

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS STABILITAS LERENG UNTUK MENGATASI  
KERAWANAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE  
*FELLENIUS* DAN PROGRAM *PLAXIS V20***

**(Studi Kasus : Proyek The Startup Hotel Island Karimunjawa)**

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Muhammad Adib Muwaffaq**

**NIM : 30201900128**

**Muhammad Hilmi Arsyadani**

**NIM : 30201900140**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG  
2023**

## LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA STABILITAS LERENG DAN MENGATASI KERAWANAN  
LONGSOR PADA PROYEK THE STARTUP HOTEL ISLAND  
KARIMUNJAWA MENGGUNAKAN METODE FELLENIUS DAN  
PROGRAM PLAXIS V 8.20



**Muhammad Adib Muwaffaq**  
NIM : 30201900128



**Muhammad Hilmi Arsyadani**  
NIM : 30201900140

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, April 2023

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D**  
NIDN: 0627115501
2. **Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si**  
NIDN: 0620065301
3. **Dr. Abdul Rochim, ST., MT**  
NIDN: 0608067601

Ketua Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Islam Sultan Agung

**Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.**  
NIDN: 0625059102

## **BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR**

No: 12 / A.2 / SA - T / III / 2023

Pada hari ini tanggal 21, Juli, 2023 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping:

1. Nama : Prof. Ir. H. Pratikso, MST.,Ph.D  
Jabatan Akademik : Guru Besar  
Jabatan : Dosen Pembimbing Utama
2. Nama : Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si  
Jabatan Akademik : Lektor Kepala  
Jabatan : Dosen Pembimbing Pendamping

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Muhammad Adib Muwaffaq  
NIM : 30201900128

Muhammad Hilmi Arsyadani  
NIM : 30201900140

Judul : Analisis Stabilitas Lereng dan Mengatasi Kerawanan Longsor pada Proyek The Startup Hotel Island Karimunjawa Menggunakan Metode Fellenius dan Program Plaxis V.20

Dengan tahapan sebagai berikut :

| No | Tahapan                     | Tanggal    | Keterangan |
|----|-----------------------------|------------|------------|
| 1  | Penunjukan dosen pembimbing | 08/03/2023 | ACC        |
| 2  | Seminar Proposal            | 17/04/2023 | ACC        |
| 3  | Pengumpulan data            | 24/04/2023 | ACC        |
| 4  | Analisis data               | 29/04/2023 | ACC        |
| 5  | Penyusunan laporan          | 02/05/2023 | ACC        |
| 6  | Selesai laporan             | 21/07/2023 | ACC        |

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping

Prof. Ir. H. Pratikso, MST.,Ph.D

Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Muhammad Adib Muwaffaq

NIM : 30201900128

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“ANALISIS STABILITAS LERENG DAN MENGATASI KERAWANAN LONGSOR PADA PROYEK THE STARTUP HOTEL ISLAND KARIMUNJAWA MENGGUNAKAN METODE FELLENIOUS DAN PROGRAM PLAXIS V .20”** benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 31 / Juli / 2023  
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Adib Muwaffaq  
NIM : 30201900128



## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :  
NAMA : Muhammad Hilmi Arsyadani  
NIM : 30201900140

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“ANALISIS STABILITAS LERENG DAN MENGATASI KERAWANAN LONGSOR PADA PROYEK THE STARTUP HOTEL ISLAND KARIMUNJAWA MENGGUNAKAN METODE FELLENIOUS DAN PROGRAM PLAXIS V .20”** benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 31 / Juli / 2023  
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Hilmi Arsyadani  
NIM : 30201900140



## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Muhammad Adib Muwaffaq

NIM : 302019001428

JUDUL : Analisis Stabilitas Lereng dan Mengatasi Kerawanan Longsor Pada Proyek The Startup Hotel Island Karimunjawa Menggunakan Metode Fellenius Dan Program Plaxis 8.20.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 31 / Juli / 2023  
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Adib Muwaffaq  
NIM : 302001900128

## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Muhammad Hilmi Arsyadani

NIM : 30201900140

JUDUL : Analisis Stabilitas Lereng dan Mengatasi Kerawanan Longsor Pada Proyek The Startup Hotel Island Karimunjawa Menggunakan Metode Fellenius Dan Program Plaxis 8.20.

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri. Saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat.



Semarang, 31 / Juli / 2023

Yang membuat pernyataan,

Muhammad Hilmi Arsyadani

NIM : 30201900140

## MOTTO

1. كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ ۚ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ ۚ مِنْهُمْ الْمُؤْمِنُونَ وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ

Kamu adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, menyuruh kepada ma'ruf, dan mencegah dari yang munkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka, di antara mereka ada yang beriman, dan kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik. (QS. Ali'Imran : 110)

2. يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِذَا قِيلَ لَكُمْ تَفَسَّحُوا فِي الْمَجَالِسِ فَافْسَحُوا يَفْسَحِ اللَّهُ لَكُمْ وَإِذَا قِيلَ انشُرُوا فَانْشُرُوا يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ

Wahai orang – orang yang beriman! Apabila dikatakan kepadamu, “Berilah kelapangan didalam majelis – majelis”, maka lapangkanlah, niscaya Allah akan memberi kelapangan untukmu. Dan apabila dikatakan “Berdirilah kamu”, maka berdirilah, niscaya Allah akan mengangkat (derajat) orang – orang yang beriman di antaramu dan orang – orang yang diberi ilmu beberapa derajat. Dan Allah meneliti apa yang kamu kerjakan. (QS. Mujadilah : 11)

3. تَعْلَمُوا وَعَلِّمُوا وَتَوَاضَعُوا لِمُعَلِّمِكُمْ وَلِيَلُوا لِمُعَلِّمِكُمْ ( رَوَاهُ الطَّبْرَانِيُّ )

Belajarlah kamu semua, dan mengajarlah kamu semua, dan hormati guru – gurumu, serta berlaku baiklah terhadap orang yang mengajarkanmu. (HR. Thabrani)

4. تَعْلَمُوا وَعَلِّمُوا وَتَوَاضَعُوا لِمُعَلِّمِكُمْ وَلِيَلُوا لِمُعَلِّمِكُمْ ( رَوَاهُ الطَّبْرَانِيُّ )

Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan mudahkan baginya jalan menuju surga. (HR. Muslim : 2699)

5. Orang yang meraih kesuksesan tidak selalu orang pintar, orang yang selalu meraih kesuksesan ialah orang yang gigih dan pantang menyerah.

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kepada kedua Orang tua saya Bapak. H. Irfan Mujahidin, ST dan Ibu. Hj. Nurul Hidayah, yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan pendidikan mental untuk berusaha mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu – ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
3. Muhammad Hilmi Arsyadani selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang Bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Teman – teman belajar dan main selama perkuliahan :M. Iqbal, Muhammad Farid Nasrullhaq,M. Miftahul Fuad, M. Iqbal Febriansyah dan lainnya yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat, motivasi dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2018, 2019, 2020 dan yang lainnya yang tidak saya sebutkan satu persatu. Terimakasih untuk kebersamaan kita selama 4 tahun ini, terimakasih atas doa, semangat dan motivasi kalian.

Muhammad Adib Muwaffaq  
NIM : 30201900128

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kepada kedua orangtua saya Bapak. Kardi, S.Ag dan Ibu Tutik Nasehati yang telah memberikan segenap kasih sayang, dukungan materil, semangat, do'a dan Pendidikan mental untuk terus mengejar impian menjadi seseorang yang mulia di dunia dan akhirat.
2. Dosen – dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah mengajarkan saya tentang ilmu – ilmu keteknikan yang sebelumnya saya tidak ketahui dan selalu memberikan motivasi dan arahan kepada saya.
3. Muhammad Adib Muwaffaq selaku rekan yang telah bekerja keras dan berjuang Bersama dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Teman – teman belajar dan main selama perkuliahan : Anugrah Widya, Aldi Gilang Pradika, M. Naufal Giffari, Firmansyah, Haris Al Asror, Arina Unsiyati, M. Wisnu Adji Pangestu yang telah membantu saya selama masa kuliah, memberikan semangat, motivasi dan membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Teman – teman Fakultas Teknik UNISSULA angkatan 2018, 2019, 2020 dan yang lainnya yang tidak saya sebutkan satu persatu. Terimakasih untuk kebersamaan kita selama 4 tahun ini, terimakasih atas doa, semangat dan motivasi kalian

Muhammad Hilmi Arsyadani  
NIM : 30201900140

## KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul ANALISIS STABILITAS LERENG DAN MENGATASI KERAWANAN LONGSOR PADA PROYEK THE STARTUP HOTEL ISLAND KARIMUNJAWA MENGGUNAKAN METODE FELLENIOUS DAN PROGRAM PLAXIS V8.20 guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Yth. Bapak Ir. H. Rachmat Mudiyo, MT., Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik UNISSULA.
2. Yth. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Yth. Bapak Prof. Ir. H. Pratikso, MST., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Utama yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Yth. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, Juli 2023

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                |              |
|------------------------------------------------|--------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>                     | <b>i</b>     |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>                | <b>ii</b>    |
| <b>USULAN TUGAS AKHIR.....</b>                 | <b>iii</b>   |
| <b>BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....</b> | <b>iv</b>    |
| <b>PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI .....</b>         | <b>v</b>     |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN .....</b>               | <b>vii</b>   |
| <b>MOTTO .....</b>                             | <b>ix</b>    |
| <b>PERSEMBAHAN .....</b>                       | <b>x</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>                    | <b>xii</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                         | <b>xiii</b>  |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                       | <b>xv</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                      | <b>xvi</b>   |
| <b>ABSTRAK .....</b>                           | <b>xvii</b>  |
| <b>ABSTRACT.....</b>                           | <b>xviii</b> |
| <b>LEMBAR ASISTENSI .....</b>                  | <b>xix</b>   |
| <br><b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>              | <br><b>1</b> |
| 1.1. Latar Belakang .....                      | 1            |
| 1.2. Rumusan Masalah.....                      | 2            |
| 1.3. Tujuan Masalah .....                      | 2            |
| 1.4. Batasan Masalah.....                      | 2            |
| 1.5. Keaslian Penelitian.....                  | 2            |
| <br><b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>        | <br><b>3</b> |
| 2.1. Lereng .....                              | 3            |
| 2.1.1. Teori Kelongsoran Lereng .....          | 3            |
| 2.1.2. Perkuatan Lereng .....                  | 6            |
| 2.2 Tanah.....                                 | 10           |
| 2.2.1. Jenis Tanah .....                       | 11           |
| 2.2.2. <i>Poisson's Ratio</i> .....            | 11           |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3. Kondisi Geologi .....                                       | 12        |
| 2.4. Analisis Stabilitas Lereng .....                            | 13        |
| 2.4.1. Teori Analisis Stabilitas Lereng.....                     | 14        |
| 2.4.2. Metode <i>Fellenius</i> .....                             | 14        |
| 2.4.3. Analisis Menggunakan Program <i>Plaxis</i> V20 .....      | 16        |
| <b>BAB III METODOLOGI .....</b>                                  | <b>18</b> |
| 3.1. Pendahuluan .....                                           | 18        |
| 3.2. Lokasi Penelitian.....                                      | 18        |
| 3.3. Variabel Penelitian .....                                   | 20        |
| 3.4. Pengumpulan Data .....                                      | 22        |
| 3.5. Analisa Lereng .....                                        | 22        |
| 3.5.1. Analisis lereng menggunakan Metode <i>Fellenius</i> ..... | 22        |
| 3.5.2. Perencanaan menggunakan <i>Plaxis</i> V20 .....           | 24        |
| <b>BAB IV PEMBAHASAN.....</b>                                    | <b>28</b> |
| 4.1. Data Tanah .....                                            | 28        |
| 4.2. Perhitungan Manual <i>Fellenius</i> .....                   | 30        |
| 4.3. Perhitungan <i>Plaxis</i> .....                             | 41        |
| 4.3.1. Kondisi Awal Lereng.....                                  | 41        |
| 4.4. Perhitungan <i>Plaxis</i> Dengan Perkuatan .....            | 44        |
| 4.4.1. Kondisi Lereng dengan Perkuatan <i>Sheet Pile</i> .....   | 44        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>                          | <b>48</b> |
| 5.1. Kesimpulan .....                                            | 48        |
| 5.2. Saran.....                                                  | 48        |

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1. Jenis Tanah dan Nilai <i>Poissin's Ratio</i> .....                                  | 5  |
| Tabel 2.2. Kriteria Perencanaan Angka Keamanan Lereng .....                                    | 6  |
| Tabel 2.3. Ukuran Kawat Anyaman Bronjong.....                                                  | 11 |
| Tabel 2.4. Ukuran Bronjong.....                                                                | 13 |
| Tabel 2.5. Rekomendasi Faktor Keamanan untuk Pekerjaan Perbaikan<br>dan Pencegahan Lereng..... | 14 |
| Tabel 2.6. Korelasi Nilai <i>E</i> dengan N-SPT .....                                          | 17 |
| Tabel 4.1. Lapisan Dan Jenis Tanah .....                                                       | 28 |
| Tabel 4.2. Parameter Tanah .....                                                               | 28 |
| Tabel 4.3. Tabel Analisis Metode <i>Fellenius</i> .....                                        | 30 |
| Tabel 4.4. Tabel Perhitungan Metode <i>Fellenius</i> .....                                     | 40 |
| Tabel 4.5. Tabel Spesifikasi Tipe <i>Sheet pile</i> beton.....                                 | 43 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1. <i>Rational Slide</i> .....                                          | 7  |
| Gambar 2.2. <i>Translation Slide</i> .....                                       | 7  |
| Gambar 2.3. <i>Compound Slide</i> .....                                          | 8  |
| Gambar 2.4. <i>Flows Slide</i> .....                                             | 8  |
| Gambar 2.5. Dinding Penahan Tanah tipe <i>Sheet pile</i> .....                   | 9  |
| Gambar 2.6. <i>Soil Nailing</i> .....                                            | 10 |
| Gambar 2.7. Perencanaan <i>Counter Weight</i> .....                              | 10 |
| Gambar 3.1. Peta Karimun Jawa .....                                              | 19 |
| Gambar 3.2. Lokasi Penelitian .....                                              | 19 |
| Gambar 3.3. Bagan Alir Penelitian .....                                          | 21 |
| Gambar 3.4. Titik Koordinat dan <i>Create Borhol</i> .....                       | 24 |
| Gambar 3.5. <i>Input Material</i> .....                                          | 25 |
| Gambar 3.6. <i>Layers Tanah</i> .....                                            | 25 |
| Gambar 3.7. Hasil Input Data Tanah .....                                         | 26 |
| Gambar 3.8. <i>Element Distribution</i> .....                                    | 26 |
| Gambar 3.9. <i>Phase</i> .....                                                   | 27 |
| Gambar 3.10. Bidang Hasil Perhitungan .....                                      | 27 |
| Gambar 4.1. Gambar Analisis Metode Fellenius .....                               | 29 |
| Gambar 4.2. Permodelan Lereng Asli.....                                          | 40 |
| Gambar 4.3. Input Data Mterial .....                                             | 41 |
| Gambar 4.4. Jaring-jaring Elemen.....                                            | 41 |
| Gambar 4.5. Perhitungan Tegangan Awal .....                                      | 42 |
| Gambar 4.6. Nilai Keamanan Lereng Asli.....                                      | 42 |
| Gambar 4.7. Tipe <i>Sheet Pile</i> beton.....                                    | 43 |
| Gambar 4.8. Permodelan Lereng dengan Perkuatan <i>Sheet Pile</i> .....           | 44 |
| Gambar 4.9. Input Data Mterial .....                                             | 44 |
| Gambar 4.10. Jaring Elemen.....                                                  | 45 |
| Gambar 4.11. Perhitungan Tegangan Awal .....                                     | 45 |
| Gambar 4.12. <i>Incremental Cartesian Strain</i> .....                           | 46 |
| Gambar 4.13. Nilai SF dengan Perkuatan <i>Sheet Pile</i> Type W-325-1000.A ..... | 46 |
| Gambar 4.14. Nilai SF dengan Perkuatan <i>Sheet Pile</i> Type W-500-1000.A ..... | 47 |

## ABSTRAK

Lereng adalah suatu keadaan tanah yang mempunyai perbedaan ketinggian serta membentuk sudut pada bidang horizontal. Perbedaan ketinggian permukaan tanah dengan gaya potensial gravitasi pada lereng dapat mengakibatkan longsor. Studi kasus yang kita ambil berada di proyek *The Statup Hotel Island* yang berlokasi di Jl. H Datuk Moh. Amin, Kelurahan Kemujan, Kecamatan Karimunjawa, Kabupaten Jepara. Air pori dalam material yang tidak stabil disebabkan oleh curah hujan tinggi dan perubahan iklim yang drastis sehingga menjadi salah satu penyebab hilangnya kestabilan pada lereng. Dengan mengetahui angka keamanan lereng pada proyek tersebut agar dapat mengantisipasi terjadinya tanah longsor.

Dalam penelitian ini dilakukan analisis lereng sebelum dilakukannya pembangunan dan setelah dilakukannya dengan perkuatan tanah *sheet pile* untuk menghindari kelongsoran tanah di kemudian hari dan merusak bangunan diatas maupun disekitarnya. Tahapan yang dilakukan menggunakan analisis dengan metode *Fellenius* dan program Plaxis V20.

Dari hasil perhitungan yang sudah didapatkan, nilai faktor keamanan lereng pada saat kondisi awal dengan metode *Fellenius* adalah sebesar 1,42 dan nilai keamanan menggunakan program Plaxis V20 sebesar 1,47. Nilai faktor keamanan lereng setelah diberi perkuatan *sheet pile* yaitu sebesar 1,566. Disimpulkan bahwa hasil setelah diberi perkuatan menggunakan *sheet pile* lebih stabil dibandingkan dengan sebelum diberi perkuatan. Hal ini bisa dilihat dari hasil nilai faktor keamanan yang mengalami kenaikan.

**Kata kunci :** Longsor, Lereng, *Sheet pile*, *Fellenius*, *plaxis V20*

## ABSTRACT

Slope is a soil condition that has a difference in height and forms an angle in the horizontal plane. The difference in ground level with the potential gravitational force on the slope can cause landslides. The case study that we take is in the The Statup Hotel Island project which is located on Jl. H Datuk Moh. Amin, Kemujan Village, Karimunjawa District, Jepara Regency. Pore water in unstable materials is caused by high rainfall and drastic climate change so that it becomes one of the causes of loss of stability on slopes. By knowing the slope safety figures on the project in order to anticipate the occurrence of landslides.

In this study, slope analysis was carried out before the construction was carried out and after it was carried out with sheet pile soil reinforcement to avoid landslides in the future and damage the buildings above and around it. The steps were carried out using analysis using the Fellenius method and the Plaxis V20 program.

From the results of the calculations that have been obtained, the value of the slope factor of safety at the initial conditions using the Fellenius method is 1.42 and the safety value using the Plaxis V20 program is 1.47. The value of the slope factor of safety after being given sheet pile reinforcement is 1,566. It was concluded that the results after being reinforced using sheet piles were more stable than before being reinforced. This can be seen from the results of the value of the factor of safety which has increased.

**Keywords :** Landslide, Slope, Sheet pile, Fellenius, plaxis V20

## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Tanah longsor adalah Bergeraknya tanah dan batuan menuju tempat yang lebih datar/vertikal. Longsor dapat terjadi karena menurunnya kemantapan suatu lereng akibat degradasi tanah dan batuan penyusun lereng dengan waktu dan usia lapisan, hal ini dapat mempengaruhi keseimbangan gaya yang diakibatkan gaya momen penahan lereng tidak mampu menahan momen pendorong lereng.

Lereng adalah suatu keadaan tanah yang mempunyai perbedaan ketinggian serta membentuk suatu sudut pada bidang horizontal. Lereng terbentuk karena adanya aktifitas alam dan manusia. Lereng yang terbentuk dari aktifitas alam diantaranya lereng bukit dan tebing sungai, sedangkan lereng yang terbentuk dari aktifitas manusia adalah galian dan timbunan. Perbedaan ketinggian permukaan tanah dengan gaya potensial gravitasi pada lereng dapat mengakibatkan longsor.

Karimunjawa adalah pulau yang ada di Laut Jawa yang ada di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Karimunjawa mempunyai luas daratan 1.500 Ha dan perairan seluas 110.000 Ha. Jumlah penduduk pulau Karimunjawa adalah 8733 jiwa yang terdiri dari 27 pulau dan 5 diantaranya yang berpenghuni. Pulau Karimunjawa mempunyai pegunungan dan perbukitan sebab terjadi pergeseran lempeng yang disertai perubahan iklim dan cuaca. Hal ini, yang menyebabkan perubahan iklim dan cuaca di pulau Karimunjawa dapat menimbulkan bencana alam contohnya gempa bumi, banjir, tanah longsor, dan lain sebagainya.

Pulau Karimunjawa sebagian besar wilayahnya merupakan daerah pesisir. Daerah ini memiliki curah hujan rata-rata 3.120 mm dan jumlah hari hujan 114 hari. Selain daerah pesisir Pulau Karimunjawa adalah pulau bukit dengan sejumlah puncak-puncak bukit kecil yang memiliki yang relatif terjal. Ketidak stabilan air pori dalam material lereng yang disebabkan oleh curah hujan yang tinggi merupakan salah satu penyebab hilangnya

kestabilan pada lereng. Pulau Karimunjawa sendiri mempunyai intensitas curah hujan yang tinggi dan perubahan iklim yang sangat drastis, sehingga banyak tanah yang tidak stabil dan mengakibatkan pelapukan. Sehingga dikhawatirkan curah hujan tinggi akan berdampak pada proyek The Startup Hotel Island. Seperti yang pernah terjadi disebabkan hujan deras mengakibatkan terputusnya jalan utama penghubung Desa Karimunjawa menuju Desa Kemujan Karimunjawa. Kerusakan jalan ini akibat tergerusnya pondasi jalan yang tidak kuat menahan arus air hujan yang berdampak kelongsoran jalan seluas 1 m.

Letak dari proyek The Startup Hotel Island sendiri berada di Jln. H. Datuk Moh. Amin, kelurahan Kemujan, kecamatan Karimunjawa, kabupaten Jepara. Dengan kemiringan lereng  $\pm 17^\circ$ , luas tanah  $\pm 3,5$  Ha. Proyek tersebut terletak di sebuah bukit kecil dengan lereng yang sedikit terjal. Tanah di sekitar proyek didominasi dengan batupasir, lempung, batuan lempung dan batuan karang.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang kami bahas dalam Tugas Akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Berapa nilai aman (*safety factor*) pada kondisi awal lereng dengan metode *Fellenius* ?
2. Berapa nilai aman (*safety factor*) pada kondisi awal lereng dengan program *Plaxis V.20* ?
3. Berapa angka keamanan yang terjadi pada kondisi lereng setelah diberi perkuatan *Sheet Pile* menggunakan program *Plaxis V.20* ?

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui nilai aman (*safety factor*) lereng *eksisting* pada proyek *The Start Up Hotel Island*, Karimun Jawa menggunakan metode *Fellenius*.
2. Mengetahui nilai aman (*safety factor*) lereng *eksisting* pada proyek *The Start Up Hotel Island*, Karimun Jawa menggunakan program *Plaxis V.20*
3. Mengetahui nilai aman (*safety factor*) lereng pada proyek *The Start Up Hotel Island*, Karimun Jawa menggunakan perkuatan *Sheet Pile* dengan program *Plaxis V.20*

### 1.4 Batasan Penelitian

Ruang lingkup permasalahan penelitian ini dibatasi hanya pada karakteristik tanah yang pada lokasi proyek *The Start Up Hotel Island*, Karimun Jawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah. Serta dapat mengatasi kemungkinan terjadinya tanah longsor menggunakan program *Plaxis V20*.

Penulisan laporan ini menggunakan data tanah berupa data tanah sondir dan bore log dari PT. Anugrah Berkah Gusti yang telah melewati uji laboratorium di Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu.

### 1.5 Keaslian Penelitian

Keaslian penulisan penelitian ini menurut penulis belum pernah dilakukan sebelumnya pada penelitian lain. Adapun penelitian terdahulu yang hampir sama seperti judul penelitian penulis adalah “Analisis Stabilitas Lereng Untuk Mengatasi Kerawanan Longsor Menggunakan Metode *Fellenius* Dan Program *Plaxis V20*”, hampir sama dengan penelitian terdahulu yang berjudul “Analisis Stabilitas Tanah Lereng Dengan Perkuatan *Sheet Pile* Menggunakan *Plaxis V.8* Metode *Fellenius*”

Perbedaan dengan penelitian terdahulu terdapat pada fokus penelitian, lokasi tinjauan dan versi program *Plaxis* yang berbeda.

Demikian dapat diartikan bahwa adanya analisis dan penanggulangan dalam penelitian yang hampir sama namun masih berbeda dengan penelitian penulis lakukan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Tanah

Tanah dalam lingkup ilmu teknik sipil adalah suatu mineral bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas yang terletak di batuan dasar (Hardiyanto, 2006)

Tanah adalah suatu bagian dari kerak bumi yang tersusun dari mineral dan bahan-bahan organik. Oleh karena itu, tanah bagus untuk mendukung kehidupan tumbuhan sebagai enopang akar tumbuhan. Tanah mempunyai peran penting di bidang konstruksi, karena tanah adalah unsur yang paling dasar dalam pekerjaan konstruksi. Sebelum dilakukan pekerjaan konstruksi harus dipastikan jenis tanah dan dilakukan analisa terlebih dahulu tipe tanah apa yang terdapat pada lokasi yang akan dibangun.

##### 2.2.1 Jenis Tanah

Tanah memiliki beberapa jenis diantaranya sebagai berikut :

a. Pasir (*sand*)

Pasir merupakan butiran material dari partikel batuan dan mineral yang terpecah halus.

b. Lanau (*silt*)

Lanau merupakan batuan yang berukuran di antara pasir dan lempung.

c. Batuan (*gravel*)

Batuan merupakan suatu bahan penyusun agregat kerak bumi atau kumpulan mineral yang telah mengkristal.

d. Tanah Lempung (*clay*)

Tanah lempung merupakan suatu partikel silikat yang berdiameter kurang dari 5 mikrometer. Tanah lempung mengandung silika atau alumunium yang halus.

### 2.2.2 Poisson's Ratio

Nilai dari *Poisson's Ratio* diperoleh dari padatan poros pada regangan pemuaian lateral. Angka dari *Poisson's Rate* bisa dilihat pada tabel berikut.

**Tabel 2.1 Jenis Tanah dan Nilai Poisson's Ratio**

| Jenis Tanah              | Poisson's Ratio |
|--------------------------|-----------------|
| Lempung Tanah            | 0,4 – 0,5       |
| Lempung tak Jenuh        | 0,1 – 0,3       |
| Lempung Berpasir         | 0,2 – 0,3       |
| Lanau                    | 0,3 – 0,35      |
| Pasir                    | 0,1 – 1,0       |
| Batuan                   | 0,1 – 0,4       |
| Umum dipakai untuk tanah | 0,3 – 0,4       |

(Das, 2011)

### 2.2.Lereng

Lereng adalah suatu bidang permukaan bumi yang memiliki bentuk kemiringan dan sudut dengan **bidang horizontal**. Lereng mempunyai dua macam jenis yaitu lereng alami dan lereng buatan. Lereng alami merupakan lereng yang terbentuk secara alami seperti lereng bukit dan tebing sungai. Sedangkan lereng buatan adalah lereng yang terbentuk secara sengaja oleh manusia dengan suatu tujuan tertentu, seperti galian dan timbunan.

Analisa lereng dilakukan dengan kestabilan yang akurat mengenai material permukaan bawah. Dengan adanya analisa kestabilan lereng agar bisa mengatasi kerawanan bencana longsor di Karimunjawa dan masyarakat tidak mengalami kerugian.

**Tabel 2.2** Kriteria Perencanaan Angka Keamanan Lereng

| Faktor Keamanan (Fs) | Kerentanan Gerakan Tanah                            |
|----------------------|-----------------------------------------------------|
| $\leq 1,2$           | Tinggi : Gerakan tanah sering terjadi               |
| $1,2 < Fs \leq 1,7$  | Menengah : Gerakan tanah dapat terjadi              |
| $1,7 < Fs \leq 2,0$  | Rendah : Gerakan tanah jarang terjadi               |
| $> 2,0$              | Sangat rendah : Gerakan tanah sangat jarang terjadi |

(Sumber : Ward, 1978)

### 2.1.1. Teori Kelongsoran Lereng

Gerakan tanah adalah proses berpindahnya massa tanah atau batuan dengan arah horizontal faktor yang mempengaruhi hal tersebut meliputi pengaruh dari air, beban yang ditanggung, udara, dan gravitasi dalam kondisi tersebut untuk mempengaruhi penyebab serta cara untuk penanggulangannya maka perlu adanya analisa terhadap tanah berdasarkan material yang bergerak, adapun macam-macam gerakan tanah yaitu :

a. Aliran Cepat (*Rapid Flowage*)

Gerakan yang terjadi pada tanah lunak yang jenuh pada air dan pada daerah yang dekat lereng, berikut beberapa penjabaran yang dapat dibedakan menjadi

- 1) Aliran lumpur (*mud flow*), jika material yang bergerak berupa lumpur.
- 2) Aliran tanah (*earth flow*), jika material yang bergerak berupa tanah.

b. Amblasen (*subsidence*)

Amblasen adalah jenis kejadian turunnya permukaan tanah secara bersamaan cepat atau lambat yang tergantung pada kondisi topografi maupun kondisi geologi daerah tersebut. Pada umumnya daerah yang lunak terdapat beban berat diatasnya atau daerah yang memiliki kegiatan seperti penambangan di bawah tanah atau penyedotan air tanah.

c. Longsoran (*sliding*)

Longsoran terjadi karena adanya regangan yang terjadi pada tanah, dan bisa terjadi sangat cepat secara tiba-tiba atau bisa bergerak dengan lambat. Jenis gerakan dapat dibedakan menjadi :

- 1) *Rotational slide*, yaitu jika bidang longsoran seperti log spiral, busur derajat, dan bentuk lengkung yang tidak teratur. Kelongsoran yang terjadi pada umumnya karena adanya sifat homogen tanah, dapat dilihat pada **Gambar 2.1**



**Gambar 2.1** *Rotational slide*

(Sumber : Skempton & Hutchinson, 1969)

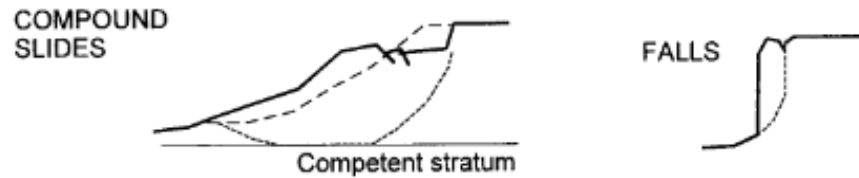
- 2) *Translation slide*, jika longsor cenderung datar atau sedikit gelombang. Kelongsoran yang terjadi apabila permukaan tanah dipengaruhi kekuatan geser yang berbeda pada lapisan tanah yang berbatasan, seperti **Gambar 2.2**



**Gambar 2.2** *Translation Slide*

(Sumber : Skempton & Hutchinson, 1969)

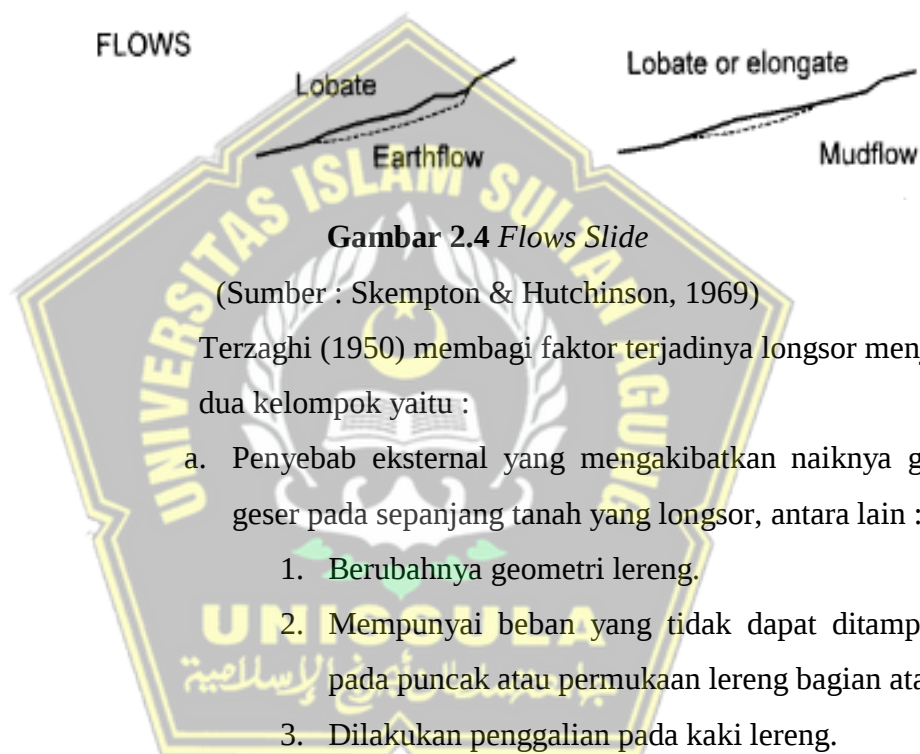
- 3) *Compound slide*, jika bidang gelincirnya terletak dekat dengan permukaan tanah seperti pada **Gambar 2.3**



**Gambar 2.3 Compound Slide**

(Sumber : Skempton & Hutchinson, 1969)

- 4) *Flows slide*, terjadi jika bidang gelincirnya terletak jatuh dengan tanah seperti **Gambar 2.4**



**Gambar 2.4 Flows Slide**

(Sumber : Skempton & Hutchinson, 1969)

Terzaghi (1950) membagi faktor terjadinya longsor menjadi dua kelompok yaitu :

- a. Penyebab eksternal yang mengakibatkan naiknya gaya geser pada sepanjang tanah yang longsor, antara lain :
  1. Berubahnya geometri lereng.
  2. Mempunyai beban yang tidak dapat ditampung pada puncak atau permukaan lereng bagian atas.
  3. Dilakukan penggalian pada kaki lereng.
  4. Menurunnya muka air tanah secara mendadak.
  5. Getaran yang ditimbulkan oleh gempa bumi atau ledakan,
- b. Penyebab internal yang mengakibatkan turunnya kekuatan geser material tanah antara lain :
  1. Pelapukan.
  2. Hilangnya sementasi material.
  3. Keruntuhan *progressive*
  4. Berubah struktur material.

### 2.1.2. Perkuatan Lereng

Apabila hasil analisa tidak mempengaruhi nilai faktor keamanan yang pasti, maka lereng membutuhkan perkuatan yang lebih besar agar tidak terjadi tanah longsor. Ada beberapa perkuatan lereng yaitu perkuatan lereng dengan *soil nailing*, *counter weight*, *stone columns*, *sheet pile*, dan bronjong. Berikut penjelasan perkuatan lereng :

#### a. *Sheet Pile*

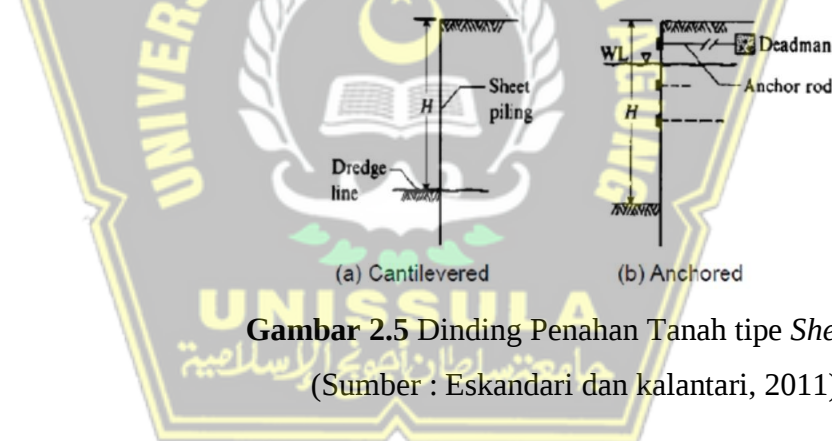
*Sheet Pile* adalah suatu struktur tian yang dibangun dengan bertujuan untuk menahan tekanan tanah horizontal atau dinding penahan tanah konstruksi. Pile dapat dibedakan menjadi dua yaitu :

##### 1) *Cantilever*

Stabilitas ini tergantung pada panjang penanaman tiang.

##### 2) *Anchored*

Angker dipasang di sekitar ujung *sheet pile* yang bertujuan akan memberikan gaya tarik melawan tanah.



**Gambar 2.5** Dinding Penahan Tanah tipe *Sheet pile*  
(Sumber : Eskandari dan kalantari, 2011)

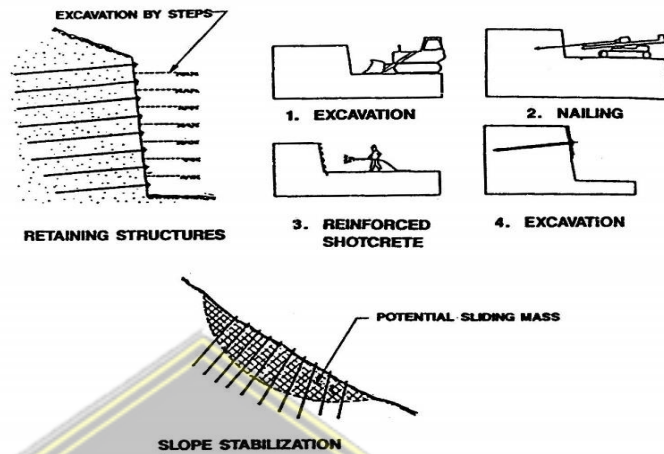
#### b. *Soil Nailing*

*Soil Nailing* yaitu dilakukan dengan cara memasukkan perkuatan dengan ukuran relatif kecil biasanya menggunakan besi beton untuk digunakan dengan jarak yang terdekat ke dalam massa tanah sehingga tanah akan menjadi stabil.

Tahapan pekerjaan sebagai berikut :

- 1) Pengeboran
- 2) *Flushing* (pencucian lubang bor)
- 3) Pemasukan *deform bar*

- 4) *Grouting*
- 5) *Shotcrete* (pembesian dinding)
- 6) *Finishing* (pemasangan plat penguat)

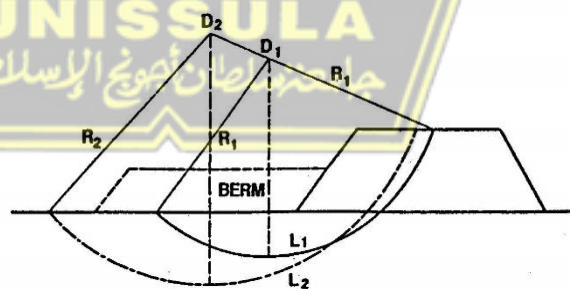


**Gambar 2.6 Soil Nailing**

(Sumber : Mitchel and Villet, 1987)

b. *Counter Weight (berm)*

*Counter Weight* merupakan timbunan tanah pada kaki lereng. Fungsinya yaitu dengan cara memberikan ruang pada kaki lereng kemudian ditambah dengan tanah timbunan yang sesuai perencanaan agar tidak terjadi kelongsoran pada lereng.



**Gambar 2.7 Perencanaan Counter Weight**

(Sumber : Rodriguez, 1988)

c. *Stone Coloums*

*Stone Coloums* diaplikasikan untuk perbaikan tanah kohesif dan untuk menaikkan daya dukung tanah serta mengurangi penurunan

tanah yang akan terjadi. Dengan adanya *stone coloums* tanah lempung akan memberikan daya dukung yang besar sehingga beban timbunan yang bekerja bisa menjadi lebih cepat.

d. Bronjong

Bronjong merupakan anyaman kawat yang memiliki bentuk kotak terbuat dari kawat baja berlapis seng yang berisi batuan dan kerikil yang digunakan untuk mencegah kelongsoran pada tanah yang dipasang pada tebing-tebing, tepi-tepi sungai, dan lereng, yang proses penganyamannya menggunakan mesin.

Sifat kawat bronjong antara lain kokoh, bentuk anyaman heksagonal dengan lilitan ganda, lilitan harus erat, tidak terjadi kerenggangan antar kawat sisi. Kawat anyaman minimum dililit 3 kali sehingga mampu menahan beban dari segala arah. (SNI 03-0090-1999). Bronjong yang digunakan harus aman dan stabil terhadap penggeseran, penggulingan dan keruntuhan kapasitas daya dukung tanah. Nilai faktor aman terhadap penggulingan  $> 1,5$ . Nilai faktor aman terhadap pergeseran  $> 1,5$ . Nilai faktor aman terhadap keruntuhan kapasitas daya dukung tanah  $> 3$  (hardiyatmo, 2010)

- Spesifikasi & Ukuran Bronjong SNI ( NO. SNI 03-0090-1999) seperti pada **Tabel 2.2**

**Tabel. 2.3.** Ukuran Kawat Anyaman Bronjong

| KAWAT ANYAMAN |           |                                |               |
|---------------|-----------|--------------------------------|---------------|
| Dia           | Toleransi | Berat Lapisan Seng             | Jml. Puntiran |
| 2.7 mm        | +/- 4.0%  | Minimum 2,60 gr/m <sup>2</sup> | 28 Kali       |
| 3.0 mm        | +/- 4.0%  | Minimum 2,75 gr/m <sup>2</sup> | 26 Kali       |
| 3.7 mm        | +/- 4.0%  | Minimum 2,75 gr/m <sup>2</sup> | 24 kali       |
| KAWAT IKAT    |           |                                |               |

| Dia              | Toleransi | Berat Lapisan Seng             | Jml. Puntiran |
|------------------|-----------|--------------------------------|---------------|
| 2.0 mm           | +/- 4.0%  | Minimum 2,40 gr/m <sup>2</sup> | -             |
| 2.0 mm           | +/- 4.0%  | Minimum 2,40 gr/m <sup>2</sup> | -             |
| 3.0 mm           | +/- 4.0%  | Minimum 2,75 gr/m <sup>2</sup> | -             |
| <b>KAWAT ISI</b> |           |                                |               |
| Dia              | Toleransi | Berat Lapisan Seng             | Jml. Puntiran |
| 3.4 mm           | +/- 4.0%  | Minimum 2,75 gr/m <sup>2</sup> | 26 Kali       |
| 4.0 mm           | +/- 4.0%  | Minimum 2,90 gr/m <sup>2</sup> | 21 Kali       |
| 4.5 mm           | +/- 4.0%  | Minimum 2,90 gr/m <sup>2</sup> | 16 kali       |

(Sumber : SNI NO SNI 03-0090-1999)

Spesifikasi:

- Kuat Tarik minimal 41 kgf / mm
- Ukuran anyaman 80 x 100 mm (dengan diameter anyaman 2.7 mm, 3.0 mm, 3.7 mm) dengan lilitan ganda
- Diafragma setiap 1 meter Panjang
- Ukuran kotak (Panjang, lebar, tinggi) toleransi +/- 5.0 %

**Tabel 2.4.** Ukuran Bronjong

| Length | Width | Height | Diaphragm Quantity | Volume (M <sup>3</sup> ) | Toleransi                                                                                                       |
|--------|-------|--------|--------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.0    | 1.0   | 1.0    | 0                  | 1.0                      | L $\pm$ 5%<br>W $\pm$ 5%<br>H $\pm$ 5%<br>Lobang Anyam/Gabion Mesh<br>Ukuran 80 x 100 mm<br>Ukuran 100 x 120 mm |
| 2.0    | 1.0   | 0.5    | 1                  | 1.0                      |                                                                                                                 |
| 3.0    | 1.0   | 0.5    | 2                  | 1.5                      |                                                                                                                 |
| 4.0    | 1.0   | 0.5    | 3                  | 2.0                      |                                                                                                                 |
| 3.0    | 1.5   | 0.5    | 2                  | 2.25                     |                                                                                                                 |
| 2.0    | 1.0   | 1.0    | 1                  | 2.0                      |                                                                                                                 |
| 3.0    | 1.0   | 1.0    | 2                  | 3.0                      |                                                                                                                 |
| 4.0    | 1.0   | 1.0    | 3                  | 4.0                      |                                                                                                                 |

(Sumber : SNI NO SNI 03-0090-1999)

### 2.3. Analisis Stabilitas Lereng

Stabilitas lereng adalah kondisi atau suatu keadaan yang stabil terhadap bentuk dan dimensi lereng. Stabilitas lereng dapat dipengaruhi dengan adanya geometri lereng, struktur batuan, dan mekanik batuan. Salah satu cara umum untuk menangani kestabilan lereng tersebut yaitu faktor keamanan atau dengan membangun dinding penahan.

#### 2.4.1. Teori Analisis Stabilitas Lereng

Analisis stabilitas lereng sangat mempengaruhi oleh kekuatan geser tanah untuk menahan tekanan tanah terhadap keruntuhan. Jadi, penyebab terjadinya longsor adalah tidak adanya kuat geser tanah

pada bidang longsornya, sehingga tidak dapat menahan erakan tanah yang longsor ke bawah.

Adapun maksud dari analisis stabilitas lereng yaitu untuk mengatur keseimbangan atau untuk menentukan faktor keamanan longsor.

Faktor keamanan terhadap kekuatan geser yang diterima menurut *GCO Publication* (dalam Hearn, 2011) adalah untuk menganalisis keamanan pekerjaan perbaikan dan pencegahan lereng seperti **Tabel 2.2**

**Tabel 2.5** Rekomendasi Faktor Keamanan untuk Pekerjaan Perbaikan dan Pencegahan Lereng

|                       | Faktor keamanan minimum yang direkomendasikan terhadap resiko |               |               |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------|---------------|---------------|
|                       | Resiko diabaikan                                              | Resiko rendah | Resiko tinggi |
| Faktor keamanan (FoS) | <1,0                                                          | 1,1           | 1,2           |

( Sumber : *Hearn, 2011*)

#### 2.4.2. Metode *Fellenius*

Metode Slise Biasa atau disebut dengan Metode *Fellenius* adalah sebuah metode yang dibuat oleh *Fellenius* (1987). Metode *Fellenius* berasumsikan bahwa keruntuhan terjadi karena rotasi sebidang tanah pada permukaan tanah longsor melingkar, dengan titik 0 sebagai titik rotasi. Asumsi metode ini bahwa gaya tipikal besarnya  $P$  bekerja didalam titik fokus biji, sedangkan nilai  $FK$  didapat dari keseimbangan momen dengan memperhitungkan fakta gaya yang bekerja pada sudut yang tegak lurus dengan dasar biji.

$$SF = \frac{\text{jumlah momen baru dan tahapan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{jumlah momen dari berat masa tanah longsor}} \dots\dots(2.3)$$

Lengan momen dari berat masa tanah tiap irisan adalah  $R \sin \theta$ , maka

$$\sum Md = R \sum W \sin \theta \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

$Md$  = Momen (N.m)

$R$  = Jari-jari bidang longsor (m)

$W$  = Berat masa tanah irisan ke-I ( $Kg/s^2$ )

$\theta$  = Sudut yang didefinisikan pada gambar diatas (\*)

Apabila air lereng mempunyai tekanan dengan air pori pada daerah yang longsor maka tidak akan berddampak pada  $Md$ . Gaya yang disebabkan tekanan air pori maka akan melewati pusat lingkaran yang mempunyai banyak persamaan yang sudah ada.

$$Fk = \frac{\sum ca(W \cos \theta - Ua) \tan \varphi}{\sum W \sin \theta} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

$Fk$  = Faktor keamanan

$c$  = Kohesi tanah ( $kN/m^2$ )

$\varphi$  = Sudut gesekan pada tanah (\*)

$a$  = Panjang bagian lingkaran (m)

$W$  = Berat irisan tanah ke-I ( $Kgm/s^2$ )

$U$  = Tekanan air pori ( $kN/m^2$ )

$\theta$  = Sudut yang diidentifikasi dalam gambar (\*)

Jika terdapat gaya selain berat lereng tanahnya sendiri, maka momen beban yang akan dihitung adalah  $Md$ .

Metode *Fellenius* memberikan factor aman yang lebih rendah dibandingkan dengan metode elemen hingga. Batas nilai bergantung pada besarnya tekanan air pori, factor aman, dan sudut pusat lingkaran yang dipilih karena menggunakan cara menghitung yang sederhana sehingga kesalahan yang terjadi masih dibatas aman yang ada.

#### 2.4.3. Analisis Menggunakan Program *Plaxis V20*

*Plaxis* adalah suatu program aplikasi komputer yang menganalisis stabilitas pada bidang geoteknik, seperti daya tahan tanah. Bahkan

sampai digunakan sebagai menghitung faktor keamanan. Plaxis sendiri kependekan dari *Plane Strain and AxialSymmetry*.

Griffiths & Lane (1999) mencoba menganalisis keuntungan antara elemen hingga dengan kesetimbangan batas konvensional :

1. Tidak membagi domain menjadi vertikal irisan.
2. Tidak adanya irisan, tidak memerlukan gaya samping antara irisan.
3. FEM ( analisis elemen hingga) dapat menentukan kegagalan zona dengan perhitungan tegangan, tanpa mencari titik kritis permukaan slip (*critical slip surface*) dalam analisis kesetimbangan.

Dalam metode perhitungan Griffiths & Lane (1999) telah dijelaskan bahwa tanah adalah sebagai bahan plastik elastis-sempurna (elastoplastik) dengan lima parameter yang diperlukan untuk melakukan analisis :

$c$  = kohesi ( $\text{kN/m}^2$ )  
 $\phi$  = sudut geser ( $^\circ$ )  
 $\gamma$  = berat jenis ( $\text{kN/m}^3$ )  
 $E$  = modulus Young (MPa)  
 $\nu$  = rasio Poisson

Dari hasil uji laboratorium yang didapatkan dari parameter tanah pada umumnya adalah nilai Kohesi ( $c$ ), Sudut geser ( $\phi$ ), dan Berat Jenis ( $\gamma$ ). Parameter ini disebut parameter kuat tanah (*Soil Strength*) dalam plaxis. Sedangkan Modulus Young ( $E$ ), dan Poisson Ratio ( $\nu$ ), adalah parameter kekakuan. Nilai Poisson Ratio pada umumnya yaitu berkisar 0,28-0,35. Nilai Modulus Young adalah untuk mendapatkan Korelasi nilai  $E$  dengan N-SPT seperti **Tabel 2.3**

**Tabel 2.6** Korelasi Nilai  $E$  dengan N-SPT

| Jenis Tanah                       | N-SPT (kN/m <sup>2</sup> )              |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| Sand (Normally consolidated)      | $E_s = 500 (N + 15)$                    |
|                                   | $E_s = 7000 \cdot N \cdot 0,5$          |
|                                   | $E_s = 6000 N$                          |
|                                   | $E_s = (15000 \text{ to } 22000) \ln N$ |
| Sand (Saturated)                  | $E_s = 250 (N + 15)$                    |
| Sand, all (Normally consolidated) | $E_s = (2600 \text{ to } 2900) N$       |
| Sand (Overconsolidated)           | $E_s = 40000 + 1050 N$                  |
|                                   | $E_s(ocr) = E_s(ocr) (ocr)^{0,5}$       |
| Gravelly sand                     | $E_s = 1200 (N + 6)$                    |
|                                   | $E_s = 600 (N + 6), N < 15$             |
| Clayey sand                       | $E_s = 320 (N + 15)$                    |
| Silt, sandy silt or clayey silt   | $E_s = 300 (N + 6)$                     |

(Sumber : Bowles, 1989)

Untuk menentukan faktor keamanan, dilakukan dengan analisis pengulangan dari setiap kali mengurangi kekuatan tanah, dari faktor yang sedikit lebih besar sampai hasil kondisi yang tidak stabil. Dari kondisi yang tidak stabil itu adalah bentuk dari kegagalan solusi untuk konvergen. Selain faktor keamanan, ada juga faktor reduksi kekuatan yaitu dimana faktor kekuatan geser harus dibagi sehingga kekuatan yang hampir tidak stabil dapat seimbang dengan kurang masuknya tegangan geser.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pendahuluan

Penulisan tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui faktor aman lereng yang ditinjau dari lokasi proyek, struktur tanah dan pengaruh iklim yang ada pada proyek *The Start Up Hotel Island* Karimun Jawa, dikhawatirkan akan terjadi kelongsoran tanah pada kemudian hari yang dapat merusak bangunan di atasnya maupun lingkungan disekitar. Maka dalam penulisan ini akan dilakukan analisis lereng sebelum dilakukannya pembangunan dan, setelah dilakukan pembangunana dengan perkuatan tanah yang sesuai. Tahapan yang dilakukan menggunakan analisi dengan mtode *Fellenius* dan program *Plaxis* V20.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui terjadinya kerawanan tanah longsor di proyek *The Startup Hotel Island*, Jln. H. Datuk Moh. Amin, kelurahan Kemujan, kecamatan Karimun Jawa, kabupaten Jepara. Adapun batas lokasi penelitian sebagai berikut :

- Utara : Masjid Nurul Amin
- Selatan : Baso Telaga
- Timur : PLTD, Legon Bajak
- Barat : Pantai Kemojan

Tahap penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis data tanah agar dapat mengetahui kestabilan tanah di area tersebut. Dengan analisis data dan pemodelan menggunakan metode *Fellenius* dan program *Plaxis* 20.



**Gambar 3.1** Peta Karimunjawa  
(Sumber : Karimunjawa Map, 2015)



**Gambar 3.2** Lokasi Penelitian  
(Sumber: Google Maps, 2022)

Berdasarkan hasil uji di lapangan menunjukkan pengeboran dilakukan pada dua titik dengan kedalaman 20,00 m. Pengambilan tanah dilaksanakan pada kedalaman 0,00 m - 5,00 m adalah lempung (*Clay*), sedangkan sampai kedalaman 10,00 m didominasi oleh lapisan lanau (*Silt*). Berdasarkan survei, didapatkan ciri-ciri tanah yang dapat diasumsikan bahwa tanah pada lapisan atas lokasi merupakan tanah *clay*.

### 3.3 Variabel Penelitian

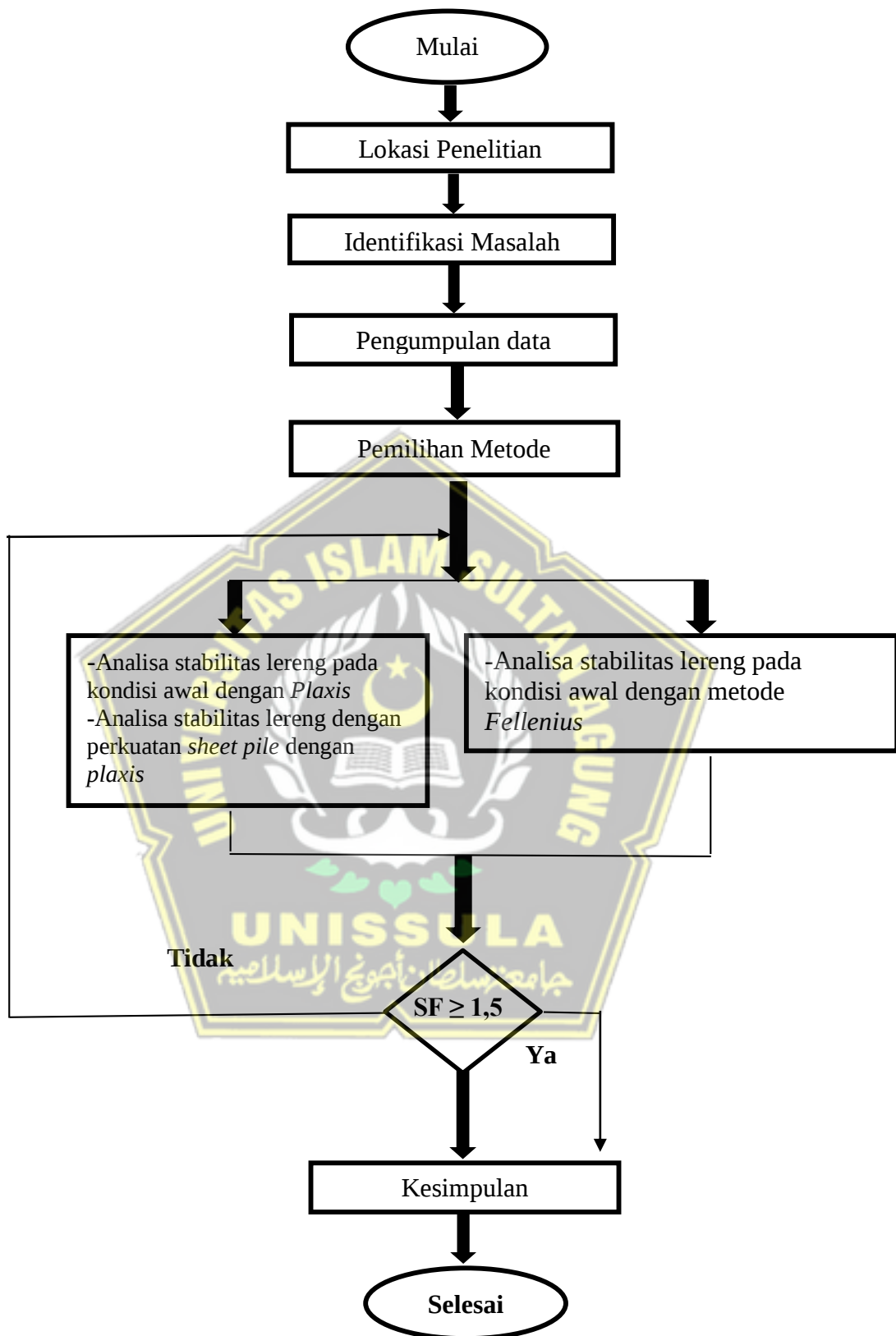
Variabel penelitian yaitu suatu atribut atau sifat dari orang, obyek, organisasi atau kegiatan yang memiliki variasi yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2016:68). Variabel yang digunakan dalam penulisan ini adalah variable *independen* (variabel bebas) dan variabel *dependen* (variabel terikat).

a. Variabel *Independen* (Variabel bebas)

Variabel yang memengaruhi atau menjadi sebab akibatnya variabel terikat. Pada penelitian ini yang dipakai sebagai variabel bebas adalah Pengaruh Beronjong terhadap stabilitas lereng.

b. Variabel *Dependen* (Variabel terikat)

Variabel yang dipengaruhi variabel bebas. Dalam penelitian variabel yang dipakai sebagai variabel terikat adalah Perkuatan Beronjong menggunakan program plaxis V20.



Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

### 3.4. Pengumpulan data

Tahap berikutnya adalah pengumpulan data. Data yang dibutuhkan penelitian ini adalah :

1. Data N-SPT sebanyak dua titik sedalam 20m. Lapisan tanah dominan pada kedalaman 0m – 10m adalah tanah lempung (*Clay*), sedangkan sampai kedalaman 20m di dominasi oleh lapisan tanah lanau (*Silt*).
2. Data uji laboratorium berupa Physical Properties, Atterberg Limit, Grain Size, dan Direct Shear. Data ini didapatkan di Laboratorium STTR Cepu.

### 3.5. Analisa Lereng

Analisis stabilitas lereng dihitung dengan menggunakan perkuatan Beronjong dengan Program *Plaxis V20*. Yang diharapkan dalam membuat perhitungan tersebut ada hasil perhitungan baik secara manual maupun menggunakan *software*.

1. Mengitung besarnya SF pada kondisi awal lereng menggunakan *Fellenius* dan *Plaxis V20*.
2. Menghitung besarnya SF setelah diberi perkuatan Beronjong menggunakan *Plaxis V20*.

#### 3.5.1 Analisis lereng menggunakan Metode *Fellenius*

Analisa lereng dengan menggunakan Metode *Fellenius* dilakukan untuk mengetahui angka faktor keamanan lereng dengan cara sabagai berikut :

$$SF = \frac{\text{resisting momen}}{\text{disturbing momen}} = \frac{\sum T}{\sum W \sin \phi} \dots \dots \dots (3.1)$$

Saat runtuh :

$$\tau = Cu + \sigma \tan \phi = Cu \dots \dots \dots (3.2)$$

Sebelum runtuh :

$$\tau_m = \frac{Cu}{F} \dots \dots \dots (3.3)$$

Agar lereng menjadi stabil dibutuhkan gaya yang diperlukan agar tanah longsor harus lebih kecil dari gaya yang ada maka factor keamanan  $> 1.5$ .

Dengan kata lain :

$$FS > 1.5 \text{ (lereng stabil)}$$

$$FS < 1.5 \text{ (lereng tidak stabil)}$$

Method of Slices :

- Effective stress analysis :

$$\text{Overturning moment} = R \sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\begin{aligned} \text{Restoring moment} &= R \sum_{i=1}^n T_i \\ &= R \sum_{i=1}^n \left[ \frac{c' \Delta l}{F} + N' \left( \frac{\tan \phi'}{F} \right) \right] \dots\dots\dots(3.3) \end{aligned}$$

- Undrained analysis :

$$F = \frac{\text{Resisting Moment}}{\text{Overturning Moment}} = \frac{\sum_{i=1}^n [c' \Delta l + N' \tan \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Restoring moment} &= R \sum_{i=1}^n T_i \\ &= R \sum_{i=1}^n \left[ \frac{c' \Delta l}{F} + N' \left( \frac{\tan \phi'}{F} \right) \right] \dots\dots\dots(3.5) \end{aligned}$$

Swedish Method of Slices :

- Untuk effective stress analysis :

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' \Delta l + (W \cos \theta - U) \tan \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots(3.6)$$

- Untuk total stress (undrained) analysis

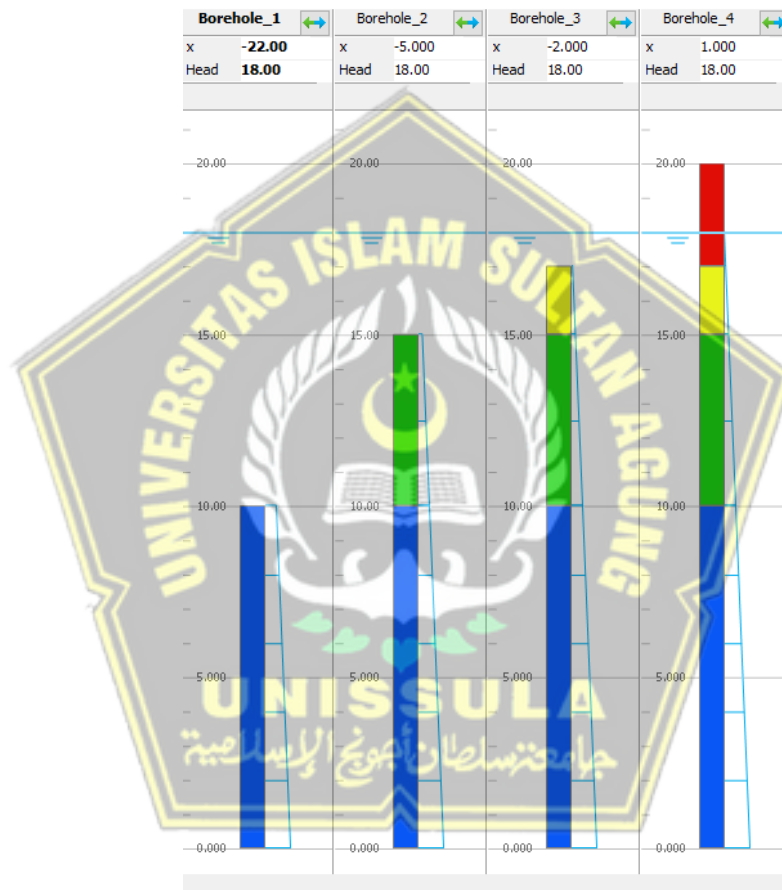
$$F = \frac{\sum_{i=1}^n [c' \Delta l + W \cos \theta \tan \phi']}{\sum_{i=1}^n W_i \sin \theta_i} \dots\dots\dots(3.7)$$

Berdasarkan rumus diatas didapat hasil perhitungan tanah asli dengan menggunakan perhitungan *Fellenius* dapat dilihat pada gambar berikut:

### 3.5.2 Perencanaan menggunakan *Plaxis V20*

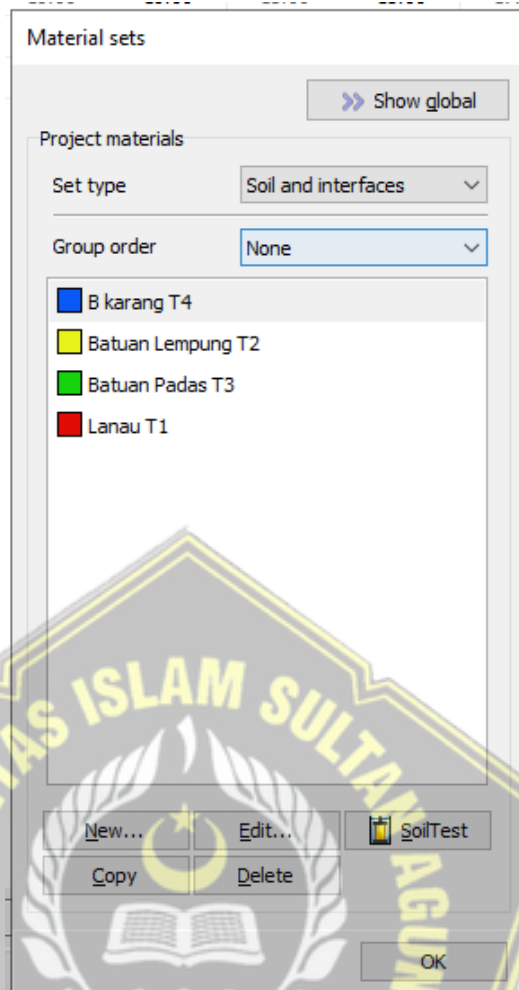
#### 1. *Input data Plaxis*

Langkah awal setelah membuka program *plaxis* akan muncul jendela baru kemudian pilih *New Project* dan isikan nama serta batasan koordinat X, Y dan klok OK. Setelah halaman terbuka kemudian klik *Create Borhol* dan isikan koordinat bidang lereng yang akan dihitung. Hasil dari langkah ini dapat dilihat pada **Gambar 3.4** berikut :



**Gambar 3.4** Titik Koordinat dan *Create Borhol*

Langkah berikutnya adalah klik *Materials* dan isikan material tanah sesuai dengan kondisi tanah tersebut. Jendela general dapat dilihat pada **Gambar 3.5** Berikut :

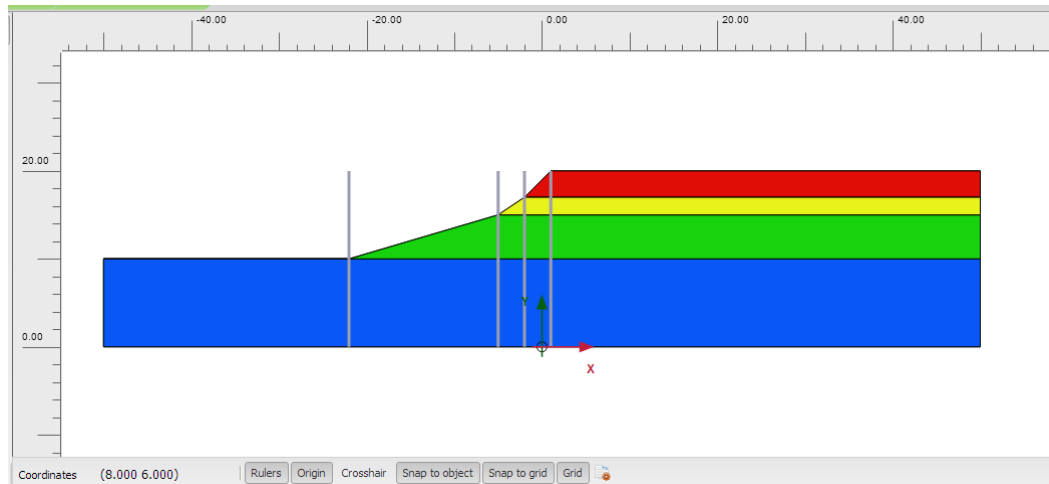


Gambar 3.5 Input Materials

Setelah mengisi material tanah kemudian tambahkan *Layers* dengan klik ikon *ADD Layers*, isikan data tanah yang telah dibuat ke masing-masing *Layers*. Penambahan *Layers* tanah dapat dilihat pada **GAMBAR 3.6** berikut:

| Soil layers |                   |            |        |            |        |            |        |            |        |
|-------------|-------------------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|------------|--------|
|             |                   | Borehole_1 |        | Borehole_2 |        | Borehole_3 |        | Borehole_4 |        |
| #           | Material          | Top        | Bottom | Top        | Bottom | Top        | Bottom | Top        | Bottom |
| 1           | Lanau T1          | 10.00      | 10.00  | 15.00      | 15.00  | 17.00      | 17.00  | 20.00      | 17.00  |
| 2           | Batuan Lempung T2 | 10.00      | 10.00  | 15.00      | 15.00  | 17.00      | 15.00  | 17.00      | 15.00  |
| 3           | Batuan Padas T3   | 10.00      | 10.00  | 15.00      | 10.00  | 15.00      | 10.00  | 15.00      | 10.00  |
| 4           | B karang T4       | 10.00      | 0.000  | 10.00      | 0.000  | 10.00      | 0.000  | 10.00      | 0.000  |

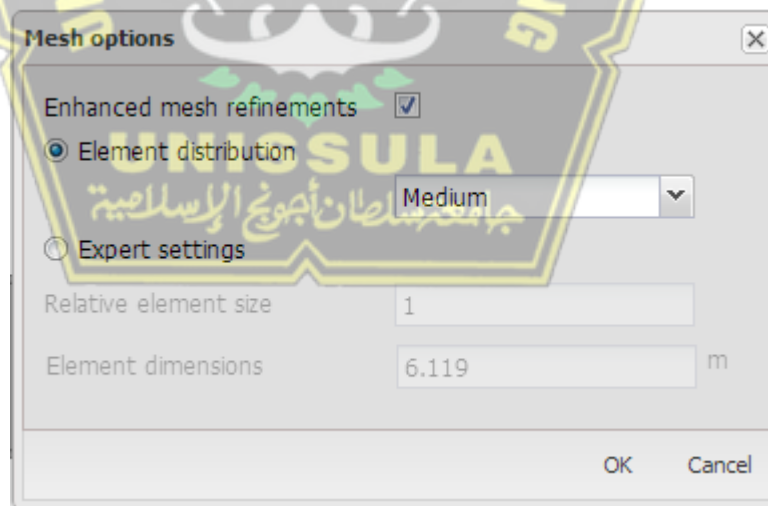
GAMBAR 3.6 Layers Tanah



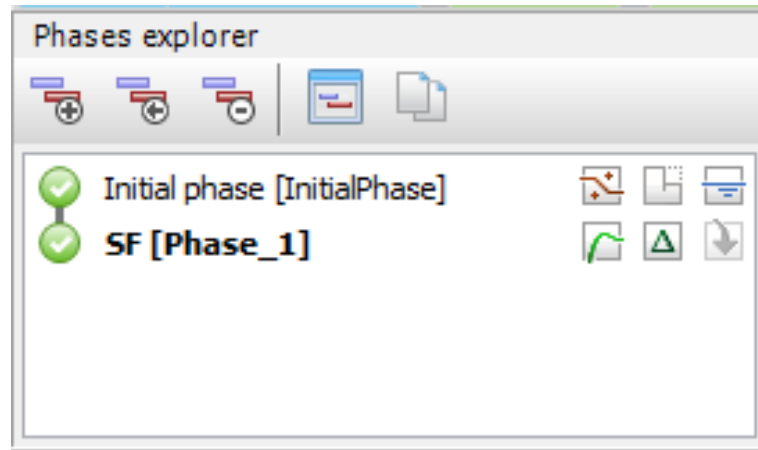
**Gambar 3.7** Hasil input data tanah

## 2. Langkah *calculation Plaxis*

Untuk melakukan perhitungan tanah langkah awal yang dilakukan adalah klik ikon *Generate Mesh* dan pilih *Element Distributin* yang diinginkan. Langkah selanjutnya adalah menambahkan *Phase* untuk membedakan perhitungan tanah asli dan angka keamanan lereng. Pemilihan *Element Distributin* dapat dilihat pada **Gambar 3.8** dan **Gambar 3.9** berikut:

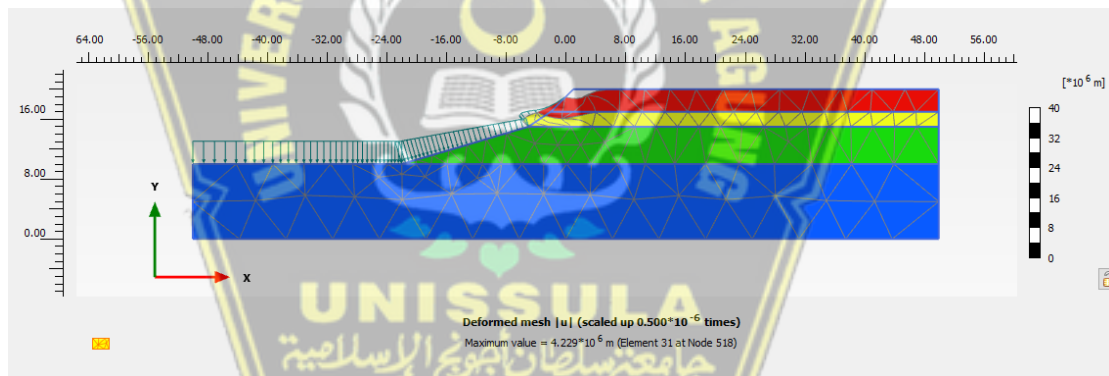


**Gambar 3.8** *Element Distributin*



**Gambar 3.9 Phase**

Setelah penambahan *Phase*, program siap *dicalculate* dengann cara klik ikon *Calculate*. Hasil dari perhitungan ini didapat hasil *Safety Factor* lereng tersebut, dalam penulisan laoran ini didapat hasil seperti pada **Gambar 3.10** berikut:



**Gambar 3.10 Bidang hasil perhitungan**

## BAB IV

### PEMBAHASAN

#### 4.1.Data Tanah

Data tanah dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan dasar perhitungan dengan data tanah yang digunakan antara lain data tanah sondir dan *bore log*. Data tanah ini diperoleh dari PT. Anugrah Berkah Gusti, dan telah melewati uji laboratorium di Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu. Dengan hasil data sondir dan *bore log* sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Lapisan dan Jenis Tanah**

| No | Jenis Tanah      | Kedalaman (m) | Tebal Lapisan (m) |
|----|------------------|---------------|-------------------|
| 1  | Lempung Berlanau | 0,00 - 3,00   | 3,00              |
| 2  | Padas Lempung    | 3,00 - 5,00   | 2,00              |
| 3  | Batuan Padas     | 5,00 - 10,00  | 5,00              |
| 4  | Batuan Karang    | 10,00 - 20,00 | 10,00             |

(Sumber : laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, 2022)

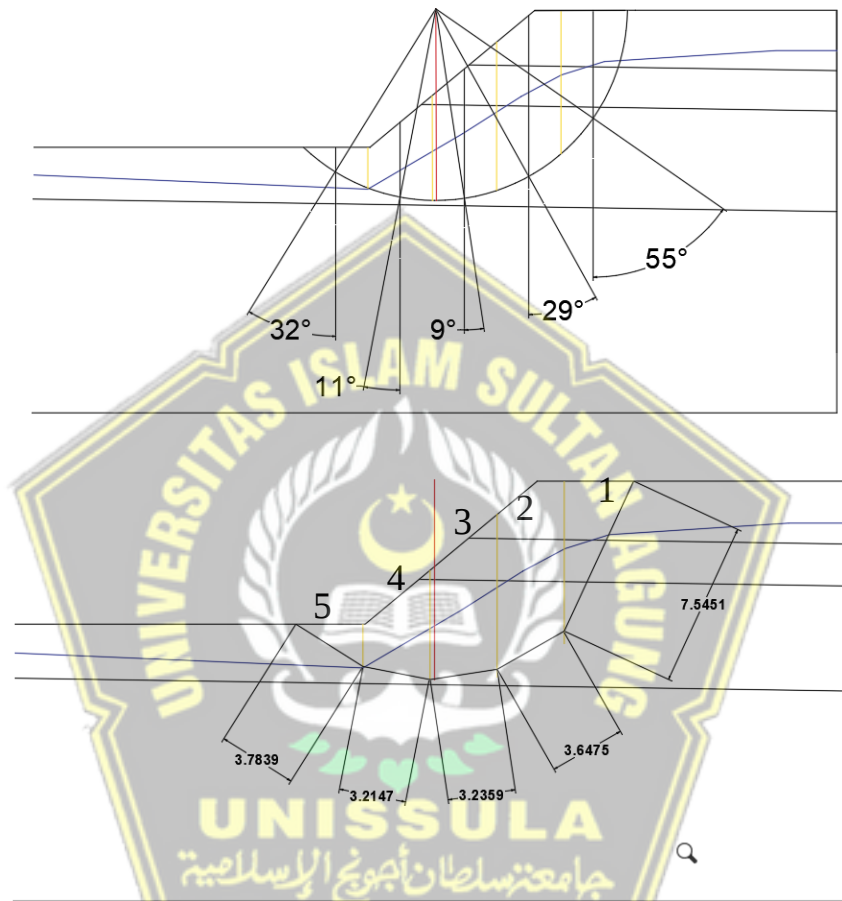
**Tabel 4.2 Parameter Tanah**

| Lapisan | Jenis Tanah      | $\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> ) | c (kN/m <sup>2</sup> ) | $\phi$ (°) |
|---------|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------|------------|
| 1       | Lempung Berlanau | 17                                  | 13                              | 13,2                   | 13,761     |
| 2       | Padas Lempung    | 16                                  | 12                              | 9,4                    | 11,36      |
| 3       | Batuan Padas     | 17                                  | 13                              | 17,6                   | 32,2       |
| 4       | Batuan Karang    | 17                                  | 14                              | 20,6                   | 33,0       |

(Sumber : laboratorium Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Cepu, 2022)

#### 4.2. Perhitungan Manual Fellenius

Analisis perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode *Fellenius*. Dimana dengan menggunakan metode tersebut berdasarkan daerah yang mempunyai potensial longsor. Perhitungan tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.1** berikut :



**Gambar 4.1** Gambar Analisis Metode *Fellenius*

Dari gambar diatas diketahui :

**Tabel 4.3** Tabel Analisis Metode *Fellenius*

| NO | Pias / Irisan | L    |
|----|---------------|------|
| 1. | 55°           | 7,54 |
| 2. | 29°           | 3,64 |
| 3. | 9°            | 3,23 |
| 4. | 11°           | 3,21 |
| 5. | 32°           | 3,7  |

➤ PIAS 1

A)  $W = 8,3 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 8,3 \times 17 \\ &= 141,1 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

B)  $W = 0,3 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 0,3 \times 17 \\ &= 5,1 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

C)  $W = 0,3 \text{ m}^2$

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 0,3 \times 16 \\ &= 4,8 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

D)  $W = 4,5 \text{ m}^2$

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 4,5 \times 16 \\ &= 72 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

E)  $W = 2,3 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 2,3 \times 17 \\ &= 39,1 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\text{Jadi Berat Pias 1} = A + B + C + D + E = 262,1 \text{ kN/m}$$



### Perhitungan Berat Yang Menjadi Penahan Longsor

A)  $W_n = W \times \gamma$

$$= 8,3 \times 17$$

$$= 141,1 \text{ kN/m}$$

B)  $W_n = W \times \gamma$

$$= 0,3 \times 7$$

$$= 2,1 \text{ kN/m}$$

C)  $W_n = W \times \gamma$

$$= 0,3 \times 16$$

$$= 4,8 \text{ kN/m}$$

D)  $W_n = W \times \gamma$

$$= 4,5 \times 6$$

$$= 27 \text{ kN/m}$$

E)  $W_n = W \times \gamma$

$$= 2,3 \times 7$$

$$= 16,1 \text{ kN/m}$$

$$\text{Jumlah } W_n = 191,1 \text{ kN/m}$$

$$W \sin \alpha = \text{Berat Pias 1} \times \sin (55 / 180 \times 3,14)$$

$$= 262,1 \times \sin (55 / 180 \times 3,14)$$

$$= 214,7 \text{ kN/m}$$

$$W_n \cos \alpha = \text{jumlah } W_n \times \cos (55/180 \times 3,14)$$

$$= 191,1 \times \cos (55 / 180 \times 3,14)$$

$$= 109,61 \text{ kN/m}$$

$$W \cos a \tan \phi = W_n \cos \alpha \times \tan (14 / 180 \times 3,14)$$

$$= 109,61 \times \tan (14 / 180 \times 3,14)$$

$$= 27,328 \text{ kN/m}$$

- $C \times L$

$$= 13,2 \times 7,5$$

$$= 99 \text{ kN/m}$$

- $W \cos \phi + 99$   
 $= 27,328 + 99$   
 $= 126,329 \text{ kN/m}$

➤ PIAS 2

A)  $W = 7,4 \text{ m}^2$   
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$   
 Berat Sendiri =  $W \times \gamma$   
 $= 7,4 \times 17$   
 $= 125,8 \text{ kN/m}$

B)  $W = 4,3 \text{ m}^2$   
 $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$   
 Berat Sendiri =  $W \times \gamma$   
 $= 4,3 \times 16$   
 $= 68,8 \text{ kN/m}$

C)  $W = 2,1 \text{ m}^2$   
 $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$   
 Berat Sendiri =  $W \times \gamma$   
 $= 2,1 \times 16$   
 $= 33,6 \text{ kN/m}$

D)  $W = 0,1 \text{ m}^2$   
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$   
 Berat Sendiri =  $W \times \gamma$   
 $= 0,1 \times 17$   
 $= 1,7 \text{ kN/m}$

E)  $W = 10,4 \text{ m}^2$   
 $\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$   
 Berat Sendiri =  $W \times \gamma$   
 $= 10,4 \times 17$   
 $= 176,8 \text{ kN/m}$

Jadi Berat Pias 2 =  $A + B + C + D + E = 406,7 \text{ kN/m}$



Perhitungan Berat Yang Menjadi Penahan Longsor

$$\begin{aligned} \text{A) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 7,4 \times 17 \\ &= 125,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 4,3 \times 16 \\ &= 68,8 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 2,1 \times 6 \\ &= 12,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 0,1 \times 17 \\ &= 1,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{E) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 10,4 \times 7 \\ &= 72,8 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah } W_n = 281,7 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} W \sin \alpha &= \text{Berat Pias 2} \times \sin (29 / 180 \times 3,14) \\ &= 406,7 \times \sin (29 / 180 \times 3,14) \\ &= 197,172 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_n \cos \alpha &= \text{jumlah } W_n \times \cos (29 / 180 \times 3,14) \\ &= 281,7 \times \cos (29 / 180 \times 3,14) \\ &= 246,38 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \cos a \tan \phi &= W_n \cos \alpha \times \tan (14 / 180 \times 3,14) \\ &= 246,38 \times \tan (14 / 180 \times 3,14) \\ &= 61,429 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- $$\begin{aligned} C \times L &= 9,4 \times 3,6 \\ &= 33,84 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- $W \cos a \tan \phi + 33,84$   
 $= 61,429 + 33,84$   
 $= 95,269 \text{ kN/m}$

➤ PIAS 3

A)  $W = 0,8 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 0,8 \times 17 \\ &= 13,6 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

B)  $W = 5 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 5 \times 17 \\ &= 85 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

C)  $W = 4,2 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 4,2 \times 17 \\ &= 71,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

D)  $W = 10,1 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 10,1 \times 17 \\ &= 171,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Jadi Berat Pias 3 =  $A + B + C + D = 341,7 \text{ kN/m}$

Perhitungan Berat Yang Menjadi Penahan Longsor

A)  $W_n = W \times \gamma$

$$= 0,8 \times 17$$

$$= 13,6 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} \text{B) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 5 \times 17 \\ &= 85 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{C) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 4,2 \times 17 \\ &= 71,4 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{D) } W_n &= W \times \gamma \\ &= 10,1 \times 7 \\ &= 70,7 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah } W_n = 240,7 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} W \sin \alpha &= \text{Berat Pias 3} \times \sin (9 / 180 \times 3,14) \\ &= 341,7 \times \sin (9 / 180 \times 3,14) \\ &= 53,453 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_n \cos \alpha &= \text{jumlah } W_n \times \cos (9 / 180 \times 3,14) \\ &= 240,7 \times \cos (9 / 180 \times 3,14) \\ &= 237,737 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W \cos \alpha \tan \phi &= W_n \cos \alpha \times \tan (18/180 \times 3,14) \\ &= 237,737 \times \tan (18/180 \times 3,14) \\ &= 77,245 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

- $C \times L$   
 $= 17,6 \times 3,2$   
 $= 56,32 \text{ kN/m}$
- $W \cos \alpha \tan \phi + 56,32$   
 $= 77,245 + 56,32$   
 $= 133,565 \text{ kN/m}$

➤ PIAS 4

A)  $W = 0,1 \text{ m}^2$

$$\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 0,1 \times 16 \\ &= 1,6 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

B)  $W = 7,5 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 7,5 \times 17 \\ &= 127,5 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

C)  $W = 3,8 \text{ m}^2$

$$\gamma = 17 \text{ kN/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\ &= 3,8 \times 17 \\ &= 64,6 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Jadi Berat Pias 4 =  $A + B + C = 193,7 \text{ kN/m}$

Perhitungan Berat Yang Menjadi Penahan Longsor

A)  $W_n = W \times \gamma$

$$\begin{aligned}&= 0,1 \times 16 \\ &= 1,6 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

B)  $W_n = W \times \gamma$

$$\begin{aligned}&= 7,5 \times 17 \\ &= 127,5 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

C)  $W_n = W \times \gamma$

$$\begin{aligned}&= 3,8 \times 7 \\ &= 26,6 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Jumlah  $W_n = 155,7 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned}W \sin \alpha &= \text{Berat Pias 4} \times \sin (-11 / 180 \times 3,14) \\ &= 193,7 \times \sin (-11 / 180 \times 3,14) \\ &= -36,96 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_n \cos \alpha &= \text{jumlah } W_n \times \cos (-11/180 \times 3,14) \\
 &= 155,7 \times \cos (-11/180 \times 3,14) \\
 &= 152,839 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \cos a \tan \phi &= W_n \cos \alpha \times \tan (18 / 180 \times 3,14) \\
 &= 152,839 \times \tan (18 / 180 \times 3,14) \\
 &= 49,660 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- $C \times L$   
 $= 20,6 \times 3,2$   
 $= 65,92 \text{ kN/m}$
- $W \cos a \tan \phi + 65,92$   
 $= 49,660 + 65,92$   
 $= 115,581 \text{ kN/m}$

➤ PIAS 5

$$\begin{aligned}
 \text{A) } W &= 3,3 \text{ m}^2 \\
 \gamma &= 17 \text{ kN/m}^3 \\
 \text{Berat Sendiri} &= W \times \gamma \\
 &= 3,3 \times 17 \\
 &= 56,1 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Jadi Berat Pias 5 =  $A = 56,1 \text{ kN/m}$

Perhitungan Berat Yang Menjadi Penahan Longsor

$$\begin{aligned}
 \text{A) } W_n &= W \times \gamma \\
 &= 3,3 \times 17 \\
 &= 56,1 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Jumlah  $W_n = 56,1 \text{ kN/m}$

$$\begin{aligned}
 W \sin \alpha &= \text{Berat Pias 5} \times \sin (-32 / 180 \times 3,14) \\
 &= 56,1 \times \sin (-32 / 180 \times 3,14) \\
 &= -29,728 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_n \cos \alpha &= \text{jumlah } W_n \times \cos (-32/180 \times 3,14) \\
 &= 56,1 \times \cos (-32/180 \times 3,14) \\
 &= 47,575 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \cos a \tan \phi &= W_n \cos \alpha \times \tan (18 / 180 \times 3,14) \\
 &= 47,575 \times \tan (18 / 180 \times 3,14) \\
 &= 15,458 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

- $C \times L$   
 $= 22 \times 3,7$   
 $= 81,4 \text{ kN/m}$
- $W \cos a \tan \phi + 81,4$   
 $= 15,458 + 81,4$   
 $= 96,858 \text{ kN/m}$



**Tabel 4.4** Tabel Perhitungan Metode *Fellenius*

| PIAS |   | W<br>(m <sup>2</sup> ) | γ<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | W*γ<br>(kN/m) | ΣW*γ<br>(kN/m) | γ<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | W*γ<br>(kN/m) | Wn<br>(kN/m) | α<br>(°) | W sin α<br>(kN/m) | Wn cos α<br>(kN/m) | W cos a tan φ<br>(kN/m) | c * l<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | W cos a tan<br>φ + c * l<br>(kN/m) |
|------|---|------------------------|---------------------------|---------------|----------------|---------------------------|---------------|--------------|----------|-------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 1    | A | 8.3                    | 17                        | 141.1         | 262.1          | 17                        | 141.1         | 191.1        | 55       | 214.6998          | 109.6105           | 27.32895633             | 99                            | 126.329                            |
|      | B | 0.3                    | 17                        | 5.1           |                | 7                         | 2.1           |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | C | 0.3                    | 16                        | 4.8           |                | 16                        | 4.8           |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | D | 4.5                    | 16                        | 72            |                | 6                         | 27            |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | E | 2.3                    | 17                        | 39.1          |                | 7                         | 16.1          |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
| 2    | A | 7.4                    | 17                        | 125.8         | 406.7          | 17                        | 125.8         | 281.7        | 29       | 197.1721          | 246.3804           | 61.42952597             | 33.84                         | 95.26953                           |
|      | B | 4.3                    | 16                        | 68.8          |                | 16                        | 68.8          |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | C | 2.1                    | 16                        | 33.6          |                | 6                         | 12.6          |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | D | 0.1                    | 17                        | 1.7           |                | 17                        | 1.7           |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | E | 10.4                   | 17                        | 176.8         |                | 7                         | 72.8          |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
| 3    | A | 0.8                    | 17                        | 13.6          | 341.7          | 17                        | 13.6          | 240.7        | 9        | 53.45366          | 237.7366           | 77.24529852             | 56.32                         | 133.5653                           |
|      | B | 5                      | 17                        | 85            |                | 17                        | 85            |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | C | 4.2                    | 17                        | 71.4          |                | 17                        | 71.4          |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | D | 10.1                   | 17                        | 171.7         |                | 7                         | 70.7          |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
| 4    | A | 0.1                    | 16                        | 1.6           | 193.7          | 16                        | 1.6           | 155.7        | -11      | -36.9597          | 152.8394           | 49.66051597             | 65.92                         | 115.5805                           |
|      | B | 7.5                    | 17                        | 127.5         |                | 17                        | 127.5         |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
|      | C | 3.8                    | 17                        | 64.6          |                | 7                         | 26.6          |              |          |                   |                    |                         |                               |                                    |
| 5    | A | 3.3                    | 17                        | 56.1          | 56.1           | 17                        | 56.1          | 56.1         | -32      | -29.7285          | 47.5755            | 15.45821642             | 81.4                          | 96.85822                           |
|      |   |                        |                           |               |                |                           |               |              |          | 398.6373          |                    |                         |                               | 567.6025                           |

$$SF = \frac{567,6025}{398,6373}$$

$$= 1,42 \text{ kN/m}$$

Dapat disimpulkan dari perhitungan diatas tanah lereng asli mempunyai faktor aman (*safety factor*)  $1,42 \leq 1,5$ . Maka lereng tersebut berpotensi terjadi kerawanan longsor atau diartikan tidak aman

### 4.3. Perhitungan Plaxis

#### 4.3.1. Kondisi Awal Lereng

##### a. Permodelan Awal Lereng

Kondisi awal dalam permodelan awal pada lereng tanpa perkuatan dan diberi muka air. Dalam tahap permodelan yang dilakukan ini, seluruh data tanah geoteknik pada **Table 4.2** dimasukkan dalam *plaxis* untuk mengetahui lereng yang mengalami kelongsoran.

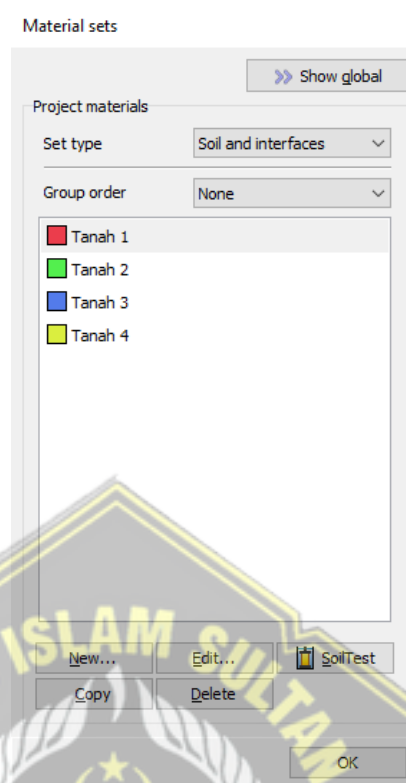


Gambar 4.2 Permodelan Lereng Asli

##### Kondisi Lereng Asli

1. Tinggi lereng : 17 m
2. Panjang lereng : 300 m
3. Sudut kemiringan lereng :  $18^\circ$

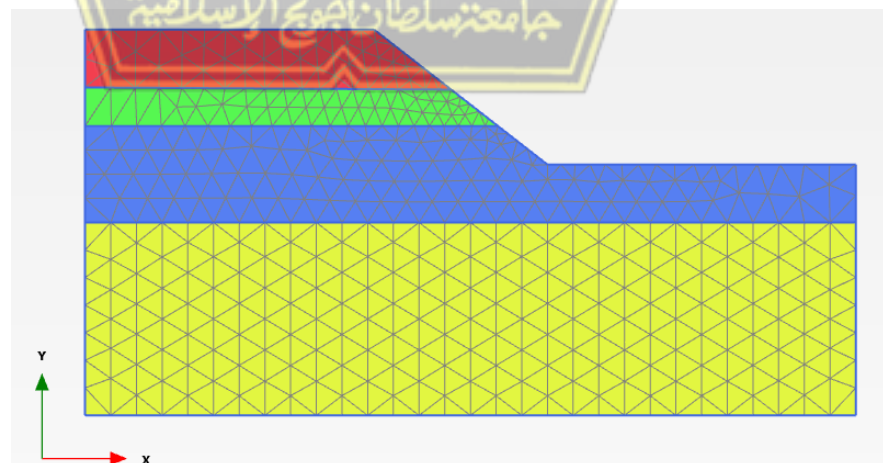
## b. Data Material



Gambar 4.3 Input Data Material

## c. Pembuatan Jaring Elemen

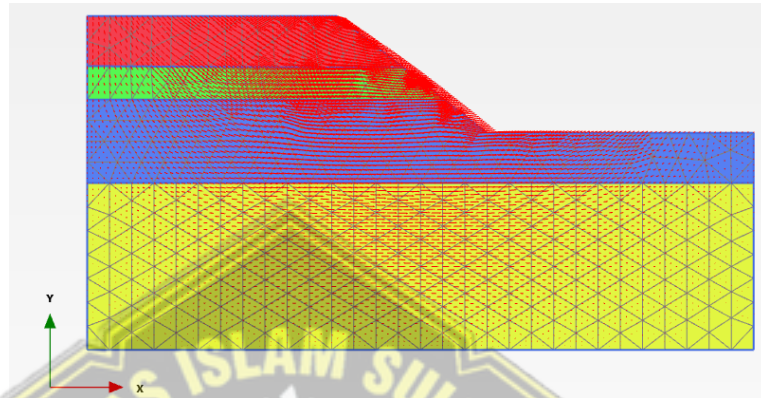
Selanjutnya adalah melakukan langkah permodelan geometri dengan dibagi elemen-elemen imajiner (*meshing*). Melakukan penyusunan jaring elemen pada program plaxis dengan jenis *fine*.



Gambar 4.4 Jaring – jaring elemen

#### d. Perhitungan Tegangan Awal

Perhitungan tegangan awal yang dihitung dengan menggunakan program *plaxis* yaitu dimana faktor penggali tanah atau disebut juga sebagai beban gravitasi (*gravity load*) yang dimana perhitungan ini hanya melibatkan perhitungan struktur tanah dan batuan pembentuk lereng.



Gambar 4.5 Perhitungan Tegangan Awal

#### e. Tahap Perhitungan

Pada tahap ini adalah untuk mengetahui angka keamanan (*safety factor*) menggunakan program *plaxis*. Hasil *running* yang dilakukan pada program *plaxis* dapat dilihat di Gambar 4.6 sebagai berikut :

| Name                                  | Value                   |
|---------------------------------------|-------------------------|
| General                               |                         |
| Deformation control parameters        |                         |
| Numerical control parameters          |                         |
| Reached values                        |                         |
| Reached total time                    | 0.000 day               |
| CSP - Relative stiffness              | 0.07720E-12             |
| ForceX - Reached total force          | 0.000 kN                |
| ForceY - Reached total force          | 0.000 kN                |
| Pmax - Reached max pp                 | 0.000 kN/m <sup>2</sup> |
| $\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p  | 0.000                   |
| $\Sigma M_{weight}$ - Reached weight  | 1.000                   |
| $\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact | 1.474                   |

Gambar 4.6 Nilai Faktor Keamanan Lereng Asli

Dalam kondisi awal pada tanah asli memiliki faktor keamanan lereng asli yaitu 1,474. Dengan ini nilai kemanan  $\leq 1,5$ , maka lereng tersebut berpotensi terjadi kerawanan longsor atau diartikan tidak aman.

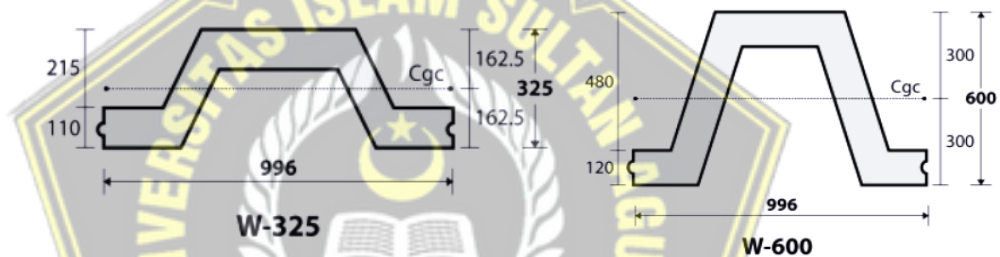
#### 4.4. Perhitungan Plaxis

Dari hasil perhitungan lereng asli diatas dapat disimpulkan bahwa keadaan lereng mempunyai nilai faktor keamanan lereng yang kurang atau berpotensi longsor, maka dilakukan penambahan perkuatan tanah menggunakan *Sheet Pile* untuk menambah angka keamanan lereng.

##### 4.4.1. Kondisi Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile*

###### a. Permodelan Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile*

Permodelan Lereng dengan perkuatan *sheet pile* dan diberi muka air. Dengan menggunakan data tanah pada **Table 4.2** kemudian dimasukkan kedalam program *plaxis* agar mengetahui pada lereng tersebut mengalami kelongsoran atau tidak dengan karakteristik permodelan *sheet pile* yang digunakan sebagai berikut :

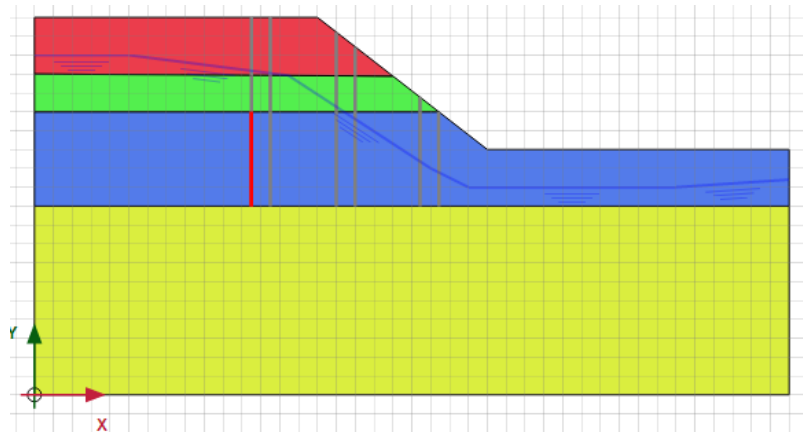


Gambar 4.7 Tipe *Sheet pile* Beton

Tabel 4.5 Spesifikasi Tipe *Sheet pile* beton

| Type       | Heiht<br>(mm)<br>(H) | Widht<br>(mm)<br>(B) | Thickness<br>(mm)<br>(T) | Cracking<br>Moment<br>(t.m) | Weight<br>(kg/m) | Code |
|------------|----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------|------|
| W-325-1000 | 325                  | 996                  | 110                      | 11,4                        | 333              | A    |
| W-500-1000 | 500                  | 996                  | 120                      | 35,2                        | 455              | A    |

( Sumber : PC Sheet Pile Wika Beton, 2013 )

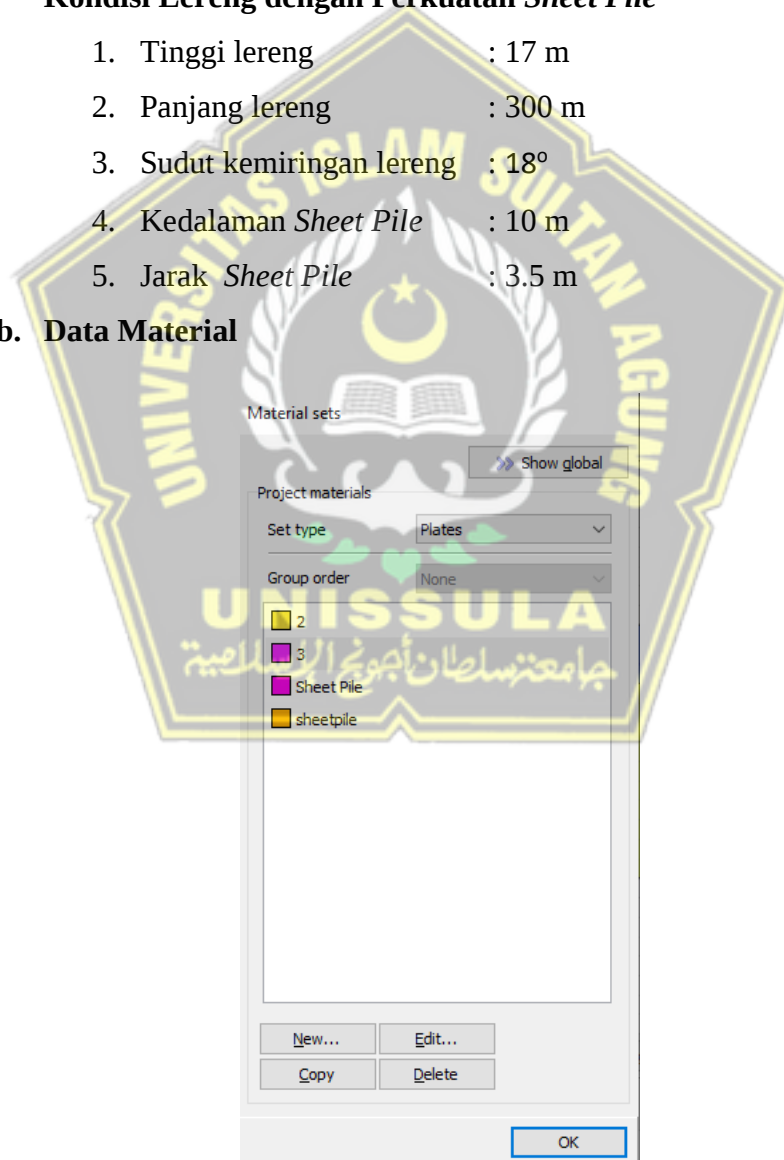


**Gambar 4.8** Permodelan Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile*

#### **Kondisi Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile***

1. Tinggi lereng : 17 m
2. Panjang lereng : 300 m
3. Sudut kemiringan lereng :  $18^\circ$
4. Kedalaman *Sheet Pile* : 10 m
5. Jarak *Sheet Pile* : 3.5 m

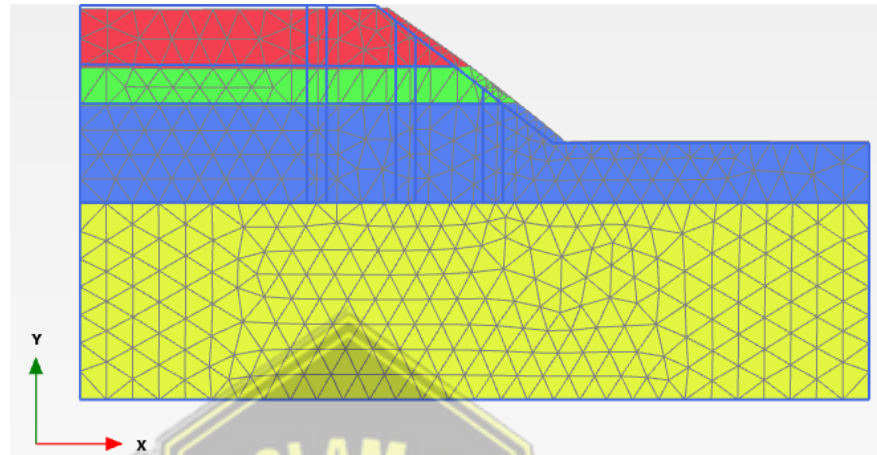
#### **b. Data Material**



**Gambar 4.9** Input Data Material

### c. Pembuatan Jaring Elemen

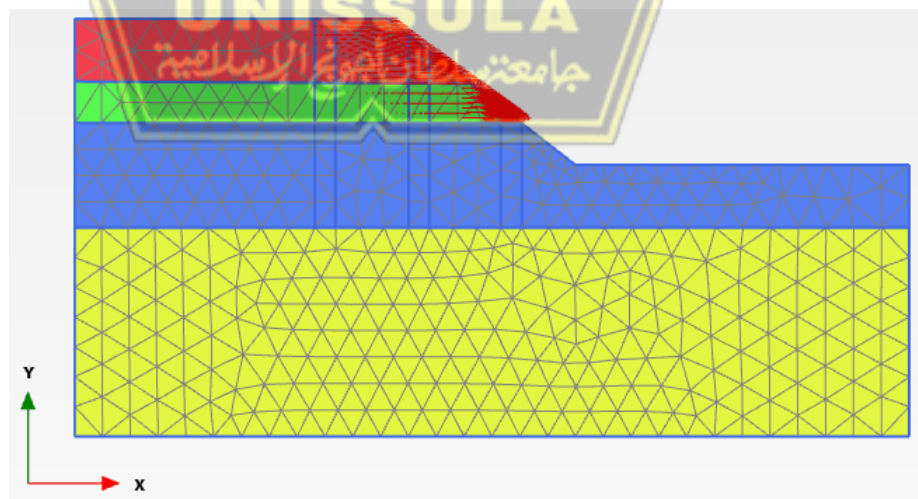
Selanjutnya adalah melakukan langkah permodelan geometri dengan dibagi elemen-elemen imajiner (*meshing*). Melakukan penyusunan jaring elemen pada program plaxis dengan jenis *fine*.



Gambar 4.10 Jaring Elemen

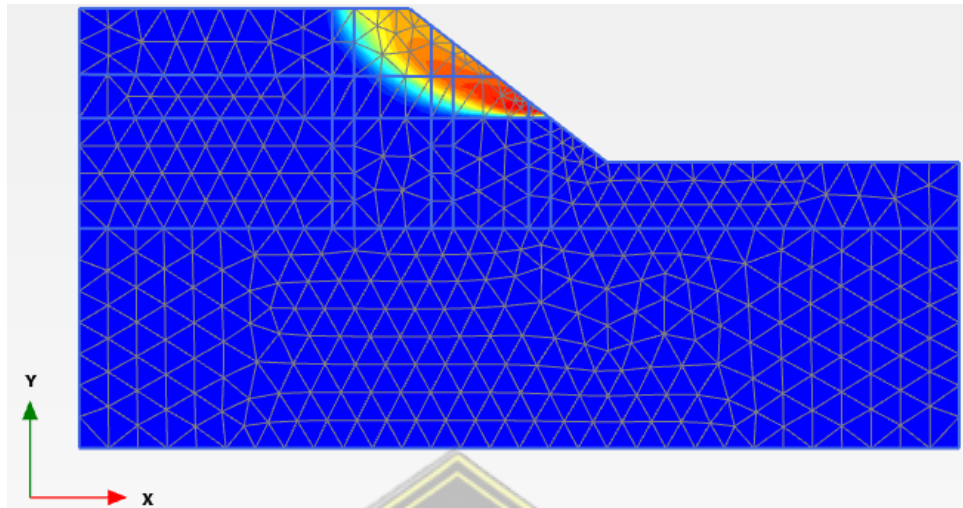
### d. Perhitungan Tegangan Awal

Perhitungan tegangan awal yang dihitung dengan menggunakan program *plaxis* yaitu dimana faktor penggali tanah atau disebut juga sebagai beban gravitasi (*gravity load*) yang dimana perhitungan ini hanya melibatkan perhitungan struktur tanah dan batuan pembentuk lereng



Gambar 4.11 Perhitungan Tegangan Awal

e. *Incremental Cartesian Strain*



**Gambar 4.12** *Incremental Cartesian Strain*

f. **Tahap Perhitungan**

Pada tahap ini adalah untuk mengetahui angka keamanan (*safety factor*) menggunakan program *plaxis*.

Hasil *running* yang dilakukan pada program *plaxis* dapat dilihat di **Gambar 4.14** sebagai berikut :

| Name                                  | Value                   |
|---------------------------------------|-------------------------|
| <b>General</b>                        |                         |
| <b>Deformation control parameters</b> |                         |
| <b>Numerical control parameters</b>   |                         |
| <b>Reached values</b>                 |                         |
| Reached total time                    | 0.000 day               |
| CSP - Relative stiffness              | 1.644E-12               |
| ForceX - Reached total force          | 0.000 kN                |
| ForceY - Reached total force          | 0.000 kN                |
| Pmax - Reached max pp                 | 0.000 kN/m <sup>2</sup> |
| $\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p  | 0.000                   |
| $\Sigma M_{weight}$ - Reached weight  | 1.000                   |
| $\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact | 1.566                   |

**Gambar 4.13** Nilai Faktor Keamanan Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile* Type W-325-1000.A

Dalam kondisi ini, faktor keamanan pada lereng dengan adanya perkuatan *Sheet Pile* yaitu 1,566. Dengan ini nilai kemanan  $\geq 1,5$ , maka lereng tersebut tidak berpotensi longsor atau diartikan aman.

Analisis menggunakan *Sheet pile* Type W-500-1000.A untuk mengetahui nilai keamanan (*safety factor*) dengan spesifikasi dapat dilihat pada **Tabel 4.5**.

Hasil running yang dilakukan pada program *plaxis* dapat dilihat pada **Gambar 4.14** sebagai berikut :

| Name                                  | Value                   |
|---------------------------------------|-------------------------|
| <b>General</b>                        |                         |
| <b>Deformation control parameters</b> |                         |
| <b>Numerical control parameters</b>   |                         |
| <b>Reached values</b>                 |                         |
| Reached total time                    | 0.000 day               |
| CSP - Relative stiffness              | 5.054E-12               |
| ForceX - Reached total force          | 0.000 kN                |
| ForceY - Reached total force          | 0.000 kN                |
| Pmax - Reached max pp                 | 0.000 kN/m <sup>2</sup> |
| $\Sigma M_{stage}$ - Reached phase p  | 0.000                   |
| $\Sigma M_{weight}$ - Reached weight  | 1.000                   |
| $\Sigma M_{sf}$ - Reached safety fact | 1.743                   |

**Gambar 4.14** Nilai Faktor Keamanan Lereng dengan Perkuatan *Sheet Pile* Type W-500-1000.A

Nilai faktor keamanan (*safety factor*) dengan perkuatan *Sheet pile* dengan Type W-500-1000.A didapat nilai menggunakan program *Plaxis* adalah sebesar  $1,743 > 1,5$ . Maka dapat dinyatakan bahwa lereng tersebut aman atau tidak berpotensi tanah longsor.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan Penyusunan Laporan Tugas Akhir mendapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan dari hasil perhitungan *Safety Factor* pada saat kondisi awal dengan tinggi lereng 17 m, dengan menggunakan analisis perhitungan manual Metode *Fellenius* didapatkan nilai lereng sebesar 1,42. Maka lereng tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng tersebut berpotensi terjadi kerawan longsor atau masih kurang aman dikarenakan nilai *Safety Factor*  $< 1,5$ .
2. Perhitungan analisis *Safety Factor* pada kondisi lereng awal, menggunakan analisis *Software Plaxis* didapatkan nilai lereng sebesar 1,47. Maka nilai tersebut menunjukkan bahwa kondisi lereng berpotensi terjadi kerawanan longsor atau masih kurang aman karena nilai *Safety Factor*  $< 1,5$ .
3. Hasil perhitungan *Safety Factor* pada kondisi Lereng Setelah diberi perkuatan *Sheet Pile*, dengan menggunakan Analisis *Software Plaxis* diperoleh nilai lereng sebesar 1,566. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya perkuatan *Sheet Pile* cukup efektif untuk daya dukung tanah. Dengan ini lereng tersebut tidak berpotensi longsor atau diartikan aman karena nilai *Safety Factor*  $> 1,5$ .

#### 5.2. Saran

Dari hasil analisis dalam mengerjakan Tugas Akhir maka perlu analisis lebih lanjut dengan saran sebagai berikut :

1. Pada perencanaan lereng yang mendapatkan nilai *Safety Factor*  $< 1,5$ , harus menggunakan adanya perkuatan pada tanah agar *Safety Factor* dapat memperoleh  $> 1,5$ .
2. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan perhitungan aplikasi (*Software*) lainnya seperti *Geostudio*.
3. Agar mendapat perbandingan yang lebih akurat, lebih baik menggunakan perhitungan manual dan perhitungan dari aplikasi (*Software*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Adfy D. M., Marzuki. *Analisis Kerawanan Bencana Longsor dari Karakteristik Hujan, Pergerakan Tanah dan Kemiringan Lereng di Kabupaten Agam*. Universitas Kampus Unand Limau Manis Padang. Jurnal Fisika Unad. 10(1),8-14
- Bowles, J. E. (1989). *Sifat-sifat Fisik & Geoteknis Tanah*. Jakarta: Erlangga
- Bokko J., dkk (2019). *Analisis Kelongsoran Jalan Poros Sangalla- Batualu Dengan Program Plaxis*. Jurnal Dynamic Saint IV(1), 764-772.
- Gazali A., Sidiq A., & Surya A., (2020) *Analisis Stabilitas Longsoran Menggunakan Program Plaxis V.8.2*, Jurnal Keilmuan Teknik Sipil 3(1).
- Hearn, G. J. (Ed.). (2011). *Slope engineering for mountain roads*. Geological Society of London.
- Rahmadini R., Tasya D (2022). *Analisis Stabilitas Tanah Lereng Dengan Perkuatan Sheet Pile Menggunakan Plaxis v.8 dan Metode Fellenius*. Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Nanda, (2019). *Studi Stabilitas Lereng Jalan Tarusan Painan Pesisir Selatan dan Penanggulangannya*. Universitas Putra Indonesia YPTK Padang,5(2),82-91.
- Suwarputra N., Nelwan A. Z. *Analisis Stabilitas Lereng Tanah Clayshale Pada Longsor Bukit Manyaran Permai Kota Semarang*. Universitas Diponegoro.
- Setyanto., dkk (2016). *Analisis Stabilitas Lereng dan Penanganan Longsoran Menggunakan Elemen Hingga Plaxis V.8.2*, Jurnal Rekayasa 20(2).
- Wardhani, F., Suprpto, D. J., Hidajat, W. K., & Ningtyas, C. (2014). *Pemetaan Gerakan tanah dan Analisis Kestabilan Lereng Desa Gondanglegi, Kecamatan Klego, Kabupaten Boyolali, Jawa Tengah*. Geological Engineering E-Journal,6(1),96-111.
- Zakaria A. M., Agus Supriyono. *Analisis Dan Penanggulangan Tanah Longsor Dengan Bronjong Menggunakan Aplikasi Plaxis V.8.2*. Universitas Islam Sultan Agung Semarang