran Teknik Sipil Universitas Katolik Parahyangan yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama proses perkuliahan di Universitas Katolik Parahyangan.
5. Keluarga yang telah memberikan dukungan selama menjalani perkuliahan.
6. Keluarga Congs yaitu Adrian Lewaherila, Agni Tri Adyoga, Bernard, Daniel Jonathan, David Cariera, Edward Liongon, Elshaan H. Kolanus, Glenn Adriel, Fredrik Kwadharna, Jonathan Wijaya, Joseph Bian, Muhammad Fachry, Remart Samaritano, dan Ryan Kusnadi selaku teman-

teman yang selalu membantu dan menemani penulis selama proses perkuliahan dan penyusunan skripsi ini.

7. Keluarga Scaffolding yaitu Andreas Indra, Anggita, Ariel, Diana Darapuspa, Dony Satriawan, Fendy, Seba Ayuningrat, dan Vincentius Theo selaku keluarga pertama dalam menjalani kehidupan perkuliahan
8. Teman-teman Teknik Sipil Unpar 2016, masyarakat Sipil, dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dikarenakan terbatasnya pengalaman dan pengetahuan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis mengharapkan segala bentuk saran serta masukan bahkan kritik yang membangun dari berbagai pihak agar penulis bisa menjadi lebih baik kedepannya. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Terima kasih.



Bandung, Agustus 2020

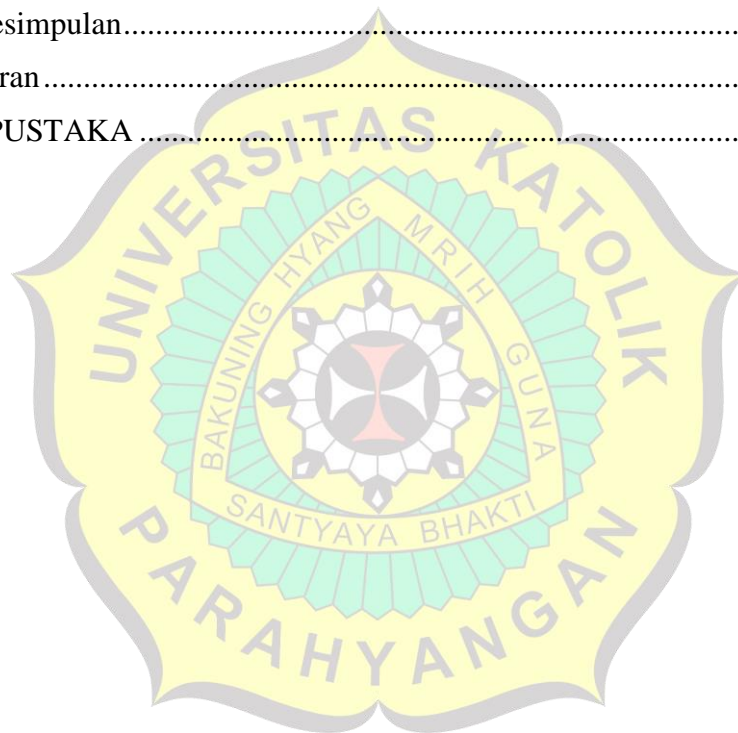
Alif Dermayudha

2016410130


DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
PRAKATA	v
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1-1
1.1 Latar Belakang Masalah	1-1
1.2 Inti Permasalahan	2-2
1.3 Tujuan Penelitian	2-2
1.4 Lingkup Penelitian	2-2
1.5 Metode Penelitian	2-3
1.6 Sistematika Penulisan	2-3
1.7 Diagram Alir	2-4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	2-2
2.1 Stabilitas Lereng	2-2
2.2 Definisi Tanah	2-2
2.3 Parameter Kuat Geser Tanah	2-2
2.4 Parameter Kekakuan Tanah	2-3
2.5 Tanah Lunak	2-4
2.6 Tanah Longsor	2-4
2.7 Konsolidasi	2-9
2.8 Metode Keseimbangan Batas	2-10
2.9 Metode Elemen Hingga	2-10
2.10 Plaxis	2-11
BAB 3 METODE PENELITIAN	3-2
3.1 Data Tanah	3-1
3.2 Hasil Interpretasi SPT	3-2
3.3 Stratifikasi Tanah	3-5
3.4 Kriteria Faktor Keamanan Lereng	3-6
3.5 Tahapan Analisis Menggunakan Plaxis	3-7

3.6	Metode Ekstrapolasi Hiperbola	3-8
BAB 4 ANALISIS DATA		4-2
4.1	Geometry Line	4-1
4.2	Input Parameter Tanah	4-1
4.3	Pemodelan Sheet Pile	4-3
4.4	Pembuatan Mesh	4-4
4.5	Penentuan Derajat Konsolidasi.....	4-4
4.6	Perhitungan Faktor Keamanan	4-7
4.7	Gaya-Gaya pada Sheet Pile	4-12
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....		5-2
5.1	Kesimpulan.....	5-1
5.2	Saran	5-2
DAFTAR PUSTAKA		xiv



DAFTAR NOTASI



c	: Kohesi (kN/m^2)
c'	: Kohesi Efektif (kN/m^2)
c_1	: Gradien Garis Regresi Linear Persamaan Hiperbola
c_2	: Perpotongan Garis Regresi Linear Persamaa Hiperbola saat $t = 0$
c_v	: Koefisien Konsolidasi (m^2/tahun)
d	: Tinggi Drainase (m)
E	: Modulus Elastisitas (kN/m^2)
E'	: Modulus Elastisitas Efektif (kN/m^2)
E_u	: Modulus Elastisitas <i>Undrained</i> (kN/m^2)
fc'	: Kuat Tekan Beton (MPa)
k	: Koefisien Permeabilitas Tanah (m/hari)
N	: Nilai <i>Standard Penetration Test</i>
S_u	: Kuat Geser Undrained (kN/m^2)
S_f	: <i>Settlement</i> Akhir (cm)
t	: Waktu Konsolidasi (hari)
T_v	: Faktor Waktu
U	: Derajat Konsolidasi (%)
γ	: Berat Isi (kN/m^3)
γ_{sat}	: Berat Isi <i>Saturated</i> (kN/m^3)
γ_{unsat}	: Berat Isi <i>Unsaturated</i> (kN/m^3)
ϕ	: Sudut Geser Dalam ($^\circ$)
ϕ'	: Sudut Geser Dalam Efektif ($^\circ$)
ν	: Angka Poisson
ν'	: Angka Poisson Efektif
ν_u	: Angka Poisson <i>Undrained</i>
BH	: <i>Bore Hole</i>
CPC	: <i>Corrugated Prestressed Concrete</i>
FEM	: <i>Finite Element Method</i>
FK	: Faktor Keamanan

LEM : *Limit Equilibrium Method*
MEH : Metode Elemen Hingga
MKB : Metode Keseimbangan Batas
PI : *Plasticity Index*
SPT : *Standard Penetration Test*



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek HSM Cilegon (sumber: GEC)	1-2
Gambar 1.2 Diagram Alir Penelitian.....	1-4
Gambar 2.1 Bidang Gelincir (a) <i>Toe Circle</i> (b) <i>Slope Circle</i> (c) <i>Base Circle</i> (Das, 2018)	2-2
Gambar 2.2 Penampakan <i>Marine Clay</i> (sumber: GEC).....	2-4
Gambar 2.3 Longsoran Jenis <i>Falls</i> (Highland, 2008)	2-5
Gambar 2.4 Longsoran Jenis <i>Topple</i> (Highland, 2008).....	2-6
Gambar 2.5 Longsoran Jenis <i>Rotational Landslide</i> (Highland, 2008).....	2-6
Gambar 2.6 Longsoran Jenis <i>Translational Landslide</i> (Highland, 2008).....	2-7
Gambar 2.7 Longsoran Jenis <i>Lateral Spread</i> (Highland, 2008).....	2-7
Gambar 2.8 Longsoran Jenis <i>Debris Flow</i> (Highland, 2008).....	2-8
Gambar 2.9 Longsoran Jenis <i>Earthflow</i> (Highland, 2008).....	2-8
Gambar 2.10 Longsoran Jenis <i>Creep</i> (Highland, 2008).....	2-8
Gambar 2.11 Pembagian Irisan Metode Keseimbangan Batas (Huang, 2014)	2-10
Gambar 2.12 Titik Nodal (a) 15-Node (b) 6-Node (Faozan, t.thn)	2-13
Gambar 3.1 SPT BH-16.....	3-1
Gambar 3.2 Data Konsolidasi Tanah Lempung Lunak	3-1
Gambar 3.3 Profil Tanah	3-5
Gambar 4.1 <i>Geometry Line</i>	4-1
Gambar 4.2 Pemodelan <i>Sheet Pile</i> pada Plaxis	4-3
Gambar 4.3 Hasil <i>Meshing</i>	4-4
Gambar 4.4 Perubahan Waktu Konsolidasi	4-5
Gambar 4.5 Besar Penurunan Konsolidasi	4-5
Gambar 4.6 Hubungan Antara t/S dan t	4-7
Gambar 4.7 Geometri Kondisi Awal	4-8
Gambar 4.8 Geometri Setelah Timbunan	4-8
Gambar 4.9 Geometri Galian -2.5m	4-8
Gambar 4.10 Geometri Galian -5m	4-9
Gambar 4.11 Pemasangan <i>Sheet Pile</i>	4-9
Gambar 4.12 Geometri Galian -7.5m	4-9

Gambar 4.13 Geometri Galian -8.5m.....	4-10
Gambar 4.14 Tekanan Air Pori Ekses Pada Plaxis.....	4-10
Gambar 4.15 Bidang Gelincir Pada Plaxis	4-10
Gambar 4.16 Hubungan Waktu Konsolidasi - <i>Settlement</i>	4-11
Gambar 4.17 Hubungan Derajat Konsolidasi - Faktor Keamanan.....	4-11
Gambar 4.18 Gaya Dalam yang Bekerja pada <i>Sheet Pile</i> (a) <i>Utot</i> (b) <i>Axial</i> (c) <i>Shear</i> (d) <i>Bending Moment</i>	4-12



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data NSPT BH-16.....	3-2
Tabel 3.2 Penyederhanan Pelapisan Tanah	3-2
Tabel 3.3 Korelasi Jenis Tanah dengan Berat Isi, γ (Look, 2014)	3-3
Tabel 3.4 Korelasi Jenis Tanah dan N-SPT dengan Kohesi <i>Undrained</i> , c_u (Look, 2014).....	3-3
Tabel 3.5 Korelasi Jenis Tanah dengan Kohesi Efektif, c' dan Sudut Geser Dalam, ϕ (Look, 2014)	3-3
Tabel 3.6 Korelasi Jenis Tanah dengan Sudut Geser Dalam, ϕ (Look, 2014)	3-3
Tabel 3.7 Korelasi N-SPT dengan Modulus Elastisitas, E (CIRIA, 1995)	3-4
Tabel 3.8 Korelasi N-SPT dengan Modulus Elastisitas, E (<i>Industrial floors and pavements guidelines</i> , 1999).....	3-4
Tabel 3.9 Korelasi Jenis Tanah dengan Angka Poisson, ν (Look, 2014).....	3-4
Tabel 3.10 Jenis Tanah.....	3-5
Tabel 3.11 Rekomendasi Faktor Keamanan Lereng	3-6
Tabel 4.1 <i>Input</i> Parameter pada Lapis 1	4-2
Tabel 4.2 <i>Input</i> Parameter pada Lapis 2	4-2
Tabel 4.3 <i>Input</i> Parameter pada Lapis 3.....	4-2
Tabel 4.4 <i>Input</i> Parameter pada Lapis 4.....	4-2
Tabel 4.5 Dimensi <i>Sheet Pile</i> (WIKA Beton)	4-3
Tabel 4.6 <i>Trial and Error</i>	4-6
Tabel 4.7 Tahapan Konstruksi pada Program Plaxis.....	4-7
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Faktor Keamanan.....	4-11

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Permukaan tanah yang terbuka dan memiliki sudut kemiringan terhadap garis mendatar disebut dengan lereng (Das, 2018). Lereng berdasarkan proses terbentuknya dapat dibagi menjadi dua yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng buatan merupakan lereng yang disebabkan oleh manusia melalui proses timbunan atau galian. Dikarenakan banyak proyek yang melakukan timbunan atau galian tanah, maka diperlukan pemahaman terhadap stabilitas lereng agar dapat memahami dan menyelesaikan permasalahan mengenai stabilitas lereng seperti tanah longsor.

Tanah longsor adalah fenomena geologis yang mencakup berbagai pergerakan tanah, seperti jatuhnya batu, kegagalan lereng, dan aliran reruntuhan, yang dapat terjadi di lingkungan lepas pantai, pesisir, dan daratan (Werner, 2010). Pada tahun 2019, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNBP) mencatat bahwa tanah longsor berada pada urutan ketiga pada jumlah kejadian. Oleh karena itu, diperlukan analisis stabilitas lereng serta perkuatan terhadap lereng untuk mencegah terjadinya tanah longsor. Analisis stabilitas lereng dapat dilakukan dengan metode elemen hingga dengan menggunakan program Plaxis.

1.2 Inti Permasalahan

Tanah asli pada lokasi proyek HSM di Cilegon merupakan tanah lempung lunak, dan setelah tanah ditimbun, tanah belum mengalami konsolidasi sepenuhnya dan masih terdapat tekanan air pori eksese. Kemudian dilakukan galian hingga melewati lapisan tanah lunak dan terjadi longsor. Analisis dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek HSM Cilegon (sumber: GEC)

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Melakukan analisis masalah longsor yang terjadi pada Proyek HSM di Cilegon
2. Memperoleh derajat konsolidasi dan faktor keamanan lereng
3. Memberikan solusi perkuatan lereng

1.4 Lingkup Penelitian

Batasan dari penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. Mengkaji data pada lokasi Proyek HSM di Cilegon
2. Program yang digunakan adalah PLAXIS 8.2
3. Stratifikasi tanah lereng berdasarkan data bor

1.5 Metode Penelitian

Metode dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Studi pustaka dengan mengumpulkan literatur yang bersumber dari buku, jurnal penelitian, artikel yang relevan
2. Pengumpulan data yang berupa *boring log*, data CPTu
3. Analisis dilakukan dengan menggunakan Plaxis

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN meliputi latar belakang permasalahan, inti permasalahan, tujuan penelitian, lingkup penelitian, metode penelitian, sistematika penelitian, dan diagram alir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA berisi tinjauan literatur mengenai tanah lunak, stabilitas lereng, metode elemen hingga, dan faktor keamanan.

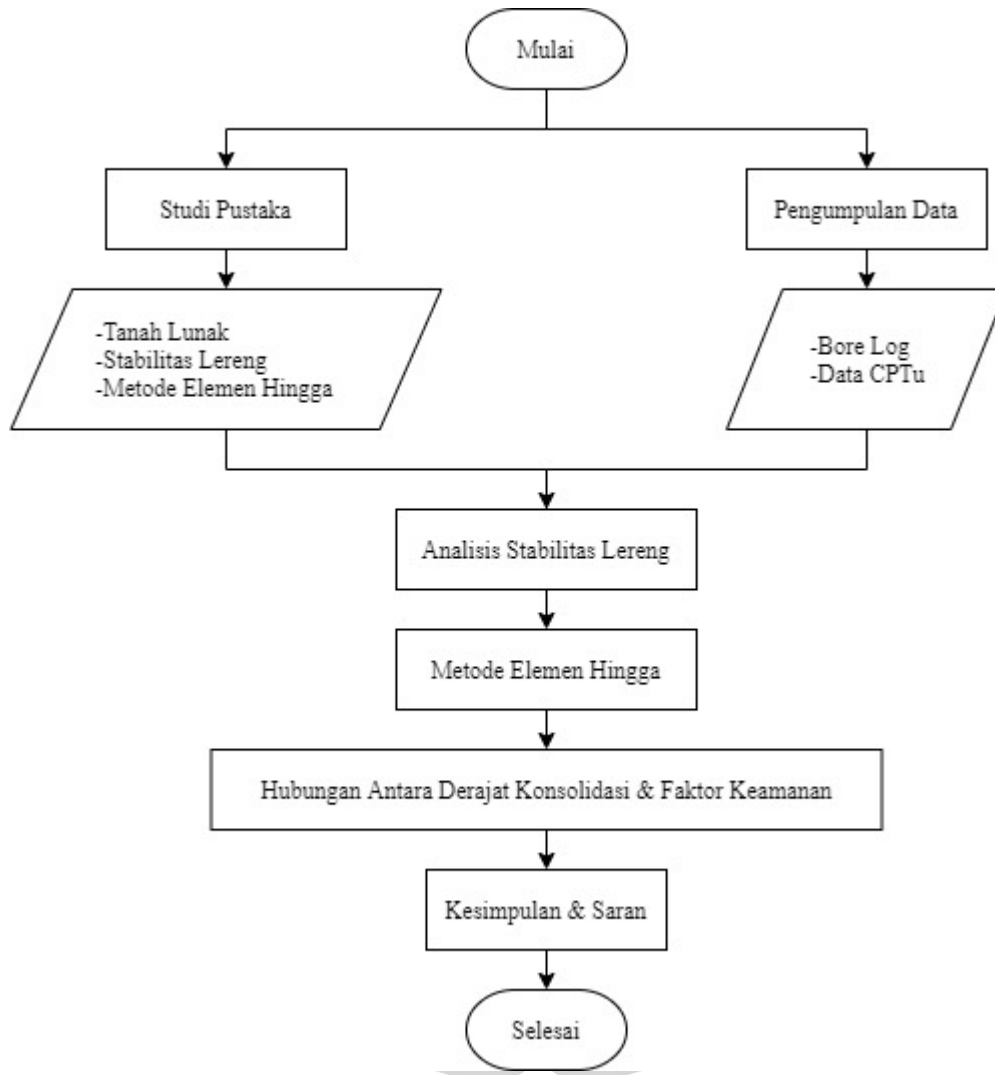
BAB 3 METODE PENELITIAN menjelaskan metode yang digunakan untuk menganalisis proteksi longsor Proyek HSM di Cilegon.

BAB 4 ANALISIS DATA membahas hasil analisis kestabilan lereng menggunakan metode elemen hingga.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN memuat kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian berikutnya.

1.7 Diagram Alir

Dibuat diagram alir sebagai berikut untuk memberi gambaran tentang proses penelitian yang dilakukan.



Gambar 1.2 Diagram Alir Penelitian