

## **TUGAS AKHIR**

### **PENGARUH KETEBALAN *LOAD TRANSFER PLATFORM* TERHADAP PENURUNAN TANAH**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan  
Pendidikan Program Sarjana (S1) Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil  
Universitas Islam Sultan Agung**



**Disusun Oleh :**

**Hutami Kusuma Wardhani**

**30.2018.00.081**

**Lina Rosniwati**

**30.2018.00.106**

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

**2022**



**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH KETEBALAN *LOAD TRANSFER PLATFORM* TERHADAP  
PENURUNAN TANAH**

Oleh :



**Hutami Kusuma Wardhani**

**30.2018.00.081**



**Lina Rosniwati**

**30.2018.00.106**

Telah disetujui dan disahkan di Semarang tanggal

Tim Penguji

1. Dr. Abdul Rochim, S.T., MT
2. Lisa Fitriyana, ST., M.Eng
3. Prof. Ir. H. Pratikso, M.ST., Ph.D

Tanda Tangan

Universitas Islam Sultan Agung

Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Ketua,

Muhamad Rusli Ahyar, S.T., M.Eng



**YAYASAN BADAN WAKAF SULTAN AGUNG  
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG (UNISSULA)  
FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Raya Kaligawe KM. 4 Po. BOX 1054 Telp. (024) 6583584 Ext. 507 Semarang 50112

**BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR / SKRIPSI**

**Nomor : 07 / A.2 / SA – T / I / 2022**

Pada hari ini, tanggal 10 Januari 2022 berdasarkan Surat Keputusan Rektor Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang perihal penunjukan Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II :

1. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT  
Jabatan : Lektor Kepala
2. Nama : Lisa Fitriyana, ST, M. Eng  
Jabatan : Lektor

Dengan ini menyatakan bahwa Mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir atau Skripsi :

|       |                                                                        |      |                  |
|-------|------------------------------------------------------------------------|------|------------------|
| Nama  | : Hutami Kusuma Wardhani                                               | Nama | : Lina Rosniwati |
| Nim   | : 30201800081                                                          | Nim  | : 30201800106    |
| Judul | : “PENGARUH KETEBALAN LOAD TRANSFER PLATFORM TERHADAP PENURUNAN TANAH” |      |                  |

Dengan tahapan sebagai berikut:

| No. | Tahapan                     | Tanggal          | Keterangan |
|-----|-----------------------------|------------------|------------|
| 1   | Penunjukan Dosen Pembimbing | 5 Agustus 2021   | -          |
| 2   | Proposal                    | 1 September 2021 | ACC        |
| 3   | Pengumpulan Data            | 5 September 2021 | -          |
| 4   | Penyusunan Laporan          | 2 Januari 2022   | -          |
| 5   | Selesai Laporan             | 10 Januari 2022  | ACC        |

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir atau Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak – pihak yang berkepentingan.

Dosen Pembimbing I

(Dr. Abdul Rochim, ST, MT)

Dosen Pembimbing II

(Lisa Fitriyana, ST, M.Eng)

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Muhammad Rusli Ahyar, ST., M.Eng)

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hutami Kusuma Wardhani

Nama : Lina Rosniwati

NIM : 30.2018.00.081

NIM : 30.2018.00.106

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“PENGARUH KETEBALAN LOAD TRANSFER PLATFORM TERHADAP PENURUNAN TANAH”** Benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Dengan surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya

Semarang, 10 Januari 2022

Yang Membuat Pernyataan

Yang Membuat Pernyataan



Hutami Kusuma Wardhani



Lina Rosniwati



## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan di bawah ini :

Nama : Hutami Kusuma Wardhani

NIM : 30201800081

Nama : Lina Rosniwati

NIM : 30201800106

Judul : PENGARUH KETEBALAN *LOAD TRANSFER PLATFORM*  
TERHADAP PENURUNAN TANAH

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 ijazah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran 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, 10 Januari 2022

Yang Membuat Pertanyaan



Hutami Kusuma Wardhani

Yang Membuat Pertanyaan



Lina Rosniwati

## MOTTO

❖ Hutami Kusuma Wardhani

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا لَهَا مَا كَسَبَتْ وَعَلَيْهَا مَا اكْتَسَبَتْ

Allah tidak akan membebani seseorang itu melainkan sesuai dengan kesanggupannya.

**(Al-Baqarah Ayat 286)**

❖ Lina Rosniwati

إِنَّ اللَّهَ بِأَمْرِهِ قَدْ جَعَلَ اللَّهُ لِكُلِّ شَيْءٍ قَدْرًا

Sesungguhnya Allah bebas melakukan kehendak-Nya, Hanya Dia telah menjadikan setiap sesuatu menurut takaran Nya

**(QS. At-Thalaq : 3)**



## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini  
penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Gentur Januwardoyo dan Ibu Eko Apriyaningsih yang selalu memberikan do'a, kasih sayang, semangat dan dukungan secara materiil maupun moral.
2. Kedua adik saya Wahyu Reza Wardhana dan Fadhilla Sekar Ayu Wardhani yang selalu memberikan semangat.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Dr. Abdul Rochim, S.T., MT dan Ibu Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Saudari Lina Rosniwati rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan dan saudara seiman.
6. Sahabat – sahabat saya dari maba Lina Rosniwati, Hikmah Royani, Lia Nabila, Intan Rismayanti, Inkaana Bi Haqqi yang membantu memberikan support, arahan, semangat, dan selalu membawa kayu bakar dalam setiap pembicaraan.
7. Saudara Brian Setiawan yang telah membantu dan memberikan semangat untuk membuat tugas akhir.
8. Kawan – kawan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2018 terkhusus Kelas B dan seluruh Mahasiswa Teknik UNISSULA.

Hutami Kusuma Wardhani

30201800081

## PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji Syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya, Bapak Ruhkhan dan Ibu Sokipah yang senantiasa selalu memberikan do'a, kasih sayang, dorongan motivasi, semangat dan dukungan secara moral maupun secara materiil.
2. Kedua adik saya Risma Ismatul Muna dan Hilmi Mukoddas yang selalu memberikan do'a dan dukungan secara moral maupun materiil.
3. Dosen pembimbing Tugas Akhir saya Bapak Dr. Abdul Rochim, S.T., MT dan Ibu Lisa Fitriyana, S.T., M.Eng yang telah membimbing kami sepenuh hati untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Teknik UNISSULA yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat bermanfaat dan sangat berguna selama saya menuntut ilmu di Fakultas Teknik UNISSULA.
5. Saudari Hutami Kusuma Wardhani rekan Tugas Akhir, teman seperjuangan dan saudara seiman.
6. Sahabat – sahabat saya dari maba Hutami Kusuma Wardhani, Hikmah Royani, Lia Nabila, Intan Rismayanti, Inkaana Bi Haqqi yang membantu memberikan support, arahan, semangat, dan selalu membawa kayu bakar dalam setiap pembicaraan.
7. Kawan - kawan Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Angkatan 2018 terkhusus Kelas B dan seluruh Mahasiswa Teknik UNISSULA.

Lina Rosniwati

30201800106

## DAFTAR ISI

|                                          |       |
|------------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL.....                       | i     |
| HALAMAN PENGESAHAN .....                 | ii    |
| BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR ..... | iii   |
| PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....           | iv    |
| PERNYATAAN KEASLIAN .....                | v     |
| MOTTO .....                              | vi    |
| PERSEMBAHAN .....                        | vii   |
| KATA PENGANTAR .....                     | ix    |
| DAFTAR ISI .....                         | x     |
| DAFTAR TABEL .....                       | xiii  |
| DAFTAR GAMBAR .....                      | xiv   |
| DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....        | xxiii |
| ABSTRAK .....                            | xxv   |

### BAB I PENDAHULUAN

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1.1.Latar Belakang .....       | 1 |
| 1.2.Rumusan Masalah .....      | 2 |
| 1.3.Tujuan .....               | 2 |
| 1.4.Batasan Masalah.....       | 3 |
| 1.5.Sistematika Penulisan..... | 3 |

### BAB II STUDI PUSTAKA

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.Tinjauan Umum.....                                                               | 4  |
| 2.2.Penyelidikan Tanah .....                                                         | 5  |
| 2.3.Klasifikasi Tanah.....                                                           | 5  |
| 2.4.Parameter Tanah.....                                                             | 10 |
| 2.4.1.Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir.....                                 | 10 |
| 2.4.2.Klasifikasi Tanah Berdasarkan <i>Standart Penetration Test</i><br>(N-SPT)..... | 11 |
| 2.4.3.Permeabilitas ( <i>Permeability</i> ).....                                     | 13 |
| 2.4.4. <i>Modulus Young</i> dan <i>Poission Ratio</i> ( $\nu$ ).....                 | 13 |
| 2.4.5.Sudut Geser Tanah Dalam .....                                                  | 14 |
| 2.4.6.Kohesi .....                                                                   | 15 |
| 2.5.Tanah Lunak.....                                                                 | 16 |
| 2.5.1.Deskripsi Tanah Lunak.....                                                     | 16 |
| 2.5.2.Karakteristik Tanah Lunak .....                                                | 17 |
| 2.5.2.1.Sifat Fisis.....                                                             | 17 |
| 2.5.3.Masalah Yang Timbul Pada Tanah Lunak .....                                     | 18 |
| 2.5.4.Penanganan Terhadap Tanah Lunak .....                                          | 18 |
| 2.6.Timbunan .....                                                                   | 19 |
| 2.7.Penurunan Tanah.....                                                             | 21 |
| 2.7.1.Penurunan Seketika ( <i>Immediate Settlement – Si</i> ).....                   | 21 |
| 2.7.2.Penurunan Akibat Konsolidasi / Primer.....                                     | 22 |
| 2.7.2.1.Fase Awal ( <i>Initial Compression</i> ) .....                               | 22 |
| 2.7.2.2.Konsolidasi Primer ( <i>Primary Consolidation</i> ) .....                    | 22 |
| 2.7.2.3.Konsolidasi Sekunder .....                                                   | 23 |

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 2.8.Pemadatan Tanah .....                      | 24 |
| 2.9.LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> )..... | 25 |
| 2.9.1.Material Granular .....                  | 26 |
| 2.9.2.Geosintetik .....                        | 26 |
| 2.9.3.Desain LTP .....                         | 27 |

### **BAB III METODOLOGI**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1.Pendahuluan .....                                                      | 28 |
| 3.2.Pengumpulan Data .....                                                 | 28 |
| 3.3.Studi Literatur .....                                                  | 28 |
| 3.4.Diagram Alur Perencanaan .....                                         | 29 |
| 3.5.Pemodelan Menggunakan Program <i>Plaxis 8.6</i> .....                  | 30 |
| 3.5.1.Analisis Pengelohan Data .....                                       | 30 |
| 3.5.2.Penginputan Data .....                                               | 35 |
| 3.5.3.Perhitungan .....                                                    | 45 |
| 3.5.4.Hasil Analisis Pemodelan Menggunakan Program <i>Plaxis 8.6</i> ..... | 45 |
| 3.6.Kesimpulan dan Saran .....                                             | 45 |
| 3.7.Penyusunan Laporan .....                                               | 45 |

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.Tinjauan Umum .....                                                                                                                                                                                               | 46  |
| 4.2.Parameter Desain .....                                                                                                                                                                                            | 48  |
| 4.2.1.Parameter Tanah.....                                                                                                                                                                                            | 48  |
| 4.2.2.Parameter Perkerasan dan Timbunan.....                                                                                                                                                                          | 48  |
| 4.2.3.Parameter Tiang Pancang dan Geosintetik .....                                                                                                                                                                   | 49  |
| 4.3.Pembebanan .....                                                                                                                                                                                                  | 50  |
| 4.4.Tahap Perhitungan .....                                                                                                                                                                                           | 50  |
| 4.5.Hasil Perhitungan.....                                                                                                                                                                                            | 99  |
| 4.5.1.Output Setelah Dilakukan Perkerasan Jalan .....                                                                                                                                                                 | 99  |
| 4.5.2.Output Akibat Beban Lalu Lintas .....                                                                                                                                                                           | 109 |
| 4.5.3.Output Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun.....                                                                                                                                                                      | 119 |
| 4.5.4.Output Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun.....                                                                                                                                                                      | 129 |
| 4.5.5.Output Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun.....                                                                                                                                                                     | 139 |
| 4.5.6.Output Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun.....                                                                                                                                                                     | 149 |
| 4.6.Besar Penurunan Setelah Konstruksi Selesai pada Permodelan dengan Kondisi Friction Pile dan End Bearing Pile dengan Variasi Ketebalan LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> ) dan Jarak Antar Tiang 1,5 meter ..... | 158 |
| 4.6.1.Besar Penurunan Setelah Konstruksi Selesai dengan Variasi Ketebalan LTP 1,5 Meter .....                                                                                                                         | 158 |
| 4.6.2.Besar Penurunan Setelah Konstruksi Selesai dengan Variasi Ketebalan LTP 3 Meter .....                                                                                                                           | 159 |
| 4.7.Pembahasan.....                                                                                                                                                                                                   | 164 |

### **BAB V PENUTUP**

|                      |     |
|----------------------|-----|
| 5.1.Kesimpulan ..... | 166 |
| 5.2.Saran.....       | 168 |



|                             |              |
|-----------------------------|--------------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>xxvii</b> |
| <b>LAMPIRAN</b>             |              |



## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO .....                                                                                | 7   |
| Tabel 2.2 Klasifikasi Tanah Sistem USCS .....                                                                                  | 9   |
| Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah Sistem USCS .....                                                                                  | 10  |
| Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir .....                                                                             | 10  |
| Tabel 2.5 Hubungan Antara Konsistensi Dengan Tekanan <i>Conus</i> .....                                                        | 11  |
| Tabel 2.6 Hubungan Antara Kepadatan, Berat Jenis Tanah Kering, Nilai <i>N-SPT</i> , <i>qc</i> dan $\phi$ .....                 | 12  |
| Tabel 2.7 Hubungan Antara Nilai <i>N-SPT</i> dengan Berat Jenis Tanah Jenuh ( $\gamma_{sat}$ ) .....                           | 12  |
| Tabel 2.8 Hubungan Antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering .....                                                              | 12  |
| Tabel 2.9 Nilai Permeabilitas ( <i>k</i> ) dalam Satuan ( <i>m/s</i> ) .....                                                   | 13  |
| Tabel 2.10 Hubungan Modulus Elastisitas ( <i>Es</i> ) dan Nilai <i>Poisson Ratio</i> .....                                     | 14  |
| Tabel 2.11 Besaran Sudut Geser dalam Tanah .....                                                                               | 14  |
| Tabel 2.12 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah .....                                                          | 15  |
| Tabel 2.13 Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Tingkat Plastisitas, dan Jenis Tanah .....                                 | 15  |
| Tabel 2.14 Hubungan Antara <i>N-SPT</i> dan Kohesi .....                                                                       | 16  |
| Tabel 2.15 Tipe Tanah Lunak Menurut Kadar Organik .....                                                                        | 17  |
| Tabel 2.16 Berat Jenis Tanah .....                                                                                             | 17  |
| Tabel 2.17 Nilai Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah .....                                                                      | 18  |
| Tabel 3.1 Data Pemodelan .....                                                                                                 | 30  |
| Tabel 3.2 Parameter Tanah .....                                                                                                | 30  |
| Tabel 3.3 Tabel Parameter Timbunan dan Perkerasan .....                                                                        | 30  |
| Tabel 3.4 Deskripsi Data Tanah .....                                                                                           | 31  |
| Tabel 4.1 Parameter Tanah .....                                                                                                | 48  |
| Tabel 4.2 Parameter Perkerasan Jalan .....                                                                                     | 49  |
| Tabel 4.3 Parameter Timbunan .....                                                                                             | 49  |
| Tabel 4.4 Parameter Tiang Pancang dan Geosintetik .....                                                                        | 49  |
| Tabel 4.5 <i>Phase Perhitungan LTP 3 m Dengan Model Tiang Friction</i> .....                                                   | 50  |
| Tabel 4.6 <i>Phase Perhitungan LTP 3 m Dengan Model Tiang End Bearing</i> ....                                                 | 52  |
| Tabel 4.7 <i>Phase Perhitungan LTP 1,5 m Dengan Model Tiang Friction</i> .....                                                 | 54  |
| Tabel 4.8 <i>Phase Perhitungan LTP 1,5 m Dengan Model Tiang End Bearing</i> ..                                                 | 56  |
| Tabel 4.9 Hasil Perhitungan (Output) Permodelan dengan Variasi Ketebalan LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> ) 1,5 Meter ..... | 161 |
| Tabel 4.10 Hasil Perhitungan (Output) Permodelan dengan Variasi Ketebalan LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> ) 3 Meter .....  | 162 |
| Tabel 4.11 Hasil Penurunan Pada Preloading 2m dan Konsolidasi 10 Tahun .....                                                   | 163 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Tahapan Penurunan Tanah ( <i>Ground Settlement</i> ) .....                                                                        | 24 |
| Gambar 2.2 Prinsip Pemadatan Tanah .....                                                                                                     | 25 |
| Gambar 2.3 Desain LTP 1,5 meter Tiang <i>Friction</i> .....                                                                                  | 27 |
| Gambar 3.1 Diagram Alur Metodologi .....                                                                                                     | 29 |
| Gambar 3.2 Kotak Dialog <i>Create/Open Project – New Project</i> .....                                                                       | 33 |
| Gambar 3.3 Kotak Dialog <i>General Setting – Project</i> .....                                                                               | 33 |
| Gambar 3.4 Kotak Dialog <i>General Setting – Dimensions</i> .....                                                                            | 34 |
| Gambar 3.5 Kotak Dialog <i>Toolbar</i> .....                                                                                                 | 34 |
| Gambar 3.6 Pemodelan Geometri Penampang Melintang Jepit Standar<br>( <i>Standart Fixities</i> ) dengan kondisi <i>Friction Pile</i> .....    | 35 |
| Gambar 3.7 Pemodelan Geometri Penampang Melintang Jepit Standar<br>( <i>Standart Fixities</i> ) dengan kondisi <i>End Bearing Pile</i> ..... | 35 |
| Gambar 4.1 Potongan Melintang LTP 3m Tiang <i>End Bearing</i> .....                                                                          | 46 |
| Gambar 4.2 Potongan Melintang LTP 3m Tiang <i>Friction</i> .....                                                                             | 47 |
| Gambar 4.3 Potongan Melintang LTP 3m Tiang <i>Friction</i> .....                                                                             | 47 |
| Gambar 4.4 Potongan Melintang LTP 3m Tiang <i>End Bearing</i> .....                                                                          | 47 |
| Gambar 4.5 <i>Input Phase</i> Lantai Kerja pada <i>Tab General</i> .....                                                                     | 58 |
| Gambar 4.6 <i>Input Phase</i> Lantai Kerja <i>Tab Parameters</i> .....                                                                       | 58 |
| Gambar 4.7 <i>Define Phase</i> Lantai Kerja.....                                                                                             | 59 |
| Gambar 4.8 <i>Input Phase</i> Pekerjaan Minipile pada <i>Tab General</i> .....                                                               | 59 |
| Gambar 4.9 <i>Input Phase</i> Pekerjaan Minipile pada <i>Tab Parameters</i> .....                                                            | 60 |
| Gambar 4.10 <i>Define Phase</i> Pekerjaan Minipile .....                                                                                     | 60 |
| Gambar 4.11 <i>Input Phase</i> Timbunan Sirtu 0,5m pada <i>Tab General</i> .....                                                             | 61 |
| Gambar 4.12 <i>Input Phase</i> Timbunan Sirtu 0,5m pada <i>Tab Parameters</i> .....                                                          | 61 |
| Gambar 4.13 <i>Define Phase</i> Timbunan Sirtu 0,5 meter .....                                                                               | 61 |
| Gambar 4.14 <i>Input Phase</i> LTP Tebal 1 meter & Geotextile 100 kPa pada<br><i>Tab General</i> .....                                       | 62 |
| Gambar 4.15 <i>Input Phase</i> LTP Tebal 1 m & Geotextile 100kPa pada <i>Tab</i><br><i>Parameter</i> .....                                   | 62 |
| Gambar 4.16 <i>Define Phase</i> Timbunan Sirtu 1m dan Geotextile 100 kPa.....                                                                | 63 |
| Gambar 4.17 <i>Input Phase</i> Timbunan Sirtu 0,5 meter .....                                                                                | 63 |
| Gambar 4.18 <i>Input Phase</i> Timbunan Sirtu 0,5 meter .....                                                                                | 63 |
| Gambar 4.19 <i>Define Phase</i> Timbunan Sirtu 0,5 meter .....                                                                               | 64 |
| Gambar 4.20 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 14 Hari pada <i>Tab General</i> .....                                                             | 64 |
| Gambar 4.21 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 14 Hari pada <i>Tab Parameters</i> .....                                                          | 65 |
| Gambar 4.22 <i>Input Phase</i> Timbunan 1 meter dan Geotextile 100 kPa pada<br><i>Tab General</i> .....                                      | 65 |
| Gambar 4.23 <i>Input Phase</i> Timbunan 1m dan Geotextile 100 kPa pada <i>Tab</i><br><i>Parameters</i> .....                                 | 65 |
| Gambar 4.24 <i>Define Phase</i> Timbunan 1m dan Geotextile 100 kPa .....                                                                     | 66 |
| Gambar 4.25 <i>Input Phase</i> Timbunan Tanah 1 meter pada <i>Tab General</i> .....                                                          | 66 |
| Gambar 4.26 <i>Input Phase</i> Timbunan Tanah 1 meter pada <i>Tab Parameters</i> ...                                                         | 67 |
| Gambar 4.27 <i>Define Phase</i> Timbunan Tanah 1 meter .....                                                                                 | 67 |
| Gambar 4.28 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 14 Hari pada <i>Tab General</i> .....                                                             | 68 |
| Gambar 4.29 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 14 Hari pada <i>Tab Parameters</i> .....                                                          | 68 |
| Gambar 4.30 <i>Input Phase</i> Timbunan Tanah 1meter pada <i>Tab General</i> .....                                                           | 68 |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4.31 <i>Input Phase</i> Timbunan Tanah 1 m pada <i>Tab Parameters</i> .....                          | 69 |
| Gambar 4.32 <i>Define Phase</i> Timbunan Tanah 1 m .....                                                    | 69 |
| Gambar 4.33 <i>Input Phase</i> Timbunan Tanah 0,5m pada <i>Tab General</i> .....                            | 70 |
| Gambar 4.34 <i>Input Phase</i> Timbunan Tanah 0,5m pada <i>Tab Parameters</i> .....                         | 70 |
| Gambar 4.35 <i>Define Phase</i> Timbunan Tanah 0,5 meter.....                                               | 70 |
| Gambar 4.36 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 20 Hari pada <i>Tab General</i> .....                            | 71 |
| Gambar 4.37 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 20 Hari pada <i>Tab Parameters</i> .....                         | 71 |
| Gambar 4.38 <i>Input Phase</i> Timbunan Preloading 1m pada <i>Tab General</i> .....                         | 72 |
| Gambar 4.39 <i>Input Phase</i> Timbunan Preloading 1m pada <i>Tab Parameters</i> ..                         | 72 |
| Gambar 4.40 <i>Define Phase</i> Timbunan Preloading 1 meter .....                                           | 72 |
| Gambar 4.41 <i>Input Phase</i> Timbunan Preloading 1m pada <i>Tab General</i> .....                         | 73 |
| Gambar 4.42 <i>Input Phase</i> Timbunan Preloading 1m pada <i>Tab General</i> .....                         | 73 |
| Gambar 4.43 <i>Define Phase</i> Timbunan Preloading 1m ke-2 .....                                           | 73 |
| Gambar 4.44 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 40 Hari Pada <i>Tab General</i> .....                            | 74 |
| Gambar 4.45 <i>Input Phase</i> Masa Tunggu 45 Hari pada <i>Tab Parameters</i> .....                         | 74 |
| Gambar 4.46 <i>Input Phase Unloading Preloading</i> Timbunan 2m pada <i>Tab General</i> .....               | 75 |
| Gambar 4.47 <i>Input Phase Unloading Preloading</i> Timbunan 2m pada <i>Tab Parameters</i> .....            | 75 |
| Gambar 4.48 <i>Define Phase Unloading Preloading</i> Timbunan 2 meter.....                                  | 75 |
| Gambar 4.49 <i>Input Phase</i> Beban Perkerasan pada <i>Tab General</i> .....                               | 76 |
| Gambar 4.50 <i>Input Phase</i> Beban Perkerasan pada <i>Tab Parameters</i> .....                            | 76 |
| Gambar 4.51 <i>Define Phase</i> Beban Perkerasan Jalan .....                                                | 77 |
| Gambar 4.52 <i>Input Phase</i> Beban Lalu Lintas pada <i>Tab General</i> .....                              | 77 |
| Gambar 4.53 <i>Input Phase</i> Beban Perkerasan pada <i>Tab Parameters</i> .....                            | 77 |
| Gambar 4.54 <i>Define Phase</i> Beban Lalu Lintas.....                                                      | 78 |
| Gambar 4.55 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 1 Tahun pada <i>Tab General</i> .....                            | 78 |
| Gambar 4.56 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 1 Tahun pada <i>Tab Parameters</i> .....                         | 79 |
| Gambar 4.57 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 3 Tahun pada <i>Tab General</i> .....                            | 79 |
| Gambar 4.58 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 3 Tahun pada <i>Tab Parameters</i> .....                         | 79 |
| Gambar 4.59 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 10 Tahun pada <i>Tab General</i> .....                           | 80 |
| Gambar 4.60 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 10 Tahun pada <i>Tab Parameters</i> .....                        | 80 |
| Gambar 4.61 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 50 Tahun pada <i>Tab General</i> .....                           | 81 |
| Gambar 4.62 <i>Input Phase</i> Konsolidasi 50 Tahun pada <i>Tab Parameters</i> .....                        | 81 |
| Gambar 4.63 <i>Input Phase</i> SF Lantai Kerja Pada <i>Tab General</i> .....                                | 82 |
| Gambar 4.64 <i>Input Phase</i> SF Lantai Kerja Pada <i>Tab Parameters</i> .....                             | 82 |
| Gambar 4.65 <i>Input Phase</i> Pekerjaan Minipile Pada <i>Tab General</i> .....                             | 82 |
| Gambar 4.66 <i>Input Phase</i> Pekerjaan Minipile Pada <i>Tab Parameters</i> .....                          | 83 |
| Gambar 4.67 <i>Input Phase</i> SF Timbunan Sirtu 0,5 meter pada <i>Tab General</i> ...                      | 83 |
| Gambar 4.68 <i>Input Phase</i> SF Timbunan Sirtu 0,5 meter pada <i>Tab Parameters</i> .....                 | 83 |
| Gambar 4.69 <i>Input Phase</i> SF LTP Tebal 1 meter dan Geotextile 100 kPa pada <i>Tab General</i> .....    | 84 |
| Gambar 4.70 <i>Input Phase</i> SF LTP Tebal 1 meter dan Geotextile 100 kPa pada <i>Tab Parameters</i> ..... | 84 |
| Gambar 4.71 <i>Input Phase</i> SF Timbunan Sirtu 0,5m pada <i>Tab General</i> .....                         | 85 |
| Gambar 4.72 <i>Input Phase</i> SF Timbunan Sirtu 0,5m pada <i>Tab Parameters</i> ....                       | 85 |
| Gambar 4.73 <i>Input Phase</i> SF Masa Tunggu 14 Hari pada <i>Tab General</i> .....                         | 86 |



|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.74 <i>Input Phase SF Masa Tunggu 14 Hari pada Tab Parameters ...</i>                                                | 86  |
| Gambar 4.75 <i>Input Phase SF Timbunan Sirtu 1m dan Geotextile 100 kPa pada Tab General .....</i>                            | 86  |
| Gambar 4.76 <i>Input Phase SF Timbunan Tanah 1 meter pada Tab Parameters.....</i>                                            | 87  |
| Gambar 4.77 <i>Input Phase SF Timbunan 1m pada Tab General.....</i>                                                          | 87  |
| Gambar 4.78 <i>Input Phase SF Timbunan 1m pada Tab Parameters .....</i>                                                      | 87  |
| Gambar 4.79 <i>Input Phase SF Masa Tunggu 14 Hari pada Tab General .....</i>                                                 | 88  |
| Gambar 4.80 <i>Input Phase SF Masa Tunggu 14 Hari pada Tab Parameters ...</i>                                                | 88  |
| Gambar 4.81 <i>Input Phase SF Timbunan Tanah 1 meter pada Tab General...</i>                                                 | 89  |
| Gambar 4.82 <i>Input Phase SF Timbunan Tanah 1 meter pada Tab Parameters.....</i>                                            | 89  |
| Gambar 4.83 <i>Input Phase SF Timbunan Tanah 0,5m pada Tab General.....</i>                                                  | 89  |
| Gambar 4.84 <i>Input Phase SF Timbunan Tanah 0,5m pada Tab Parameters ..</i>                                                 | 90  |
| Gambar 4.85 <i>Input Phase SF Masa Tunggu 20 Hari pada Tab General .....</i>                                                 | 90  |
| Gambar 4.86 <i>Input Phase SF Masa Tunggu 20 Hari pada Tab Parameters ...</i>                                                | 90  |
| Gambar 4.87 <i>Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab General ...</i>                                                | 91  |
| Gambar 4.88 <i>Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab Parameters.....</i>                                            | 91  |
| Gambar 4.89 <i>Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab General ...</i>                                                | 92  |
| Gambar 4.90 <i>Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab Parameters.....</i>                                            | 92  |
| Gambar 4.91 <i>Input Phase SF Masa Tunggu 45 Hari pada Tab General .....</i>                                                 | 92  |
| Gambar 4.92 <i>Input Phase SF Masa Tunggu 45 Hari pada Tab Parameters ..</i>                                                 | 93  |
| Gambar 4.93 <i>Input Phase SF Unloading Preloading 2 m pada Tab General</i>                                                  | 93  |
| Gambar 4.94 <i>Input Phase SF Unloading Preloading 2 m pada Tab Parameters.....</i>                                          | 93  |
| Gambar 4.95 <i>Input Phase SF Beban Perkerasan pada Tab General.....</i>                                                     | 94  |
| Gambar 4.96 <i>Input Phase SF Perkerasan pada Tab Parameters .....</i>                                                       | 94  |
| Gambar 4.97 <i>Input Phase SF Beban Lalu Lintas pada Tab General.....</i>                                                    | 95  |
| Gambar 4.98 <i>Input Phase SF Perkerasan pada Tab Parameters .....</i>                                                       | 95  |
| Gambar 4.99 <i>Input Phase SF Konsolidasi 1 Tahun pada Tab General .....</i>                                                 | 95  |
| Gambar 4.100 <i>Input Phase SF Konsolidasi 1 Tahun pada Tab Parameters ...</i>                                               | 96  |
| Gambar 4.101 <i>Input Phase SF Konsolidasi 3 Tahun pada Tab General .....</i>                                                | 96  |
| Gambar 4.102 <i>Input Phase SF Konsolidasi 3 Tahun pada Tab Parameters ..</i>                                                | 96  |
| Gambar 4.103 <i>Input Phase SF Konsolidasi 10 Tahun pada Tab General .....</i>                                               | 97  |
| Gambar 4.104 <i>Input Phase SF Konsolidasi 10 Tahun pada Tab Parameters .</i>                                                | 97  |
| Gambar 4.105 <i>Input Phase SF Konsolidasi 50 Tahun pada Tab General .....</i>                                               | 98  |
| Gambar 4.106 <i>Input Phase SF Konsolidasi 50 Tahun pada Tab Parameters .</i>                                                | 98  |
| Gambar 4.107. <i>Input Titik Tinjauan Displacement .....</i>                                                                 | 99  |
| Gambar 4.108 <i>Input Titik Tinjauan Stresses .....</i>                                                                      | 99  |
| Gambar 4.109 <i>Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang Friction.....</i>    | 100 |
| Gambar 4.110 <i>Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang End Bearing.....</i> | 100 |
| Gambar 4.111 <i>Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang Friction.....</i>      | 101 |

|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.112 Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP Tebal 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                  | 101 |
| Gambar 4.113 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                     | 102 |
| Gambar 4.114 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                     | 102 |
| Gambar 4.115 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP Tebal 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                 | 103 |
| Gambar 4.116 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP Tebal 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....              | 103 |
| Gambar 4.117 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....               | 104 |
| Gambar 4.118 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....            | 104 |
| Gambar 4.119 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                 | 105 |
| Gambar 4.120 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....              | 105 |
| Gambar 4.121 <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5<br>m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                          | 106 |
| Gambar 4.122 <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5<br>m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                       | 106 |
| Gambar 4.123 <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3<br>m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                            | 107 |
| Gambar 4.124 <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3<br>m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                         | 107 |
| Gambar 4.125 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi<br>Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang<br><i>Friction</i> .....     | 108 |
| Gambar 4.126 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi<br>Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End<br/>Bearing</i> ..... | 108 |
| Gambar 4.127 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi<br>Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i><br>.....       | 109 |
| Gambar 4.128 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi<br>Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End<br/>Bearing</i> .....   | 109 |
| Gambar 4.129 Total Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP<br>1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                              | 110 |
| Gambar 4.130 Total Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP<br>1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                              | 110 |
| Gambar 4.131 Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                          | 111 |
| Gambar 4.132 Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                       | 111 |
| Gambar 4.133 Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas<br>pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                        | 112 |



|                                                                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.134 Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                     | 112 |
| Gambar 4.135 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                   | 113 |
| Gambar 4.136 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                | 113 |
| Gambar 4.137 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....           | 114 |
| Gambar 4.138 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....        | 114 |
| Gambar 4.139 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....             | 115 |
| Gambar 4.140 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                       | 115 |
| Gambar 4.141 Angka <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                 | 116 |
| Gambar 4.142 Angka <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....             | 116 |
| Gambar 4.143 Angka <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                  | 117 |
| Gambar 4.144 Angka <i>Safety Factor</i> Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....               | 117 |
| Gambar 4.145 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....    | 118 |
| Gambar 4.146 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> ..... | 118 |
| Gambar 4.147 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....      | 119 |
| Gambar 4.148 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....   | 119 |
| Gambar 4.149 Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                             | 120 |
| Gambar 4.150 Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                          | 120 |
| Gambar 4.151 Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                               | 121 |
| Gambar 4.152 Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                            | 121 |
| Gambar 4.153 Tekanan Air Pori Ber lebih Setelah Terkon solidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                 | 122 |
| Gambar 4.154 Tekanan Air Pori Ber lebih Setelah Terkon solidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....              | 122 |
| Gambar 4.155 Tekanan Air Pori Ber lebih Setelah Terkon solidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                   | 123 |

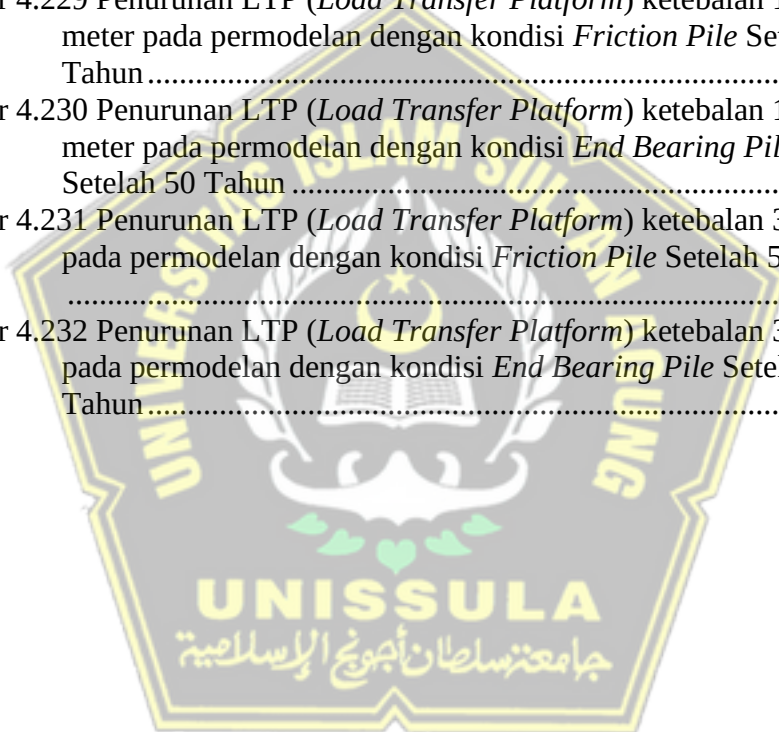
|                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.156 Tekanan Air Pori Ber lebih Setelah Terkon solidasi 1 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                       | 123 |
| Gambar 4.157 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                    | 124 |
| Gambar 4.158 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                 | 124 |
| Gambar 4.159 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                      | 125 |
| Gambar 4.160 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                   | 125 |
| Gambar 4.161 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5<br>m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                               | 126 |
| Gambar 4.162 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5<br>m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                            | 126 |
| Gambar 4.163 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m<br>Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                                 | 127 |
| Gambar 4.164 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m<br>Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                              | 127 |
| Gambar 4.165 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah<br>Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang<br><i>Friction</i> .....       | 128 |
| Gambar 4.166 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah<br>Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang<br><i>End Bearing</i> .....    | 128 |
| Gambar 4.167 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah<br>Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang<br><i>Friction</i> .....         | 129 |
| Gambar 4.168 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Setelah<br>Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang<br><i>End Bearing</i> ..... | 129 |
| Gambar 4.169 Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada<br>LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                              | 130 |
| Gambar 4.170 Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada<br>LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                           | 130 |
| Gambar 4.171 Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada<br>LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                                | 131 |
| Gambar 4.172 Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada<br>LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                             | 131 |
| Gambar 4.173 Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                          | 132 |
| Gambar 4.174 Tekanan Air Pori Ber lebih setelah Terkonsolidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Tiang <i>End Bearing</i> .....                            | 132 |
| Gambar 4.175 Tekanan Air Pori Ber lebih setelah Ter konsolidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                          | 133 |
| Gambar 4.176 Tekanan Air Pori Ber lebih setelah Terkon solidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Tiang <i>End Bearing</i> .....                             | 133 |
| Gambar 4.177 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                    | 134 |

|                                                                                                                                            |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.178 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....  | 134 |
| Gambar 4.179 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....       | 135 |
| Gambar 4.180 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....    | 135 |
| Gambar 4.181 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5<br>m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                | 136 |
| Gambar 4.182 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5<br>m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....             | 136 |
| Gambar 4.183 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m<br>Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                  | 137 |
| Gambar 4.184 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m<br>Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....               | 137 |
| Gambar 4.185 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah<br>Terkonsolidasi 3 Tahun Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....          | 138 |
| Gambar 4.186 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah<br>Terkonsolidasi 3 Tahun Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....       | 138 |
| Gambar 4.187 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah<br>Terkonsolidasi 3 Tahun Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....          | 139 |
| Gambar 4.188 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah<br>Terkonsolidasi 3 Tahun Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....       | 139 |
| Gambar 4.189 Total Penurunan Tanah Setelah Ter konsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....             | 140 |
| Gambar 4.190 Total Penurunan Tanah Setelah Ter konsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....          | 140 |
| Gambar 4.191 Total Penurunan Tanah Setelah Ter konsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....               | 140 |
| Gambar 4.192 Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....             | 141 |
| Gambar 4.193 Tekanan Air Pori Ber lebih setelah Ter konsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....        | 141 |
| Gambar 4.194 Tekanan Air Pori Ber lebih setelah Ter konsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....     | 142 |
| Gambar 4.195 Tekanan Air Pori Ber lebih setelah Ter konsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....          | 142 |
| Gambar 4.196 Tekanan Air Pori Ber lebih setelah Ter konsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....       | 143 |
| Gambar 4.197 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....    | 143 |
| Gambar 4.198 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> ..... | 144 |
| Gambar 4.199 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....      | 144 |
| Gambar 4.200 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun<br>Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....   | 145 |
| Gambar 4.201 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5<br>m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....               | 145 |

|                                                                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.202 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                      | 146 |
| Gambar 4.203 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                           | 146 |
| Gambar 4.204 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                        | 147 |
| Gambar 4.205 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....    | 147 |
| Gambar 4.206 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> ..... | 148 |
| Gambar 4.207 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....      | 148 |
| Gambar 4.208 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....   | 149 |
| Gambar 4.209 Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                           | 149 |
| Gambar 4.210 Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                        | 150 |
| Gambar 4.211 Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                             | 150 |
| Gambar 4.212 Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                          | 151 |
| Gambar 4.213 Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                    | 151 |
| Gambar 4.214 Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                 | 152 |
| Gambar 4.215 Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                      | 152 |
| Gambar 4.216 Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                   | 153 |
| Gambar 4.217 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....              | 153 |
| Gambar 4.218 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....           | 154 |
| Gambar 4.219 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                | 154 |
| Gambar 4.220 <i>Effective Means Stresses</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....             | 155 |
| Gambar 4.221 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                         | 155 |
| Gambar 4.222 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                      | 156 |
| Gambar 4.223 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                           | 156 |



|                                                                                                                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4.224 <i>Safety Factor</i> Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                                   | 157 |
| Gambar 4.225 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                 | 157 |
| Gambar 4.226 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....              | 158 |
| Gambar 4.227 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>Friction</i> .....                   | 158 |
| Gambar 4.228 Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang <i>End Bearing</i> .....                | 159 |
| Gambar 4.229 Penurunan LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> ) ketebalan 1,5 meter pada permodelan dengan kondisi <i>Friction Pile</i> Setelah 50 Tahun .....    | 159 |
| Gambar 4.230 Penurunan LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> ) ketebalan 1,5 meter pada permodelan dengan kondisi <i>End Bearing Pile</i> Setelah 50 Tahun ..... | 160 |
| Gambar 4.231 Penurunan LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> ) ketebalan 3 meter pada permodelan dengan kondisi <i>Friction Pile</i> Setelah 50 Tahun .....      | 160 |
| Gambar 4.232 Penurunan LTP ( <i>Load Transfer Platform</i> ) ketebalan 3 meter pada permodelan dengan kondisi <i>End Bearing Pile</i> Setelah 50 Tahun .....   | 161 |





## DAFTAR NOTASI

|                 |                                                         |
|-----------------|---------------------------------------------------------|
| $Q_u$           | = Daya dukung ultimate (kPa)                            |
| $\phi$          | = Sudut Geser Dalam (°)                                 |
| $e$             | = Angka Pori                                            |
| $FK$            | = Faktor Keamanan                                       |
| $q_c$           | = Tekanan Konus (kg/cm <sup>2</sup> )                   |
| $f_s$           | = Hambatan Pelekat (kg/cm)                              |
| $C_u$           | = Undrained Shear Strength                              |
| $C_c$           | = Kompresibilitas                                       |
| $E_s$           | = Elastisitas Tanah (kN/m <sup>2</sup> )                |
| $w$             | = Kadar Air (%)                                         |
| $\gamma$        | = Berat Jenis Tanah (kN/m <sup>3</sup> )                |
| $\phi'$         | = Sudut geser dalam efektif (°)                         |
| $c$             | = Kohesi (kN/m <sup>2</sup> )                           |
| $c'$            | = Kohesi Efektif (kN/m <sup>2</sup> )                   |
| $S_i$           | = Penurunan Segera (m)                                  |
| $\nu$           | = Poisson's ratio                                       |
| $B$             | = Lebar atau diameter timbunan (m)                      |
| $I_p$           | = non – dimensional influence factor                    |
| $\Delta\sigma$  | = Penambahan Tegangan Total (kN/m <sup>2</sup> )        |
| $\Delta\sigma'$ | = Penambahan Tegangan Efektif (kN/m <sup>2</sup> )      |
| $\Delta\mu$     | = Penambahan Tegangan Air Pori (kN/m <sup>2</sup> )     |
| $t$             | = Waktu (hari)                                          |
| $S$             | = Penurunan Total (m)                                   |
| $S_i$           | = Penurunan Segera (m)                                  |
| $S_c$           | = Penurunan Konsolidasi Primer (m)                      |
| $S_s$           | = Penurunan Konsolidasi Sekunder (m)                    |
| $S$             | = Kekuatan Geser (kN/m <sup>2</sup> )                   |
| $\tau$          | = Tegangan Total pada Bidang Geser (kN/m <sup>2</sup> ) |

|                  |                                                                                  |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| $\mu$            | = Tegangan Air Pori (kN/m <sup>2</sup> )                                         |
| $\tau_f$         | = Kekuatan Geser Rata-rata dari Tanah (kN/m <sup>2</sup> )                       |
| $\tau_d$         | = Tegangan Geser Rata-rata yang Bekerja pada Bidang Longsor (kN/m <sup>2</sup> ) |
| $w_{opt}$        | = Kadar Air Optimum (%)                                                          |
| $\gamma_{sat}$   | = Berat Tanah Jenuh Air (kN/m <sup>2</sup> )                                     |
| $\gamma_{unsat}$ | = Berat Tanah Kering (kN/m <sup>2</sup> )                                        |
| $u_{soil}$       | = Perpindahan Vertikal                                                           |
| $s_{oil}$        | = Penurunan Tanah (m)                                                            |
| $k_x$            | = Permeabilitas arah x (m/hari)                                                  |
| $k_y$            | = Permeabilitas arah y (m/hari)                                                  |
| $\psi$           | = Sudut Dilatansi (°)                                                            |
| $A$              | = Luas Penampang (m <sup>2</sup> )                                               |
| $\gamma$         | = Berat jenis tanah (kN/m <sup>3</sup> )                                         |
| $\sigma$         | = Tegangan normal (kN/m <sup>2</sup> )                                           |
| $\tau$           | = Kekuatan geser tanah (kN/m <sup>2</sup> )                                      |
| $c$              | = Kohesi tanah (kN/m <sup>2</sup> )                                              |
| $\phi$           | = Sudut geser dalam tanah (°)                                                    |



# **PENGARUH KETEBALAN LOAD TRANSFER PLATFORM TERHADAP PENURUNAN TANAH**

Oleh :

Hutami Kusuma Wardhani<sup>1)</sup>, Lina Rosniwati<sup>1)</sup>, Abdul Rochim<sup>2)</sup>, Lisa Fitriyana<sup>2)</sup>

## **Abstrak**

Kota Semarang adalah salah satu wilayah yang memiliki perkembangan perekonomian yang relatif tinggi. Untuk memudahkan mobilisasi maka dibutuhkan pembangunan infrastruktur yang baik. Salah satu kendala yang dialami di Kota Semarang di daerah utara yaitu memiliki jenis tanah yang lunak. Untuk mendukung dalam proses pembangunan maka dipergunakan metode LTP (Load Transfer Platform) pada pembangunan struktur bawahnya. Sampel tanah yang digunakan diambil di daerah Pasar Waru Semarang yang memiliki jenis tanah lunak.

Metode perencanaan ini menggunakan program PLAXIS 2 dimensi versi 8.6. Permodelan menggunakan dua kondisi tiang yaitu friction pile dan end bearing pile. Dalam penggunaan variasi ketebalan Load Transfer Platform (LTP) sangat berpengaruh terhadap penurunan tanah. Tebal variasi LTP yaitu 1.5 meter dan 3 meter yang dibungkus dengan geotextile 100 kPa dan jarak antar tiang tetap 1.5 meter. LTP yang digunakan yaitu dengan perbandingan LTP sama dengan lebar jarak pile dan LTP lebih besar dari lebar jarak pile. Dimana untuk kedalaman tiang pada kondisi friction pile sedalam 16 meter dan pada kondisi end bearing pile yaitu sedalam 31 meter.

Dengan perbandingan LTP lebih besar dari lebar jarak pile bisa mengurangi penurunan tanah daripada penggunaan perbandingan LTP sama dengan lebar jarak pile. Dalam memulai analisis dan studi yang menggunakan program numerik alangkah baiknya data-data yang digunakan harus jelas, lengkap dan jelas darimana sumber didapatkannya data serta dapat dipertanggungjawabkan keaslian dan kebenarannya.

**Kata Kunci :** Load Transfer Platform; Penurunan Tanah; Friction Pile; End Bearing Pile; Plaxis 8.6

<sup>1)</sup>Mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Unissula

<sup>2)</sup>Dosen Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Unissula

# **LAND SUBSIDENCE AND THE THICKNESS OF LOAD TRANSFER PLATFORMS**

By :

Hutami Kusuma Wardhani<sup>1)</sup>, Lina Rosniwati<sup>1)</sup>, Abdul Rochim<sup>2)</sup>, Lisa Fitriyana<sup>2)</sup>

## **Abstract**

*Semarang City is one of the locations in Indonesia with a high level of economic growth. It is vital to establish adequate infrastructure in order to facilitate mobilization. A soft soil type is one of the challenges faced by the city of Semarang in the north. The LTP (Load Transfer Platform) approach is utilized in the construction of the bottom structure to aid the development process. The soil sample was taken in Semarang's Pasar Waru neighborhood, which has a soft soil type.*

*The PLAXIS 2-dimensional version 8.6 application is used to create this plan. Friction pile and end bearing pile are the pile conditions used in the simulation. Land subsidence is heavily influenced by fluctuations in the thickness of the Load Transfer Platform (LTP). The LTP variations are 1.5 and 3 meters thick, wrapped in 100 kPa geotextile, and 1.5 meters apart. The LTP ratio used is equal to the pile width distance, and the LTP is bigger than the pile width distance. Where pile depths of up to 16 meters can be found in friction pile situations and up to 31 meters in end bearing pile conditions.*

*It is possible to reduce soil subsidence by employing an LTP ratio greater than the width of the pile distance rather than an LTP ratio equal to the width of the pile distance. When beginning an analysis and study with a numerical program, it would be ideal if the data used was clear, full, and explicit about where the data came from, as well as the legitimacy and truthfulness of the data.*

**Keywords :** *Load Transfer Platform; Land subsidence; Friction Pile; End Bearing Pile; Plaxis 8.6*

<sup>1)</sup>Students of the Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Unissula

<sup>2)</sup>Lecturer of the Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Unissula

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kota Semarang adalah salah satu wilayah yang memiliki perkembangan perekonomian yang relatif tinggi. Dengan pertumbuhan perekonomian yang relatif tinggi tersebut dan memudahkan masyarakat untuk aktivitas mobilisasi maka dibutuhkan pembangunan infrastruktur yang baik. Infrastruktur sendiri ialah prasarana atau segala sesuatu yang dapat menunjang pertumbuhan ekonomi dan pembangunan di suatu wilayah. Salah satu infrastruktur yang sangat mendukung aktivitas perekonomian adalah pembangunan jalan, baik jalan antar dalam kota maupun jalan antar luar kota atau antar provinsi. Pada proses pembangunan jalan tersebut dibutuhkan perkuatan pada lapisan struktur bawah yang sangat kuat dalam proses pembangunannya. Karena salah satu kendala yang dialami di Kota Semarang di daerah utara yaitu memiliki jenis tanah yang lunak. Lapisan tanah lunak merupakan akar permasalahan di dalam geoteknik. Daya dukung rendah pada tanah juga penurunan tanah yang cukup besar merupakan masalah yang seringkali terjadi. Karakteristik tanah ini dapat mengakibatkan potensi keruntuhan dan pemampatan yang besar. Untuk mendukung dalam proses pembangunan tersebut maka dipergunakan metode LTP (*Load Transfer Platform*) pada pembangunan struktur bawahnya.

LTP (*Load Transfer Platform*) merupakan suatu material atau bahan yang diletakkan pada atas pondasi tiang pancang / kolom. Dimana LTP (*Load Transfer Platform*) berfungsi menyalurkan beban timbunan ke tiang pancang yang menahan atau menyangga secara efisien tegangan bawah tanah. LTP (*Load Transfer Platform*) yang biasanya digunakan bisa bersifat kaku ataupun fleksibel.

Teradapat tiga jenis platform diantaranya adalah pelat beton, tanah granular yang diperkuat geosintetik dan tanah granular yang tidak diperkuat geosintetik atau hanya dipadatkan saja. Untuk tanah yang diperkuat



geosintetik, ada 2 metode yang pertama adalah metode *catenary*, dimana geosintetik hanya sebagai alas saja atau diletakkan di atas lapisan subgrade dan kemudian di atasnya diberikan tanah granular. Geosintetik yang menjadi alas per satu lapis saja harus dengan *tensile* tinggi. Metode yang kedua adalah metode balok, dimana metode ini menggunakan beberapa lapis dari geosintetik (3 lapis atau lebih). Perkuatan setiap lapis biasanya diberi spasi timbunan granular sekitar 20-40 cm. Kuat tarik dari geosintetik (geogrid atau geotekstile) berfungsi untuk merencanakan dan menganalisis tipe dari LTP (*Load Transfer Platform*), jarak antar kolom dan tinggi timbunan.

Dalam Tugas Akhir ini Metode LTP (*Load Transfer Platform*) yang digunakan adalah *platform* dengan tanah granular yang diperkuat geosintetik. Jadi dengan metode LTP (*Load Transfer Platform*) dapat diketahui berapa besarnya penurunan tanah pada daerah yang akan dibangun tersebut. Dan dalam Tugas Akhir ini analisa dilakukan hanya sebagai penelitian.

### 1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa besar pengaruh variasi tebal LTP terhadap penurunan tanah dengan kondisi *friction pile dan end bearing pile*?
2. Berapa besar pengaruh variasi tebal LTP terhadap penurunan tanah dengan jarak antara tiang konstan ?
3. Bagaimana bentuk permodelan untuk LTP menggunakan aplikasi PLAXIS 2D?

### 1.3. Tujuan

1. Menganalisis pengaruh variasi tebal LTP yang diperkuat geosintetik terhadap penurunan tanah dengan kondisi *friction pile dan end bearing pile* dengan jarak tiang tetap.
2. Menganalisis pengaruh variasi tebal LTP yang diperkuat geosintetik terhadap penurunan tanah dengan kondisi *end bearing pile* dengan jarak tiang tetap
3. Mengetahui bentuk permodelan untuk LTP menggunakan aplikasi PLAXIS 2D.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Untuk meringkas dan memperjelas permasalahan, maka perlu adanya batasan masalah. Masalah yang menjadi obyek analisis ini pada variasi ketebalan LTP (*Load Transfer Platform*). Penggunaan variasi LTP (*Load Transfer Platform*) mempengaruhi besarnya nilai pada penurunan tanah yang terjadi.

#### **1.5. Sistematika Penulisan**

Dalam laporan Tugas Akhir ini, penulis menyusun laporan dengan susunan sistematika penulisan sebagai berikut :

##### **BAB I : PENDAHULUAN**

dalam bab ini penulis akan menguraikan perihal latar belakang analisis, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, serta sistematika pada penulisan.

##### **BAB II : STUDI PUSTAKA**

Dalam bab ini menjelaskan perihal klasifikasi umum tanah, penyelidikan tanah, parameter tanah, karakteristik tanah lunak, timbunan, penurunan tanah, pemadatan tanah, serta LTP (*Load Transfer Platform*).

##### **BAB III : METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam bab ini menjelaskan metode yang digunakan penulis dalam mengumpulkan data-data serta analisis data.

##### **BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini menjelaskan perihal pengolahan data, pemodelan metode variasi LTP (*Load Transfer Platform*) menggunakan program PLAXIS 8.6 dua dimensi, faktor keamanan, serta besarnya penurunan tanah yang terjadi dan bentuk deformasinya.

##### **BAB V : PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis dan saran penulis untuk analisis ini.

## **BAB II**

### **STUDI PUSTAKA**

#### **2.1. Tinjauan Umum**

Tanah adalah bagian terpenting dalam suatu konstruksi seperti bangunan, jalan, dan beban lalu lintas karena tanah mempunyai fungsi sebagai penyangga konstruksi atau dengan kata lain pada tanah inilah suatu konstruksi bertumpu. Tanah adalah suatu material atau Bahan di mana partikel mineral berdensitas tinggi (agregat) yang berasal dari zat yang hancur atau zat organik (partikel padat) terikat (berikat secara kimia), dan cairan dan gas mengisi rongga antara partikel padat (Das dkk, 2010).

Tanah memainkan peran penting di semua area konstruksi. Dalam hal ini, tanah adalah pondasi atau substruktur (pondasi) yang menopang beban penuh dari bangunan yang dibangun di atasnya. Namun, jika tanah di area atau tapak yang akan dibangun tidak memiliki daya dukung yang cukup, seringkali terjadi masalah, sehingga menyulitkan untuk membangun atau membangun struktur di atas tanah di area tersebut. Tanah adalah lapisan bumi yang berada paling atas atau paling atas dari bumi. Konstituen tanah adalah kumpulan mineral, bahan organik, dan endapan lepas pada batuan yang paling dasar (massa batuan). Tanah penopang atau penopang kekuatan struktur yang dibangun karena tidak semua jenis tanah dibuat dengan cara yang sama karena letak geografis suatu daerah, jenis tanah, sifat dan karakteristik tanah, tidak selalu baik untuk digunakan sebagai. Memadai. Tidak heran jika penurunan muka tanah (deformasi) sering menaikkan dan menurunkan fondasi bangunan dan tanah dasar jalan (Fahrana dkk, 2019).

Menjadi salah satu bahan konstruksi, tanah ialah bahan atau material yang tidak dapat menahan suatu tarikan, serta telah diperhitungkan tidak bisa menahan suatu desakan. Seluruh bahan atau material yang bekerja pada tanah diimbangi dengan daya dukung tanah. Beberapa masalah yang terjadi pada stabilitas tanah meliputi kemampuan tanah menyangga beban pondasi, tekanan tanah pasif, tekanan tanah aktif, serta stabilitas lereng (Aribudiman dkk, 2015).

Tanah juga bisa dibilang suatu material paling tua pada konstruksi serta material dasar yang paling penting dikarenakan tanah merupakan lokasi atau daerah yang dimana konstruksi suatu struktur bangunan didirikan pada bidang pekerjaan konstruksi (Aribudiman dkk, 2015). Dalam perencanaan suatu pekerjaan konstruksi memerlukan pemahaman tentang karakteristik tanah dan parameter tanah, yaitu daya dukung tanah, jenis tanah, tingkat kepadatan tanah, kadar air yang dikandung tanah, angka pori serta sudut geser tanah (Fauzi dan Prasetyo, 2021).

## **2.2. Penyelidikan Tanah**

Penyelidikan tanah merupakan tahapan yang paling awal pada perencanaan konstruksi. Penyelidikan tanah pada umumnya dilakukan baik di lapangan maupun di laboratorium, penyelidikan tersebut dilakukan guna mengetahui seberapa kuat daya dukung tanah (Yulianto dan Fakhry, 2018). Penyelidikan lapangan dimaksudkan untuk menentukan urutan ketebalan lapisan tanah / batuan keteknikan serta penyebarannya tenat /batuan ke arah lateral dan vertical, mengetahui sifat dan diperoleh model tanah untuk keperluan identifikasi lapangan dan laboratorium, serta untuk identifikasi kondisi air tanah. Penyelidikan di laboratorium dan/atau Uji laboratorium ditujukan untuk menghasilkan sifat-sifat fisik ataupun parameter keteknikan yang dibutuhkan dalam perencanaan dari suatu konstruksi (Heriyadi, 2001).

## **2.3. Klasifikasi Tanah**

Pada system klasifikasi tanah sistem yang membagi banyaknya macam tanah yang berbeda dengan karakter yang hampir sama ke dalam kelompok dan subkelompok sesuai dengan kegunaannya (Das, 2005). Sistem klasifikasi tanah dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi tentang sifat dan sifat fisik tanah. Karena perbedaan besar dalam sifat dan perilaku tanah, sistem klasifikasi tanah mengklasifikasikan tanah ke dalam kelompok umum. Dalam kelompok ini, tanah memiliki sifat fisik yang serupa (Bowles, 1989).

Sebagai hasil dari pengembangan sistem klasifikasi yang ada, beberapa jenis sistem klasifikasi tanah biasanya digunakan. Beberapa dari

sistem klasifikasi tanah ini memperhitungkan distribusi ukuran partikel dan batas Atterberg, dan beberapa dari sistem ini adalah sistem klasifikasi berbasis AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan sistem klasifikasi tanah berdasarkan *unified* (USCS) (Santoso, 2019).

1. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*)

Pada sistem klasifikasi ini didesain oleh *American Association of State Highway and Transportation Officials* atau disebut ASSHTO, yang paling utama dikembangkan untuk menganalisa material subgrade pada pembangunan jalan raya seperti yang terlihat pada tabel 2.1 Tanah kategorikan kedalam tujuh kategori utama/primer yang ditunjukkan dengan notasi dari A-1 sampai A-7.

Dalam kondisi beban normal, daya dukung dan perilaku masing-masing kategori hampir sama atau serupa, dan secara umum, semakin tinggi angka setelah huruf A, semakin rendah kualitas tanah yang digunakan untuk lapisan tanah bawah. Tanah dalam keadaan yang sama kelompok padat A1 dengan tanah kelas A3 berarti pengepakan efektif (ikatan dalam bentuk gesekan antar partikel) antara butiran pasir dan butiran yang lebih besar. Golongan A4 sampai A7 tidak memiliki ikatan gesekan antara partikel dan perilakunya terutama dipengaruhi oleh kandungan air dari komponen lanau dan lempung. Golongan A2 dibagi menjadi empat golongan, A24 sampai A27, dengan nomor terakhir menunjukkan jenis tanah yang lolos saringan nomor 200. Klasifikasi AASHTO ini juga didasarkan pada hasil analisis untuk saringan tipis nomor 10, 40, dan 200B. Uji batas atteberg tanah diambil dari contoh tanah yang telah lolos saringan 40. (Pratikso, 2008).



**Tabel 2.1** Klasifikasi tanah sistem AASHTO

| Klasifikasi Umum                     |                          | Tanah Berbutir<br>(35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200) |                                 |         |         |        |        |
|--------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------|---------|--------|--------|
| Klasifikasi ayakan                   | A-1                      |                                                                                   | A-3                             | A-2-4   | A-2     |        |        |
|                                      | A-1-a                    | A-1-b                                                                             |                                 |         | A-2-5   | A-2-6  | A-2-7  |
| Analisis Ayakan<br>(% Lolos)         |                          |                                                                                   |                                 |         |         |        |        |
| No. 10                               | Maks 50                  |                                                                                   |                                 |         |         |        |        |
| No. 40                               | Maks 30                  | Maks 50                                                                           | Min 51                          |         |         |        |        |
| No.200                               | Maks 15                  | Maks 25                                                                           | Maks 10                         | Maks35  | Maks35  | Maks35 | Maks35 |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 |                          |                                                                                   |                                 |         |         |        |        |
| Batas Cair (LL)                      |                          |                                                                                   | NP                              | Maks 40 | Min 41  | Maks   | Min 41 |
| Indeks Plastisitas (PI)              | Maks 6                   |                                                                                   |                                 | Maks 10 | Maks 10 | 40     | Min 11 |
| Tipe material yang paling dominan    | Batu pecah kerikil pasir | Pasir halus                                                                       | Kerikil dan pasir yang berlanau |         |         |        |        |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar  | Baik sekali sampai baik  |                                                                                   |                                 |         |         |        |        |

| Klasifikasi Umum                     | Tanah Lanau-Lempung<br>(lebih dari 35% au kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200) |         |                  |                       |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------|-----------------------|
| Klasifikasi kelompok                 | A-4                                                                                             | A-5     | A-6              | A-7<br>A-7-5<br>A-7-6 |
| Analisis Ayakan<br>(% Lolos)         |                                                                                                 |         |                  |                       |
| No. 10                               |                                                                                                 |         |                  |                       |
| No. 40                               |                                                                                                 |         |                  |                       |
| No.200                               | Min 36                                                                                          | Min 36  | Min 36           | Min 36                |
| Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40 |                                                                                                 |         |                  |                       |
| Batas Cair (LL)                      | Maks 40                                                                                         | Maks 41 | Maks 40          | Min 41                |
| Indeks Plastisitas (PI)              | Maks 10                                                                                         | Maks 10 | Min 11           | Min 11                |
| Tipe material yang paling dominan    | Tanah Berlanau                                                                                  |         | Tanah Berlempung |                       |
| Penilaian sebagai bahan tanah dasar  | Biasa sampai jelek                                                                              |         |                  |                       |

(Sumber: Das, 1995)

\*Untuk A-7-5,  $PI \leq LL - 30$

\*Untuk A-7-6,  $PI > LL - 30$

## 2. Sistem Klasifikasi Tanah Sistem *Unified* (USCS)

Sistem ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942 untuk digunakan dalam proyek pembuatan lapangan terbang yang dilakukan oleh *The Army Corps of Engineers* sepanjang Perang Dunia II. Sehubungan dengan rangka kerja sama dengan *United States Bureau of Reclamation* tahun 1952, pada sistem ini disempurnakan. Pada masa sekarang, sistem klasifikasi tanah berdasarkan system *Unified* tersebut digunakan dalam jangka luas oleh para pakar atau ahli teknik. Sistem ini menggolongkan tanah ke dalam dua golongan besar, yaitu :

1. Tanah dengan butir kasar (*coarse-grained-soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir di mana  $< 50\%$  berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol pada golongan ini diawali dari huruf awal G atau S. G yaitu untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, dan S yaitu untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir-halus (*fine-grained-soil*), yaitu tanah yang di mana  $> 50\%$  berat total contoh tanah lolos ayakan No. 200. Simbol dari golongan ini diawali dari huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau-organik dan lempung-organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*Peat*), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kadar symbol yang tinggi. Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah  
W = *well graded* (tanah dengan gradasi baik)  
P = *poorly graded* (tanah dengan gradasi buruk)  
L = *low plasticity* (plastisitas rendah) ( $LL < 50$ )  
H = *high plasticity* (plastisitas tinggi) ( $LL > 50$ )

Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti: GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Untuk klasifikasi yang benar, faktor-faktor berikut ini perlu diperhatikan :

1. Persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 (ini adalah fraksi halus)
2. Persentase fraksi kasar yang lolos ayakan No. 40

3. Koefisien keseragaman (*uniformity coefficient*,  $C_u$ ) dan koefisien gradasi (*gradation coefficient*,  $C_c$ ) untuk tanah di mana 0 – 12% lolos ayakan No. 200
4. Batas cair ( $LL$ ) dan indeks plastisitas ( $PI$ ) bagian tanah yang lolos ayakan No. 40 (untuk tanah di mana 5% atau lebih lolos ayakan No. 200).

Sebagaimana persentase butiran yang lolos ayakan No. 200 yaitu antara 5% sampai 12%, symbol ganda seperti GW-GM, GP-GM, GW-GC, GP-GC, SW- SM, SW- SC, SP- SM, dan SP-SC diperlukan.

Klasifikasi tanah berbutir halus dengan symbol ML, CL, OL, MH, CH, dan OH dihasilkan dengan cara menggambar batas cair dan indeks plastisitas tanah yang bersangkutan pada bagan plastisitas (Casagrande, 1948) (Das, 1995).

**Tabel 2.2** Klasifikasi tanah sistem USCS

| Divisi                                                                                                                                                     | Simbol Kelompok                                     | Nama Jenis                                                                                           | Kriteria Klasifikasi                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar<br>(tertanam saringan no. 4 (4.75 mm))<br><br>Pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos<br>saringan no. 4 (4.75 mm) | Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus) | GW<br>Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.  | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$<br>$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 |
|                                                                                                                                                            |                                                     | GP<br>Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus. | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW                                                              |
|                                                                                                                                                            | Kerikil banyak kandungan butiran halus              | GM<br>Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau                                                 | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$                                                |
|                                                                                                                                                            |                                                     | GC<br>Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung                                             | Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$                                                 |
|                                                                                                                                                            |                                                     | SW<br>Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.             | $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 60$<br>$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ atau 1 dan 3  |
|                                                                                                                                                            |                                                     | SP<br>Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus.            | Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW                                                              |
|                                                                                                                                                            | Pasir berlanau, campuran pasir-lanau                | SM<br>Pasir berlanau, campuran pasir-lanau                                                           | Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$                                                |
|                                                                                                                                                            | Pasir berlempung, campuran pasir-lempung            | SC<br>Pasir berlempung, campuran pasir-lempung                                                       | Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$                                                 |

(Sumber: Sunaryo, 2018)

**Tabel 2.3** Klasifikasi tanah sistem USCS

|                                                                          |                                                    |    |                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tanah berbutir halus<br>50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm) | Lanau dan lempung<br>batas cair 50%<br>atau kurang | ML | Lanau tak organik dan pasir<br>sangat halus, serbuk batuan<br>atau pasir halus berlanau<br>atau bertempung                                                              |
|                                                                          |                                                    | CL | Lempung tak organik dengan<br>plastisitas rendah sampai se-<br>dang, lempung berkerikil, lem-<br>pung berpasir, lempung ber-<br>lanau, lempung kurus ('clean<br>clays') |
|                                                                          | Lanau dan lem-<br>pung batas cair<br>> 50%         | OL | Lanau organik dan lempung<br>berlanau organik dengan plas-<br>tisitas rendah                                                                                            |
|                                                                          |                                                    | MH | Lanau tak organik atau pasir<br>halus diatomae, lanau elastis.                                                                                                          |
|                                                                          |                                                    | CH | Lempung tak organik dengan<br>plastisitas tinggi, lempung ge-<br>muk ('fat clays')                                                                                      |
|                                                                          |                                                    | OH | Lempung organik dengan plas-<br>tisitas sedang sampai tinggi                                                                                                            |
|                                                                          | Tanah dengan<br>organik tinggi                     |    | Gambut ('peat'), dan tanah<br>lain dengan kandungan or-<br>ganik tinggi                                                                                                 |

Diagram plastisitas:  
Untuk mengklasifikasi kadar  
butiran halus yang terkandung  
dalam tanah berbutir halus dan  
tanah berbutir kasar.  
Batas atterberg yang termasuk  
dalam daerah yang diarsir ber-  
arti batasan klasifikasinya  
menggunakan dua simbol.

Batas Cair LL (%)  
Garis A:  $PI = 0,73 (LL - 20)$

Manual untuk identifikasi secara visual da-  
pat dilihat ASTM Designation D-2488

(Sumber: Sunaryo, 2018)

## 2.4. Parameter Tanah

### 2.4.1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Data Sondir

Data tekanan an *conus* ( $q_c$ ) dan hambatan pelekat ( $f_s$ ) yang dihasilkan dari hasil pengujian sondir dapat digunakan untuk menentukan jenis tanah seperti yang terlihat pada Tabel 2.4 :

**Tabel 2.4.** Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

| Hasil Sondir |             | Klasifikasi                                                                     |
|--------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Qc           | fs          |                                                                                 |
| 6,0          | 0,15 - 0,40 | Humus, lempung sangat lunak                                                     |
| 6,0 - 10,0   | 0,20        | Pasir kelanauan lepas, pasir sangat lepas                                       |
|              | 0,20 - 0,60 | Lempung lembek, lempung kelanauan lembek                                        |
| 10,0 - 30,0  | 0,10        | Kerikil lepas                                                                   |
|              | 0,10 - 0,40 | Pasir lepas                                                                     |
|              | 0,40 - 0,80 | Lempung atau lempung kelanauan                                                  |
|              | 0,80 - 2,00 | Lempung agak kenyal                                                             |
| 30 - 60      | 1,50        | Pasir kelanauan, pasir agak padat                                               |
|              | 1,0 - 3,0   | Lempung atau lempung kelanauan kenyal                                           |
| 60 - 150     | 1,0         | Kerikil kepasiran lepas                                                         |
|              | 1,0 - 3,0   | Pasir padat, pasir kelanauan atau lempung padat dan lempung kelanauan           |
|              | 3,0         | Lempung kekerikilan kenyal                                                      |
| 150 - 300    | 1,0 - 2,0   | Pasir padat, pasir kekerikilan, pasir kasar pasir, pasir kelanauan sangat padat |

(Sumber : Das, 1995)



Hubungan antara konsistensi dengan tekanan *conus* dan *undrained cohesion* adalah sama rata dimana semakin tinggi nilai *c* dan *qc* maka tanah semakin keras. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5:

**Tabel 2.5** Hubungan Antara Konsistensi Dengan Tekanan *Conus*

| Konsistensi Tanah   | Tekanan Konus <i>qc</i> (kg/cm <sup>2</sup> ) | Undrained Cohesion (T/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|
| <i>Very Soft</i>    | < 2,50                                        | < 1,25                                 |
| <i>Soft</i>         | 2,50 – 5,0                                    | 1,25 – 2,50                            |
| <i>Medium Stiff</i> | 5,0 – 10,0                                    | 2,50 – 5,0                             |
| <i>Stiff</i>        | 10,0 – 20,0                                   | 5,0 -10,0                              |
| <i>Very Stiff</i>   | 20,0 – 40,0                                   | 10,0 – 20,0                            |
| <i>Hard</i>         | > 40                                          | > 20,0                                 |

(Sumber: Begeman, 1965)

#### 2.4.2. Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Standard Penetration Test* (N-SPT)

*Standard Penetration Test* (SPT) adalah percobaan dinamis yang dimulai di Amerika Serikat. Percobaan dinamis (*dynamic penetrometer*) adalah pengujian yang dimasukkan ke dalam tanah pada ujung di mana beban turun dari ketinggian jatuh, dan merupakan jumlah pukulan yang diperlukan untuk mendorong ujung dan menembus jarak yang telah ditentukan. SPT ini merupakan prosedur pengujian yang dilakukan dalam kombinasi dengan pengeboran kekuatan tanah dan pengambilan sampel turbulen (Yapeter dkk, 2016).



**Tabel 2.6** Hubungan Antara kepadatan, berat jenis tanah kering, nilai  $N-SPT$ ,  $q_c$ , dan  $\phi$

| Kepadatan                 | Berat jenis Tanah Kering ( $\gamma_d$ ) | Nilai $N-SPT$ | Tekanan Konsolidasi $q_c$ ( $kg/cm^2$ ) | Sudut Geser ( $^\circ$ ) |
|---------------------------|-----------------------------------------|---------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| Very loose (sangat lepas) | < 0,2                                   | < 4           | < 20                                    | < 30                     |
| Loose (lepas)             | 0,2 – 0,4                               | 4 – 10        | 20 – 40                                 | 30 – 35                  |
| Medium Dense (agak padat) | 0,4 – 0,6                               | 10 – 30       | 40 – 120                                | 35 – 40                  |
| Dense (padat)             | 0,6 – 0,8                               | 30 – 50       | 120 – 300                               | 40 – 45                  |
| Very Dense (sangat padat) | 0,8 – 1,0                               | > 50          | > 200                                   | > 45                     |

(Sumber : Meyerhof, 1965)

**Tabel 2.7** Hubungan antara nilai  $N-SPT$  dengan berat jenis tanah jenuh ( $\gamma_{sat}$ )

| $N-SPT$ (blows/ft) | Konsentrasi | $q_u$ (Unconfined Compressive Strength) $ton/ft^2$ | $\gamma_{sat}$ ( $kN/m^3$ ) |
|--------------------|-------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
| < 2                | Very Soft   | < 0,25                                             | 16 – 19                     |
| 2 – 4              | Soft        | 0,25 – 0,50                                        | 16 – 19                     |
| 4 – 8              | Medium      | 0,5 – 1,00                                         | 17 – 20                     |
| 8 – 15             | Stiff       | 1,00 – 2,00                                        | 19 – 22                     |
| 15 – 30            | Very Stiff  | 2,00 – 4,00                                        | 19 – 22                     |
| > 30               | hard        | > 4,00                                             | 19 – 22                     |

(Sumber : Terzaghi and Peck, 1948)

**Tabel 2.8** Hubungan Antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering

| Jenis Tanah | $\gamma_{sat}$ ( $kN/m^3$ ) | $\gamma_{dry}$ ( $kN/m^3$ ) |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Kerikil     | 20 – 22                     | 15 – 17                     |
| Pasir       | 18 – 20                     | 13 – 16                     |
| Lanau       | 18 – 20                     | 14 – 18                     |
| Lempung     | 16 – 22                     | 14 – 21                     |

(Sumber : John Wiley and Sons, 2000)

### 2.4.3. Permeabilitas (*Permeability*)

Permeabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan satu cairan atau bahan fluida mengalir melalui lain bahan berpori diartikan sebagai kemampuan suatu zat untuk melepaskan air dari porinya. Kemampuan fluida untuk mengalir melewati medium yang berpori yaitu suatu sifat teknis yang bisa disebut permeabilitas (Bowles, 1991). Permeabilitas dapat diartikan sebagai sifat bahan atau bahan yang memungkinkan aliran rembesan zat cair mengalir melalui rongga pori (Hardiyatmo, 2002).

Permeabilitas pada suatu massa tanah penting untuk :

1. Evaluasi jumlah rembesan
2. Evaluasi gaya angkat atau gaya rembesan di bawah struktur
3. Membarikan kontrol terhadap kecepatan rembesan
4. Studi mengenali laju penurunan (konsolidasi)

**Tabel 2.9** Nilai Permeabilitas (*k*) dalam satuan (*m/s*)

| Ukuran Partikel                  | Koefisien Permeabilitas, <i>k</i> ( <i>m/s</i> ) |
|----------------------------------|--------------------------------------------------|
| Pasir berlempung, pasir berlanau | $5 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-4}$            |
| Pasir halus                      | $1 \times 10^{-5} - 5 \times 10^{-5}$            |
| Pasir kelanauan                  | $1 \times 10^{-6} - 2 \times 10^{-5}$            |
| Lanau                            | $1 \times 10^{-7} - 5 \times 10^{-6}$            |
| Lempung                          | $1 \times 10^{-11} - 1 \times 10^{-8}$           |

(Sumber : Wesley, 1977)

### 2.4.4. Modulus Young dan Poission Ratio (*v*)

Nilai modulus young merupakan perbandingan tegangan- regangan atau persamaan yang menunjukkan seberapa tinggi atau tinggi elastisitas tanah tersebut. Nilai rasio Poisson ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan ekspansi lateral. (Yulianto dan Fakhry, 2018).

**Tabel 2.10** Hubungan Modulus Elastisitas ( $E_s$ ) dan Nilai *poisson ratio*

| Type of soil             | Young's modulus, $E_s$ |                    | Poisson's ratio |
|--------------------------|------------------------|--------------------|-----------------|
|                          | MN/m <sup>2</sup>      | lb/in <sup>2</sup> |                 |
| <i>Loose sand</i>        | 10,35–24,15            | 1500 – 3500        | 0,20 – 0,40     |
| <i>Medium dense sand</i> | 17,25–27,6 0           | 2500 – 4000        | 0,25 – 0,40     |
| <i>Dense sand</i>        | 34,50–55,2 0           | 5000 – 8000        | 0,30 – 0, 45    |
| <i>Silty sand</i>        | 10,35–17,25            | 1500 – 2500        | 0,2 – 0, 40     |
| <i>Sand and Gravel</i>   | 69,00–172 ,50          | 10000 – 25000      | 0,15 – 0, 35    |
| <i>Soft clay</i>         | 2,077 – 5,18           | 300 – 750          | 0,20 – 0, 50    |
| <i>Medium clay</i>       | 5,18–10,35             | 750 – 1500         |                 |
| <i>Stiff clay</i>        | 10, 35–24, 15          | 1500 - 3500        |                 |

(Sumber : Mayerhof, 1965)

#### 2.4.5. Sudut Geser Tanah Dalam

Sudut geser internal adalah sudut yang dibentuk oleh rasio tegangan normal terhadap tegangan geser tanah atau material batuan. Sudut geser internal adalah sudut patah yang terjadi ketika material dikenai tegangan atau gaya yang melebihi nilai tegangan geser. Semakin besar sudut geser internal material, semakin kuat material tersebut terhadap tekanan eksternal yang diterapkan atau diterapkan pada material tersebut. Besarnya sudut geser dalam ( $\phi$ ) juga berhubungan dengan tingkat kepadatan suatu jenis tanah (Fitriyana dkk. 2020).

**Tabel 2.11** Besaran Sudut Geser Dalam Tanah

| Tingkat Kepadatan | Sudut Geser Dalam ( $\phi$ ) |
|-------------------|------------------------------|
| Sangat lepas      | < 30                         |
| Lepas             | 30 – 35                      |
| Agak padat        | 35 – 40                      |
| Padat             | 40 – 45                      |
| Sangat padat      | > 45                         |

(Sumber : Bowles JE, 1989)

**Tabel 2.12** Hubungan Antara Sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah

| Jenis Tanah       | Sudut Geser Dalam / $\phi$ (°) |
|-------------------|--------------------------------|
| Kerikil kepasiran | 35 – 40                        |
| Kerikil kerakal   | 35 – 40                        |
| Pasir padat       | 35 – 4                         |
| Pasir lepas       | 30                             |
| Lempung kelanauan | 25 – 30                        |
| Lempung kelanauan | 20 – 25                        |

(Sumber : Das, 1998)

**Tabel 2.13** Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Tingkat Plastisitas, dan Jenis Tanah

| Jenis Tanah      | Tingkat plastisitas | Sudut Geser Dalam / $\phi$ (°) |
|------------------|---------------------|--------------------------------|
| Lanau            | Rendah              | 35 – 37                        |
| Lanau berlempung | Sedang              | 31 – 35                        |
| Lempung          | Tinggi              | < 31                           |

(Sumber : Bjerrum, 1960)

#### 2.4.6.Kohesi

Kohesi ialah gaya tarik menarik yang dihasilkan antara partikel dalam tanah dan dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Semakin tinggi kuat geser maka semakin besar pula gaya kohesif tanah. Nilai kohesi ( $c$ ) diperoleh dari pengujian laboratorium seperti pengujian kuat geser langsung (direct shear strength test) dan pengujian triaxial (triaxial test). Salah satu aspek yang mempengaruhi nilai kohesi adalah kerapatan dan jarak antar molekul dalam suatu benda. Kohesi berbanding lurus dengan kerapatan suatu benda, jadi semakin tinggi rapat massa maka gaya kohesif semakin besar. Padatan memiliki daya kohesif tertinggi dalam cairan dan sebaliknya. Secara empiris nilai pada kohesi dapat ditentukan dengan mengetahui nilai Tegangan konus ( $Q_c$ ) pada data Sondir (Yulianto dkk, 2018).

$$C = Q_c / 20 \dots\dots\dots (2.1)$$

Hubungan koheesi, N-SPT serta sudut geser dalam dilihat pada Tabel 2.14 berikut :

**Tabel 2.14** Hubungan Antara N-SPT dan Koheesi

| N-SPT   | Koheesi / c (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----------------------------------|
| 0 – 2   | 1 – 2,5                           |
| 2 – 4   | 12,5 – 25                         |
| 4 – 8   | 25 – 50                           |
| 8 – 15  | 50 – 100                          |
| 15 – 30 | 100 – 200                         |
| >30     | > 200                             |

(Sumber : Article Stabilisation Project, 2000)

## 2.5. Tanah Lunak

### 2.5.1. Deskripsi Tanah Lunak

Tanah lunak umumnya adalah tanah lempung dengan kadar air tinggi, permeabilitas rendah, dan bahan pondasi yang sangat buruk karena kompresibilitasnya yang tinggi, dengan kedalaman ibu jari minimal  $\pm 25$  mm, ataupun memiliki kuat geser yang  $< 40$  kPa berdasarkan uji geser balok lapangan (Rachlan, 1986).

Terdapat dua jenis tanah lunak, yaitu tanah lempung lunak dan tanah gambut. Menurut Terzaghi (1967) tanah lempung kohesif merupakan tanah lunak dengan daya dukung kurang dari  $0,5 \text{ kg/cm}^2$  dan nilai *standard penetration test* lebih kecil dari 4 (*N-value*  $< 4$ ).

Dalam rekayasa geoteknik, menurut kadar organik pada tanah lunak dapat dilihat dalam Tabel 2.15. Berikut ini:



**Tabel 2.15** Tipe Tanah Lunak Menurut Kadar Organik

| Jenis Tanah     | Kadar Organik % |
|-----------------|-----------------|
| Lempung         | < 25            |
| Lempung Organik | 25 – 75         |
| Gambut          | >75             |

(Sumber : Departemen Permukiman Prasarana Wilayah, 2002)

### 2.5.2.Karakteristik Tanah Lunak

Tanah yaitu partikel padat, yang terdiri dari berbagai ukuran dari kecil sampai besar, yang berdasarkan standart US, menurut besar butirannya dikelompokkan menjadi :

1. Kerikil dengan ukuran diameter 4,750 mm – 50,00 mm
2. Pasir dengan ukuran diameter 0,075 mm – 4,75 mm
3. Lanau dengan ukuran diameter 0,002 mm – 0,075 mm
4. Lempung dengan ukuran diameter < 0,002 mm

Secara umum, jenis dan jenis tanah lunak tergantung pada jenis dan karakteristik tanah. Ini termasuk perubahan volume, jumlah dan jenis kandungan mineral, kepadatan asli, perubahan kadar air, kepadatan tanah, kondisi stress, dan struktur tanah dan waktu (Soetjiono, 2008).

#### 2.5.2.1.Sifat Fisis

Hardiyatmo (1992), nilai specific gravity (Gs) dari butiran tanah sangat berperan penting dalam bermacam-macam keperluan perhitungan Menurut mekanika tanah. Nilai specific gravity (Gs) bisa didapatkan secara akurat dilaboratorium. Nilai-nilai specific gravity untuk bermacam jenis tanah ditunjukan pada Tabel 2.16.

**Tabel 2.16** Berat Jenis Tanah

| Jenis Tanah       | Berat Jenis |
|-------------------|-------------|
| Kerikil           | 2,65 – 2,68 |
| Pasir             | 2,65 – 2,68 |
| Lanau anorganik   | 2,62 – 2,68 |
| Lanau organik     | 2,58 – 2,65 |
| Lempung anorganik | 2,68 – 2,75 |
| Humus             | 1,37        |
| Gambut            | 1,25 – 1,80 |

(Sumber : Prasetyo dkk, 2013)

Indeks plastisitas (PI) adalah interval kelembaban di mana tanah masih plastis. Indeks plastisitas menunjukkan sifat plastisitas tanah. Jika tanah memiliki nilai PI tinggi, maka tanah tersebut banyak mengandung butiran lempung. Jika tanah memiliki nilai PI rendah, seperti lanau, sedikit penurunan kadar air akan mengeringkan tanah. Tabel 2.17 menunjukkan indeks plastisitas, jenis tanah dan batasan jenis (Jumikis, 1962).

**Tabel 2.17** Nilai Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah

| <i>PI</i> | Sifat              | Jenis Tanah         | Plastisitas | Kohesi       |
|-----------|--------------------|---------------------|-------------|--------------|
| 0         | Non plastis        | Pasir               | Non plastis | Non kohesif  |
| <7        | Plastisitas rendah | Lanau               | Rendah      | Agak kohesif |
| 7 – 17    | Plastisitas sedang | Lempung             | Sedang      | Kohesif      |
| >17       | Plastisitas tinggi | berlanau<br>Lempung | Tinggi      | Kohesif      |

(Sumber : Jumikis, 1962)

### 2.5.3. Masalah Yang Timbul Pada Tanah Lunak

Secara umum, masalah utama yang sering terjadi pada tanah lunak selama pekerjaan konstruksi adalah penurunan tanah yang besar. Juga, jika terjadi masalah likuifaksi, yaitu ketika gempa terjadi, perilaku tanah akibat tegangan seismik mirip dengan air atau cairan, dan kekuatan geser tanah berkurang, dan daya dukung tanah berkurang. tanah berkurang (Yulianto dan Fakhry, 2018).

Seperti halnya bahan apa pun, ketika lantai diberi beban, lantai akan menyusut. Penurunan tanah disebabkan oleh pemadatan tanah.

### 2.5.4. Penanganan Terhadap Tanah Lunak

Tujuan umum dari perbaikan tanah lunak adalah untuk meningkatkan daya dukung tanah dan kuat geser tanah, meningkatkan modulus tanah, mengurangi kompresibilitas tanah, mengontrol stabilitas volume tanah (susut dan muai), dan cair sehingga tidak mudah likuifaksi, meningkatkan kualitas bahan bangunan, dan meminimalkan dampak lingkungan (Yulianto dan Fakhry, 2018).

Upaya pemantapan dan perbaikan tanah dapat dilakukan dengan cara kimia dan fisika. Perbaikan tanah dengan proses kimia yang dapat dibedakan dari sudut pandang, antara lain:

- a. Ditinjau dari jenis bahan pencampur (*additive*)
- b. Ditinjau dari jenis material bubuk (*powder*)
- c. Ditinjau dari cara pencampuran

Dan dalam perbaikan tanah dengan metode fisik yaitu dapat ditinjau dari aspek metode pelaksanaannya, antara lain :

- a. Pemadatan tanah (*compaction*)
- b. Konsolidasi tanah
- c. Pengeringan tanah
- d. Penggantian tanah
- e. Perekatan partikel tanah (Darwis, 2017)

## 2.6. Timbunan

Dalam Spesifikasi Bina Marga (2010) tentang Dokumen Pelelangan Nasional timbunan diklasifikasikan menjadi tiga jenis yaitu timbunan biasa, timbunan pilihan, dan timbunan berbutir di atas tanah rawa.

### 1. Timbunan Biasa

- a. Timbunan yang diklasifikasikan sebagai bahan timbunan biasa harus terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu yang disetujui oleh Direksi Pekerjaan sebagai bahan yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pekerjaan permanen.
- b. Bahan yang dipilih tidak boleh mengandung tanah yang sangat plastis. Jika penggunaan tanah yang sangat plastis tidak dapat dihindari, material ini hanya boleh digunakan pada dasar atau timbunan lereng yang tidak memerlukan daya dukung atau kekuatan geser yang tinggi. Jangan menggunakan tanah plastis sama sekali pada lapisan 30 cm tepat di bawah trotoar atau dasar bahu atau substruktur bahu. Selain itu, timbunan lapis ini yang diuji menurut SNI 0317441989 harus memiliki nilai CBR paling sedikit 6% atau lebih besar dari daya dukung tanah di bawahnya seperti yang direncanakan dan ditunjukkan dalam gambar.
- c. Tanah yang sangat ekspansif dengan nilai efektif di atas 1,25 atau dinilai sebagai “*very high*” atau “*extra high*” tidak boleh digunakan sebagai bahan urugan. Nilai aktifnya merupakan perbandingan Indeks Plastisitas

/ PI – (SNI 03-1966-1989) dan persentase kadar lempung (SNI 03-3422-1994).

## 2. Timbunan pilihan

- a. Timbunan hanya digunakan jika digunakan di lapangan, atau jika bahan tersebut ditentukan di lapangan, atau jika bahan tersebut ditentukan, atau jika telah mendapat persetujuan tertulis dari otoritas bangunan, harus diklasifikasikan sebagai prioritas atau prioritas granular..
- b. Timbunan yang diklasifikasikan sebagai timbunan selektif harus terbuat dari bahan tanah atau batuan yang memenuhi semua persyaratan di atas untuk timbunan biasa, dan harus memiliki karakteristik khusus tergantung pada tujuan penggunaan. Semua timbunan terpilih telah memenuhi SNI 03-1744-1989, memiliki CBR minimal 10% setelah 4 hari perendaman jika dipadatkan hingga 100% kepadatan kering maksimum sesuai dengan SNI 1742 : 2008.

## 3. Timbunan Berbutir di atas Tanah Lunak

Bahan timbunan pilihan di lahan basah atau tanah lapisan atas jenuh atau dalam kondisi banjir yang tidak dapat dihindari harus berupa batu, pasir, kerikil, atau bahan butiran bersih lainnya dengan indeks plastisitas maksimum 6% (enam persen).

Penimbunan tanah di atas tanah lunak dipengaruhi oleh ketebalan lapisan tanah dibawah permukaan tanah dan ketinggian yang diharapkan setelah tanah mengalami konsolidasi. Proses penimbunan berfungsi untuk meningkatkan tegangan air pori tanah yang terdapat di bawah timbunan secara perlahan diikuti oleh kenaikan tegangan efektif pada tanah dasar. Tinggi timbunan harus diminimalisasi tapi harus memenuhi ketentuan termasuk akomodasi konsolidasi setelah konstruksi.

## 2.7. Penurunan Tanah

Penurunan muka tanah ialah salah satu masalah utama yang dihadapi pada tanah lunak. Penurunan tanah terjadi ketika beban diterapkan ke tanah, menyebabkan stres pada lapisan tanah di bawahnya. Beban ini menyebabkan pelepasan air interstisial dengan penurunan volume tanah, yang menyebabkan

deformasi partikel tanah (Yulianto dan Fakhry, 2018). Dalam ilmu Geoteknik, ada jenis penurunan tanah yaitu :

### 2.7.1. Penurunan Seketika (*Immediate Settlement – Si*)

Penurunan langsung merupakan bentuk penurunan elastis yang terjadi segera setelah suatu beban kerja, dengan penurunan terjadi pada tanah berbutir kasar dan tanah berbutir halus kering atau tidak jenuh (Hardiyatmo, 2018). Ketika beban tenggelam langsung kelereng, modulus elastisitas kekakuan tanah memiliki pengaruh yang kuat terhadap ukuran sink. Berikut adalah persamaan untuk keturunan langsung:

$$S_i = \Delta \sigma B \frac{1 - \mu_s^2}{E_s} I_p \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana :

- $S_i$  = Penurunan segera ( $m$ )
- $\Delta \sigma$  = Beban timbunan
- $E_s$  = Modulus elastisitas tanah ( $kN/m^2$ )
- $\mu_s$  = Poisson's ration
- $B$  = Lebar atau diameter timbunan ( $m$ )
- $I_p$  = non – dimensi onal influence factor

Schleicher (1926) mendefinisikan faktor  $I_p$  ini sebagai :

$$I_p = \frac{1}{\pi} \left[ m_1 \ln \left( \frac{1 + \sqrt{m_1^2 + 1}}{m_1} \right) + \ln (m_1 + \sqrt{m_1^2 + 1}) \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

Di mana :

- $m_1$  =  $L/B$  (Panjang /lebar beban yang bekerja)

### 2.7.2. Penurunan Akibat Konsolidasi / Primer

Penurunan konsolidasi (consolidation settlement) terjadi pada tanah berbutir halus di bawah muka air tanah. Amblesan yang terjadi membutuhkan waktu dan durasinya tergantung pada kondisi lapisan tanah. Ketika tanah dimuat dan dipadatkan. Penurunan integrasi terjadi dalam tiga fase (Leonard, 1962) :



### 2.7.2.1.Fase Awal (*Initial Compression*)

Pada tahap ini di mana penurunan terjadi segera setelah beban diterapkan. Pengurangan ini disebabkan oleh terdorongnya udara keluar dari pori-pori tanah. Persentase penurunan awal dapat dinyatakan sebagai perubahan laju rongga dan dapat ditentukan dari kurva waktu uji penurunan dan konsolidasi (Hardiyatmo, 2018). Pengurangan ini terjadi ketika terdapat struktur atau bangunan di atas tanah sampai dengan struktur atau konstruksi tersebut selesai.

### 2.7.2.2.Konsolidasi Primer (*Primary Consolidation*)

Konsolidasi primer adalah penngurangan luas permukaan tanah yang dipengaruhi oleh aliran air yang keluar melalui celah - celah tanah karena adanya tekanan tambahan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah seperti permeabilitas, kompresibilitas, porositas, bentuk tanah termasuk tebal lapisan tekan, perkembangan horizontal zona tekan, dan batas lapisan permeabel. (Hardiyatmo, 2018).

Penurunan muka tanah yang terjadi setelah selesainya suatu bangunan atau pengembangan suatu properti. Tanah tertekan oleh tegangan di atas melepaskan air pori dan udara dari tanah, menyebabkan konsolidasi.

Didalam tanah lempung jenuh, kenaikan tegangan total dilanjutkan pada air pori dan partikel tanah. Artinya kenaikan tegangan total ( $\Delta\sigma$ ) dibagi menjadi tegangan efektif dan tegangan air pori. Korelasi dapat disimpulkan dari prinsip tegangan efektif. Dari prinsip tegangan efektif, dapat diambil korelasi :

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$\Delta\sigma'$  = penambahan Tegangan efektif

$\Delta u$  = penambahan Tegangan air pori

Karena lempung kurang permeabel dan air lebih kecil kemungkinannya untuk dikompresi daripada partikel tanah, pada  $t = 0$  semua tambahan tegangan ( $\Delta\sigma$ ) akan ditahan oleh air ( $\Delta u = \Delta\sigma$ ).

Tegangan tambahan ini tidak ditahan oleh partikel tanah ( $\Delta\sigma' = 0$ ). Segera setelah lapisan tanah liat tambahan dimuat, air akan mengalir

keluar karena tekanan pada air di pori-pori. Pada tahap ini, tekanan air pori pada setiap kedalaman lapisan lempung perlahan-lahan berkurang dan beban partikel tanah meningkat. Maka ketika :

$$0 < t < \infty$$

$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

$$(\Delta\sigma' > 0 \text{ dan } \Delta u < \Delta\sigma)$$

Nilai  $\Delta\sigma'$  dan  $\Delta u$  dari setiap kedalaman berbeda, hal itu dipengaruhi oleh jarak minimum yang harus dilalui air pori untuk mengalir dari lapisan pasir yang terletak di atas dan di bawah lapisan lempung.

Ketika  $t = \infty$ , jadi  $\Delta u = 0$ , kelebihan air pori menghilang sepenuhnya dari lapisan lempung. Pada keadaan ini tegangan total ( $\Delta\sigma$ ), ditahan oleh partikel tanah (tegangan efektif  $\Delta\sigma'$ ). Sehingga  $\Delta\sigma = \Delta\sigma'$ .

### 2.7.2.3. Konsolidasi Sekunder

Konsolidasi sekunder juga dikenal sebagai pengurangan creep, yang merupakan proses yang sangat lambat. Proses ini berlangsung setelah konsolidasi primer selesai (Hardiyatmo, 2018). Pemadatan terjadi setelah air dan udara dilepaskan ke dalam pori-pori tanah. Kompresi disebabkan oleh perpindahan partikel plastik di tanah. Pada tahap ini, tekanan air pori berlebih berkurang dan tegangan efektif konstan, sehingga waktu yang dibutuhkan untuk proses kompresi ini sangat lama.

Maka penurunan total dari tanah yang telah disebabkan adalah:

$$S = S_i + S_c + S_s \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

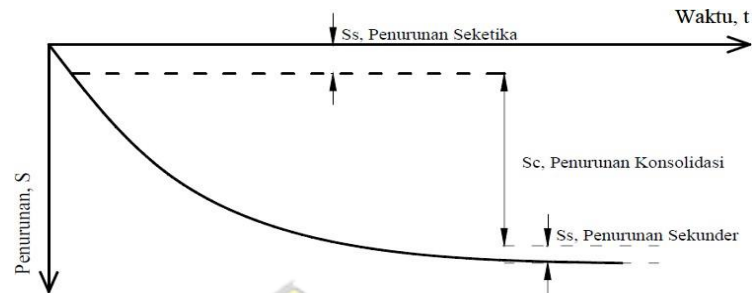
$S$  = Penurunan Total

$S_i$  = Penurunan Segera

$S_c$  = Penurunan Konsolidasi Primer

$S_s$  = Penurunan Konsolidasi Sekunder

Setelah penyelesaian konsolidasi primer, terjadi penurunan konsolidasi sekunder. Artinya, jika tekanan air pori overstress sama dengan nol ( $u = 0$ ). Tahapan penurunan tanah ditunjukkan dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini:



**Gambar 2.1** Tahapan Penurunan Tanah (*Ground Settlement*)  
(Yulianto dan Fakhry, 2018 )

Dari ketiga jenis penurunan tanah, biasanya hanya satu jenis yang dominan untuk jenis tanah tertentu, karena jenis penurunan tanah lainnya mungkin terlalu kecil untuk diabaikan, tergantung pada jenis tanahnya (Das, 1988).

## 2.8. Pemadatan Tanah

Menurut Bowles (1993), adalah suatu usaha untuk meningkatkan densitas tanah dengan cara memampatkan partikel-partikel dengan menggunakan energi mekanik. Energi mekanik yang digunakan dalam proses kompresi meliputi gaya impak, kompresi, getaran, dan rolling. Menurut Craig (1987), kompresi adalah proses peningkatan kepadatan tanah dengan mengurangi jarak antar partikel dan, sebagai akibatnya, mengurangi jumlah udara.

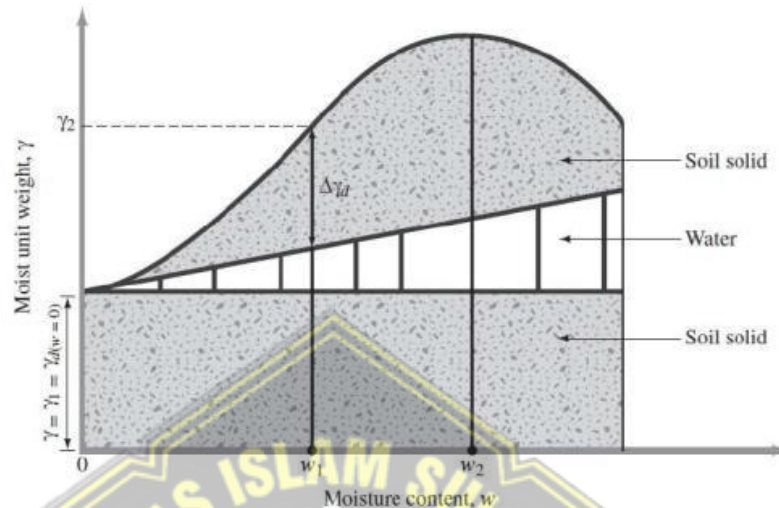
Tujuan dari pemadatan ini adalah :

1. Membenahi kuat geser tanah.
2. Mengurangi kompresibilitas tanah.
3. Mengurangi permeabilitas tanah.
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

Kepadatan tanah diukur dengan berat isi keringnya. Berat volume maksimum adalah berat volume tanpa kantong udara, atau volume tanah maksimum pada

saat jenuh. Jumlah tanah kering setelah pemadatan tergantung pada jenis tanah, kadar air, dan gaya yang diterapkan oleh pemadat (Sembiring dkk, 2016).

Prinsip pemadatan tanah dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini :



**Gam bar 2.2.** Prinsip Pemadatan Tanah (Pratikso, 2013)

Dengan memadatkan tanah, beberapa sifat teknis massa dapat ditingkatkan, menghasilkan beberapa manfaat:

1. Penurunan permukaan tanah atau subsidence menjadi lebih akibat berkurangnya angka pori.
2. Berkurangnya kadar air.
3. Kekuatan tanah bertambah.
4. Berkurangnya penyusutan

## 2.9. LTP (Load Transfer Platform)

*Load Transfer Platform* suatu lapisan untuk mendistribusikan beban timbunan ke komponen kolom vertikal dengan atau tanpa melalui mekanisme *arching*. Load Transfer Platform yang umum digunakan bersifat kaku atau fleksibel. Bahan yang umum digunakan sebagai *Load Transfer Platform* adalah tanah *granural* yang diperkuat dengan *geotextile*, dan/atau pelat beton (Ariyanto, 2018).

### 2.9.1. Material Granular

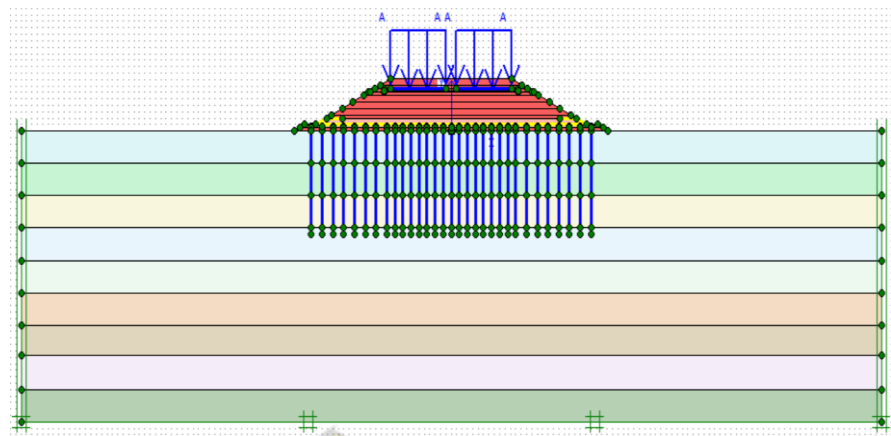
Jika ada lapisan tanah di bawah permukaan tanah yang cukup kaku dan memiliki kedalaman yang memadai, lapisan ini bisa berguna sebagai LTP. Jika di tanah lokasi proyek pada permukaan tanahnya tidak memiliki sifat yang cukup memadai untuk bertindak sebagai LTP maka pengurukan bahan diperlukan untuk menciptakan LTP. Yang melengkung di tanah LTP di atas kolom dianggap sebagai komponen yang perlu untuk melengkapi dalam *transfer stress* dari tanggul ke kolom. Oleh karena itu, penting bahwa tanah di zona mana lengkungan akan dibentuk menjadi bahan gesekan dengan kekuatan geser yang tinggi. Oleh karena itu material granular yang mengisi dianggap sebagai bahan yang ideal untuk membangun LTP. Di atas platform, bahan pengisi lain dapat digunakan untuk membangun sisa tanggul (Yulianto dan Fakhry, 2018).

### 2.9.2. Geosintetik

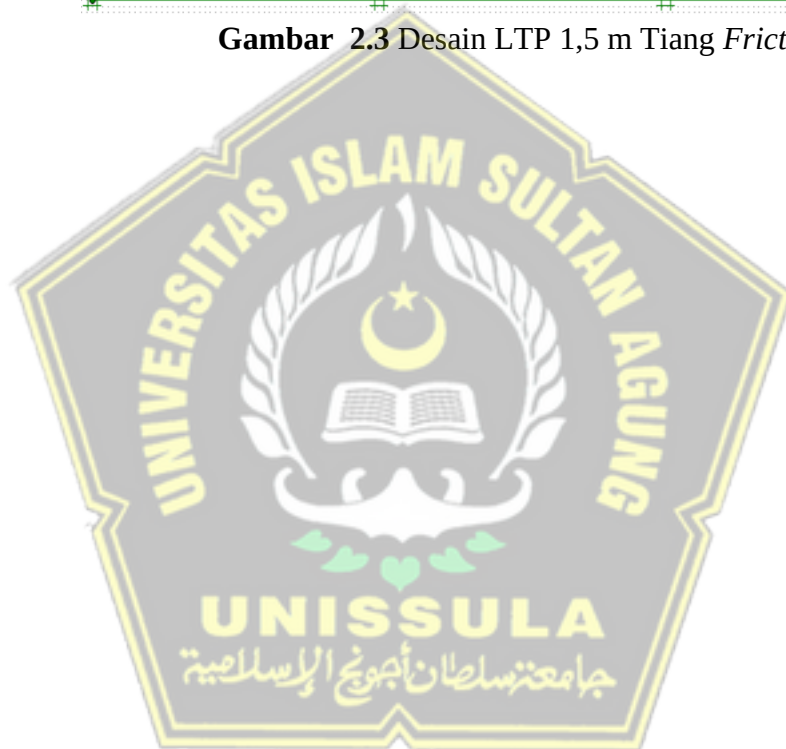
Bahan penguat Geosintetik digunakan untuk membuat *Platform Transfer Beban* (LTP) yang salah satunya lapisan geotekstil kekuatan tinggi atau biasa disebut dengan Geogrid. Jenis dan kekuatan penguatan Geosintetik merupakan fungsi dari model desain yang digunakan untuk analisis metode LTP yaitu *catenary* atau balok, dan jarak antara tiang pancang. Sebagian perancang yang mengharuskan mengisi lapisan bantalan tersebut di tempatkan di antara bagian atas tiang dan penguatan Geosintetik atau *non woven*, jarum akan menekan Geotekstil yang ditempatkan diantara bagian atas tumpukan Geogrid. Dan fungsi utama dari lapisan dasar ini yaitu untuk menghilangkan mengurangi konsentrasi tegangan yang kalau tidak akan terjadi antara bagian tiang pancang dan penguatan.



### 2.9.3. Desain LTP



**Gambar 2.3** Desain LTP 1,5 m Tiang *Friction*



## **BAB III**

### **METODOLOGI**

#### **3.1. Pendahuluan**

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang bertujuan untuk merencanakan dan menganalisis pengaruh variasi tebal *Load Transfer Platform* (LTP) terhadap besarnya penurunan tanah. *Load Transfer Platform* (LTP) yang digunakan diperkuat dengan geosintetik. Dalam merencanakan Tugas Akhir ini menggunakan dua kondisi tiang yaitu dengan kondisi *friction pile* dan *end bearing pile* dengan jarak antar tiang tetap. Sampel tanah yang digunakan diambil di daerah Pasar Waru Semarang yang memiliki jenis tanah lunak dengan data yang diperoleh yaitu terdiri dari data uji Sondir, Borlog dan N-SPT. Didalam Tugas Akhir ini menganalisis besarnya penurunan tanah yang terjadi akibat adanya beban timbunan, beban perkerasan dan juga beban kendaraan di atasnya yang dipengaruhi variasi ketebalan *Load Transfer Platform* (LTP). Dimana perencanaan ini menggunakan program PLAXIS 2 dimensi versi 8.6.

#### **3.2. Pengumpulan Data**

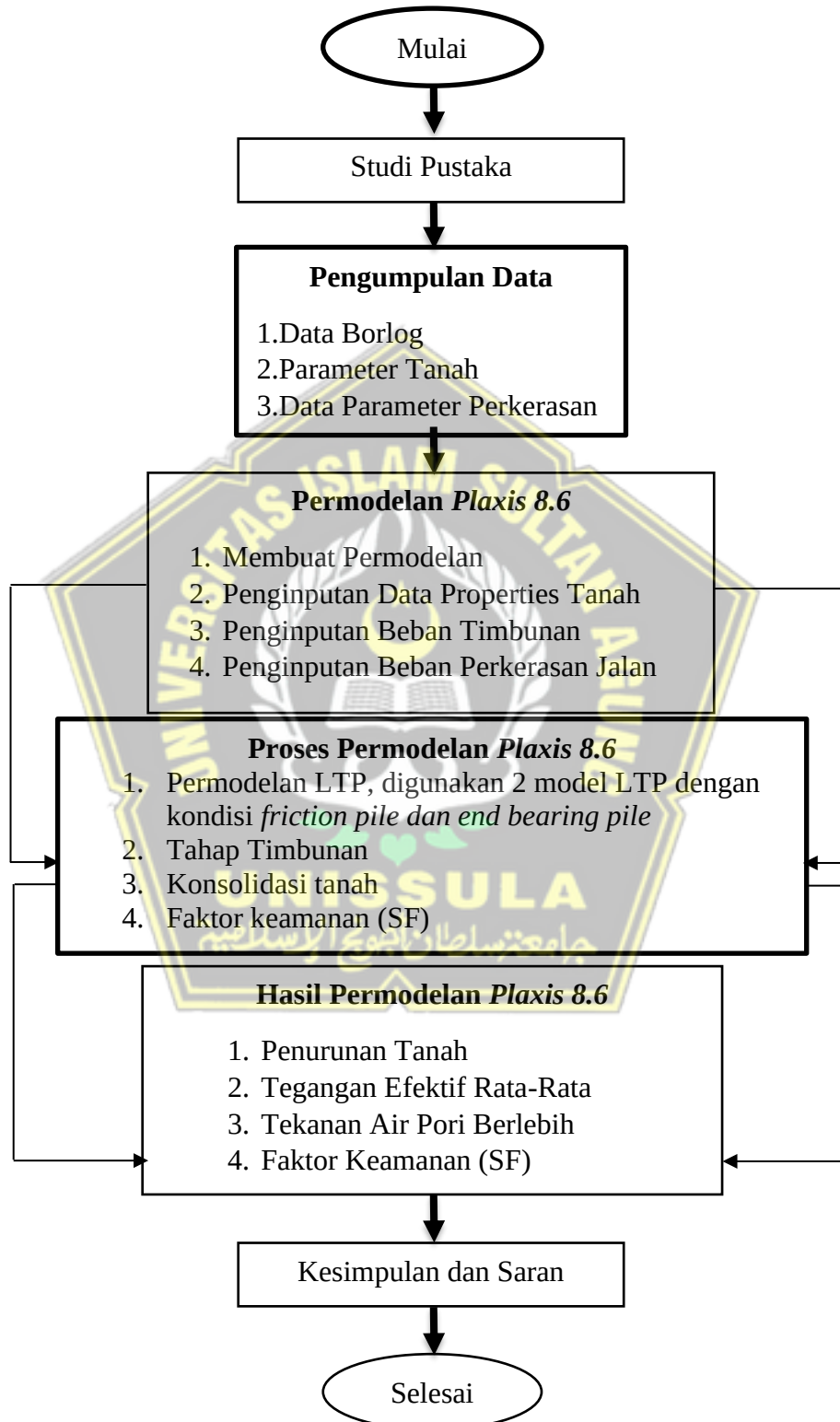
Pada Tugas Akhir ini data yang digunakan adalah data sekunder. Data sekunder yaitu data yang didapat secara tidak langsung oleh peneliti melalui sumber data dari pustaka-pustaka, data teknis yang didapat dari instansi terkait ataupun media perantara yang ada. Data sekunder yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini yaitu berupa data hasil penyelidikan tanah uji sondir, Borlog, dan N-SPT.

#### **3.3. Studi Literatur**

Sumber-sumber yang diambil sebagai sumber literatur atau pustaka yaitu sumber yang didapat dari referensi teori yang berisi dasar-dasar teori yang relevan, diktat dan juga jurnal.

### 3.4. Diagram Alur Perencanaan

Dibawah ini merupakan diagram alur (*flow chart*) dari perencanaan Tugas Akhir yang penulis rencanakan.



Gam bar 3.1 Diagram Alur Metodologi

### 3.5. Pemodelan Menggunakan Program Plaxis 8.6

#### 3.5.1. Analisis Pengolahan Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif sehingga data dapat disesuaikan sebagian data terhadap data-data yang telah diuraikan dengan tetap mengacu pada data primer, sekunder dan asumsi sendiri data yang belum didapatkan. Hasil besaran dan waktu penurunan tanah dapat diketahui dari analisis yang dilakukan.

Data Borlog merupakan data penyelidikan tanah yang didapatkan, kemudian data diuraikan menurut klasifikasinya yaitu kedalaman pengeboran yang dilakukan, NSPT, konsistensi dan deskripsi penggolongan jenis tanah itu sendiri. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mempermudah setiap lapisan tanah diidentifikasi jenis dan sifat tanah yang dideskripsikan seperti pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.1** Data Permodelan

| Jenis Pile    | Jarak | Tebal LTP |
|---------------|-------|-----------|
| Friction Pile | 1,5 m | 1,5 m     |
|               |       | 3 m       |
| End Bearing   | 1,5 m | 1,5 m     |
|               |       | 3 m       |

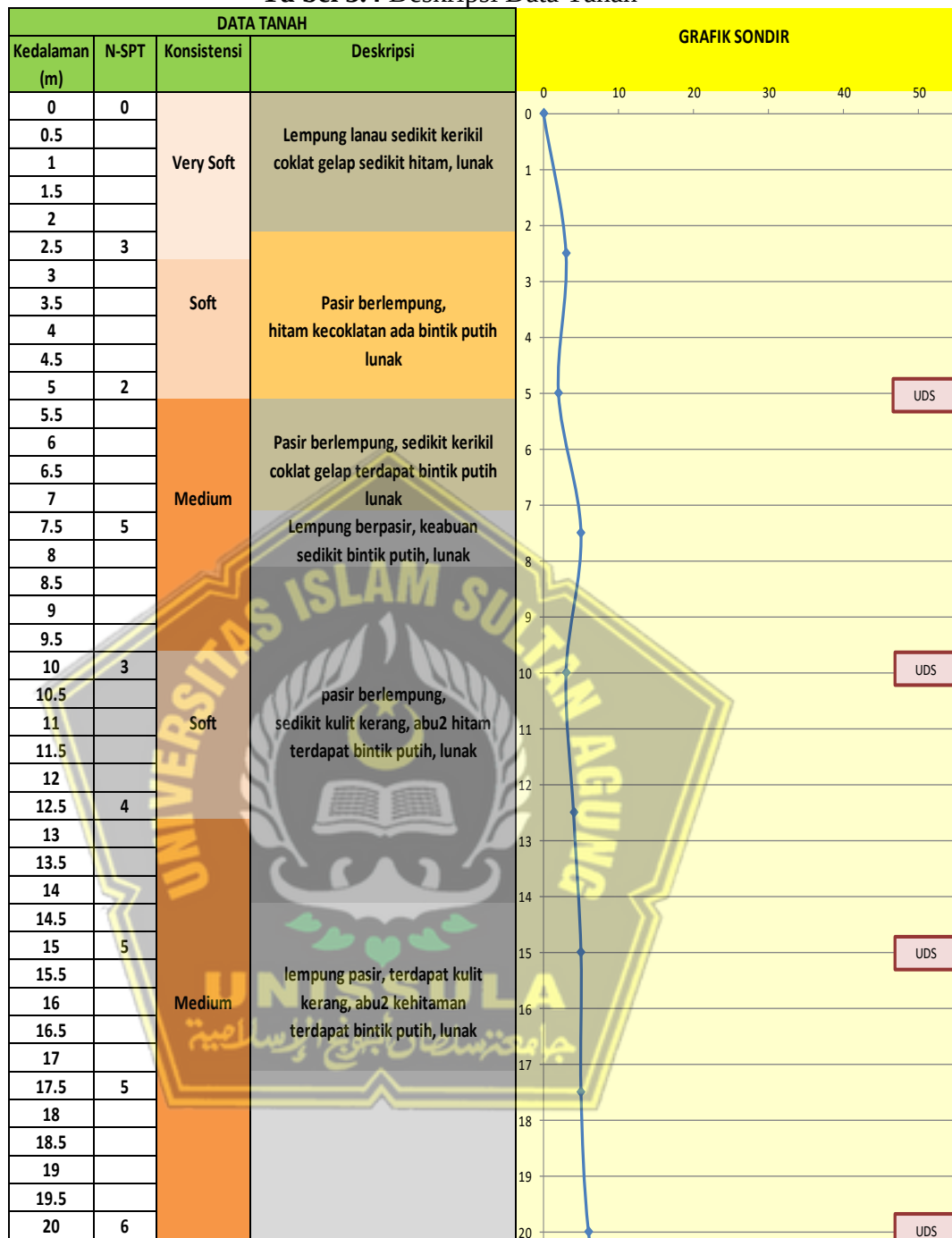
**Tabel 3.2** Parameter Tanah

| DATA TANAH    |             |       |             |       |                                  |       |                        |               |        |         |           |        |
|---------------|-------------|-------|-------------|-------|----------------------------------|-------|------------------------|---------------|--------|---------|-----------|--------|
| Kedalaman (m) | Input Tanah | N-SPT | Konsistensi | E     | Gamma tanah (kN/m <sup>3</sup> ) |       | C (kN/m <sup>2</sup> ) | phi (derajat) | Cc     | Cs      | k (m/day) | e      |
|               |             |       |             |       | unsat                            | sat   |                        |               |        |         |           |        |
| 0.00 - 05.00  | Clay        | 3     | Very soft   | 3000  | 10,19                            | 14,73 | 4,71                   | 31,34         | 0,2492 | 0,02492 | 9,00E-04  | 1,0734 |
| 06.00 - 10.00 | Clay        | 3     | Soft        | 3000  | 10,66                            | 16,62 | 4,71                   | 26,20         | 0,600  | 0,060   | 6,10E-02  | 1,8278 |
| 11.00 - 15.00 | Clay        | 5     | Soft        | 3000  | 9,83                             | 15,86 | 10,30                  | 21,72         | -      | -       | 3,24E-02  | -      |
| 16.00 - 20.00 | Clay        | 6     | Medium      | 3500  | 9,34                             | 15,55 | 7,85                   | 28,32         | -      | -       | 2,03E-02  | -      |
| 21.00 - 25.00 | Clay        | 10    | Stiff       | 33000 | 9,18                             | 15,17 | 35,11                  | 28,32         | -      | -       | 1,77E-02  | -      |
| 26.00 - 30.00 | Clay        | 13    | Stiff       | 33000 | 10,68                            | 15,65 | 34,32                  | 31,34         | -      | -       | 1,06E-02  | -      |
| 31.00 - 35.00 | Clay        | 22    | Very Stiff  | 25000 | 11,33                            | 16,64 | 48,94                  | 26,20         | -      | -       | 9,00E-03  | -      |
| 36.00 - 40.00 | Clay        | 24    | Very Stiff  | 25000 | 11,71                            | 16,67 | 47,37                  | 29,35         | -      | -       | 6,96E-02  | -      |
| 41.00 - 45.00 | Clay        | 27    | Very Stiff  | 25000 | 11,92                            | 16,91 | 52,07                  | 28,32         | -      | -       | 8,56E-03  | -      |

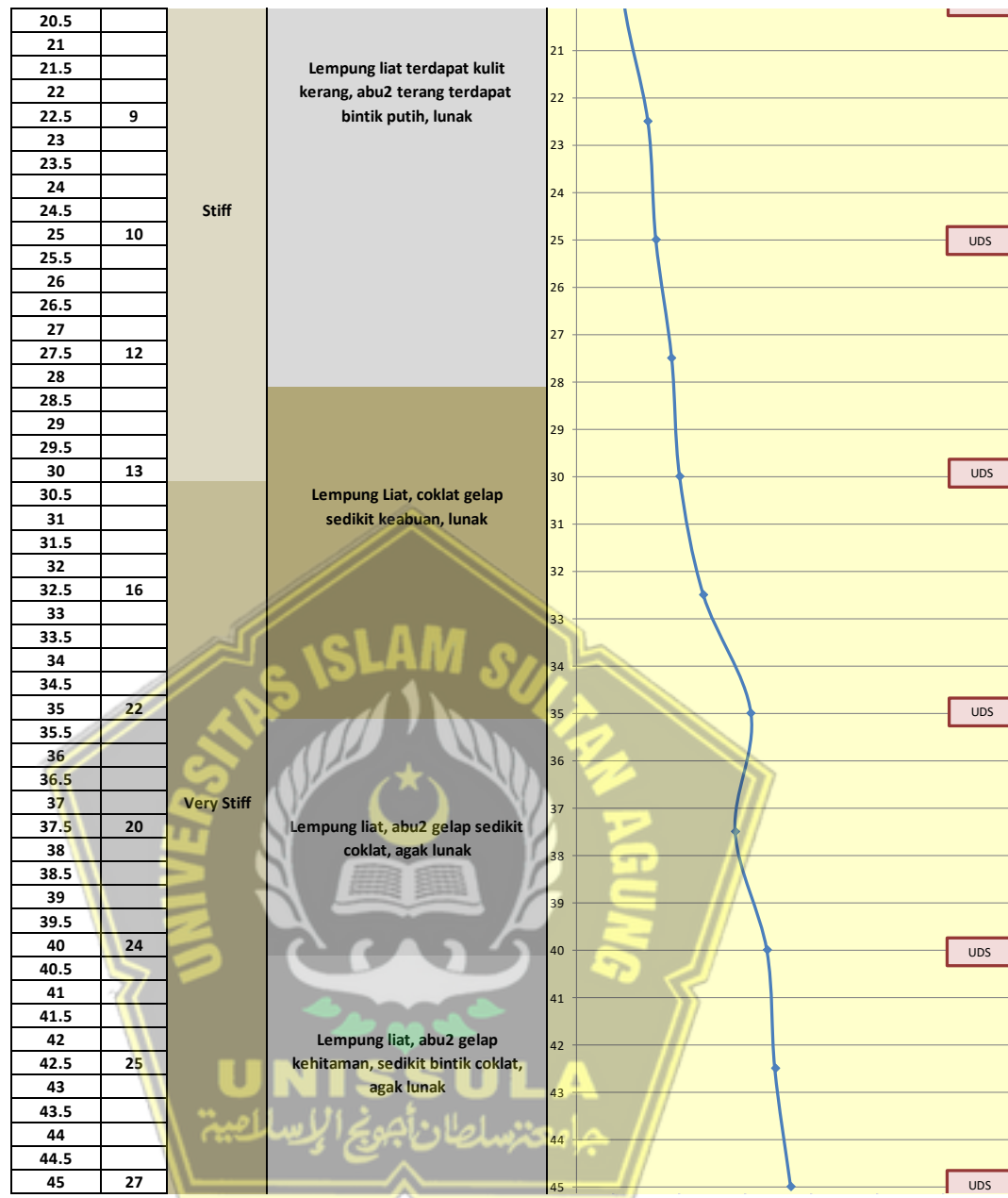
**Tabel 3.3** Tabel Parameter Timbunan dan Perkerasan

| No | Jenis Material          | Model        | Type       | $\gamma_{unsat}$ | $\gamma_{sat}$ | $k_x$ (m/day) | $k_y$ (m/day) | $E_{ref}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\nu$ | $C_{ref}$ (Cu) | $\phi$ | $\Psi$ |
|----|-------------------------|--------------|------------|------------------|----------------|---------------|---------------|--------------------------------|-------|----------------|--------|--------|
| 1  | Agregat Class A 90%     | Elastic      | Drained    | 20               | 21             | 1             | 1             | 5,00E+04                       | 0,200 | 1,00           | 35,00  | 0      |
| 2  | Agregat Class B 90%     | Elastic      | Drained    | 18               | 20             | 0,806         | 0,806         | 3,50E+04                       | 0,200 | 5,00           | 30,00  | 0      |
| 3  | Concrete                | Non-Porous   | Non-porous | 23               | 23             | 0             | 0             | 2,57E+07                       | 0,150 | -              | -      | -      |
| 4  | Lean Concrete PBTR      | Non-Porous   | Non-porous | 23               | 23             | 0             | 0             | 2,57E+06                       | 0,150 | -              | -      | -      |
| 5  | Tanah Timbunan N11 PBTR | Mohr Coulomb | Drained    | 16               | 19             | 0,1           | 0,1           | 1,10E+04                       | 0,3   | -              | -      | -      |

Ta bel 3.4 Deskripsi Data Tanah



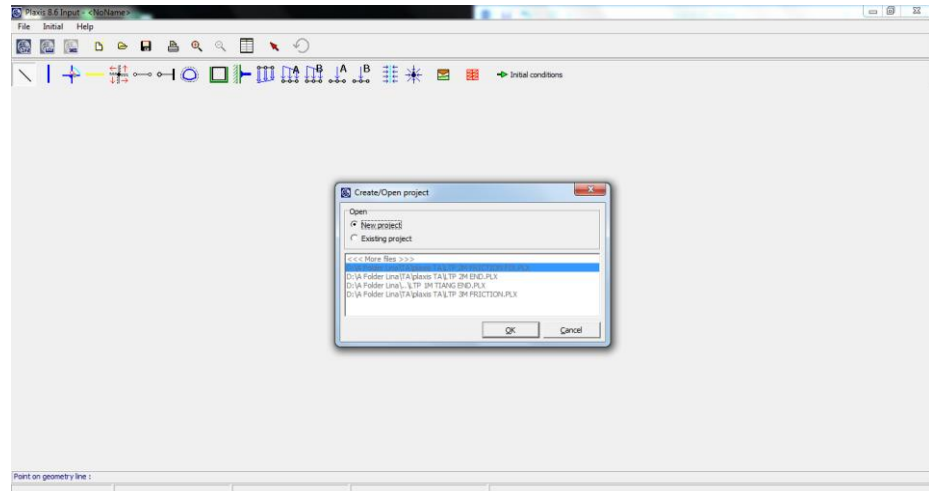




Berikut merupakan langkah – langkah yang dilakukan dalam input program PLAXIS 8.6 :

➤ PLAXIS Input 8.6

- Dijalankan dengan mengklik kiri 2x program PLAXIS input 8.6 untuk membuka program, akan muncul kotak dialog *Create/Open project* yang dapat dilihat pada Gambar 3.2. Dipilih *New Project* dan diklik OK.

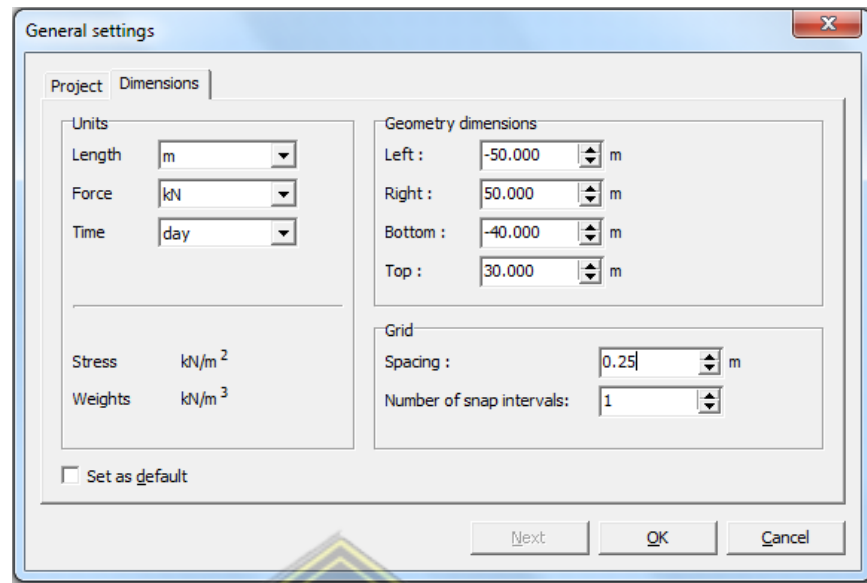


**Gambar 3.2** Kotak Dialog *Create/Open project – New Project*

- Kotak Dialog *General Setting* akan muncul seperti pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 dimana terdapat dua halaman tab ialah tab *sheet project* dan *dimensions*.



**Gambar 3.3** Kotak Dialog *General Setting - Project*



**Gambar 3.4** Kotak Dialog *General Setting – Dimensions*

- Kotak dialog *Toolbar* akan muncul seperti pada Gambar 3.5 setelah mengklik OK pada kotak dialog *General Setting*.



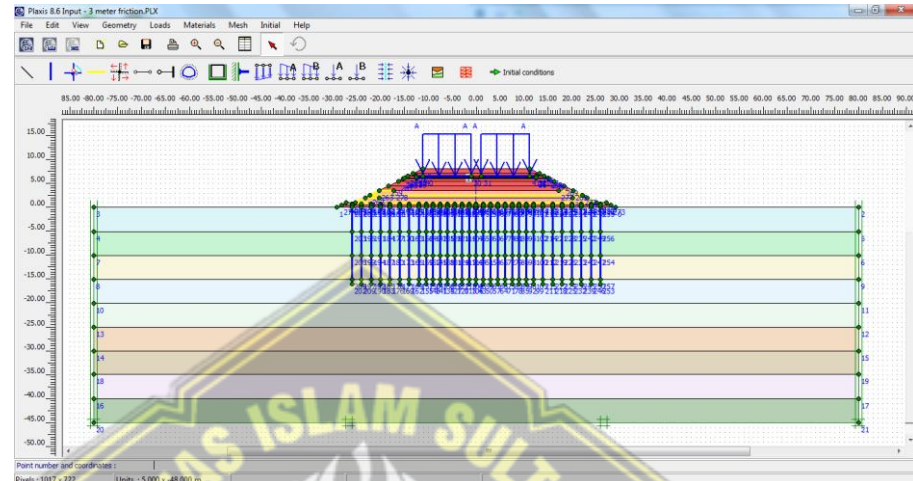
**Gambar 3.5** Kotak Dialog *Toolbar*

Setelah melaksanakan penginputan pada kotak dialog *General Setting* maka muncul area gambar untuk membuat objek gambar yang dapat dipilih dari tombol ikon pada *toolbar*. Dengan koordinat sumbu X arah horizontal dan sumbu Y arah vertikal.

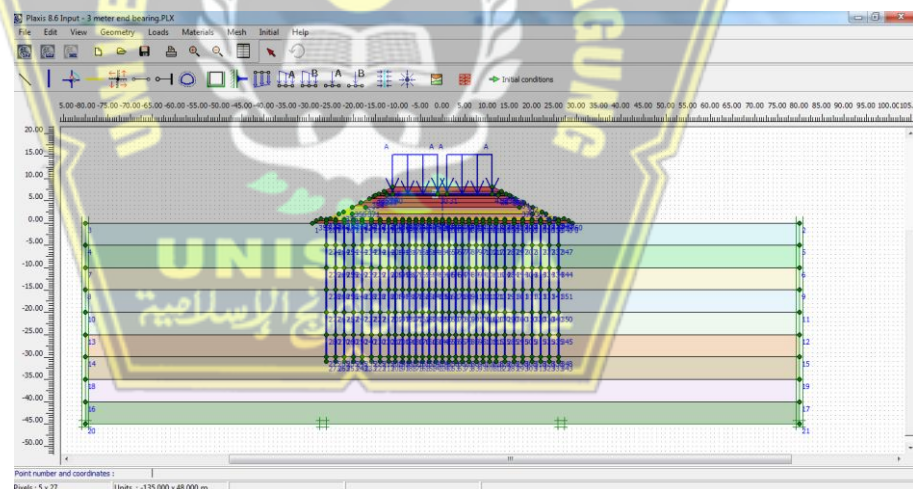
Selanjutnya pada permodelan penampang melintang dapat menggunakan *toolbar Geometry line* atau memasukkan koordinat pada *point on geometry line* pada sisi bawah halaman tampilan PLAXIS.

Pemberian kondisi batas menggunakan *Standart Fixites* (kekakuan

standar) yang memodelkan lapisan tanah terjepit sempurna. Bentuk permodelan geometri yang direncanakan seperti pada Gambar 3.6 dan Gambar 3.7. Permodelan geometri yang direncanakan terdiri dari 1 permodelan yaitu permodelan dengan *Load Transfer Platform* (LTP) tebal 3 m dalam kondisi *Friction Pile* dan *End Bearing Pile*.



**Gambar 3.6** Pemodelan Geometri Penampang Melintang Jepit Standar (*Standart Fixities*) dengan kondisi *Friction Pile*



**Gambar 3.7** Pemodelan Geometri Penampang Melintang Jepit Standar (*Standart Fixities*) dengan kondisi *End Bearing Pile*

### 3.5.2. Penginputan Data

Data profil yang digunakan dalam menganalisis pada program PLAXIS 8.6 didapatkan dari penginputan parameter pada *Materila Sets* yaitu :

A. Tanah Asli, Timbunan dan *Load Transfer Platform* (LTP)

*Mohr-Coloumb* dipilih sebagai model tanah yang digunakan dalam menganalisis seperti pada Gambar 3.8, Gambar 3.9, dan Gambar 3.10 dengan parameter yang dibutuhkan sebagai berikut :

- Berat volume tanah jenuh air ( $\gamma_{sat}$ ), yaitu ruang pori terisi penuh oleh air
- Berat volume tanah tak jenuh air ( $\gamma_{unsat}$ )
- Permeabilitas arah horizontal ( $k_s$ ), yaitu meresapnya air ke dalam tanah melalui celah tanah ke arah horizontal
- Permeabilitas arah vertikal ( $k_v$ ), yaitu terserapnya air ke dalam tanah melalui celah tanah ke arah vertikal
- Modulus Elastisitas ( $E$ ), yaitu angka yang digunakan untuk mengukur objek atau kekuatan bahan
- *Poisson rasio* ( $\mu$ ), yaitu konstanta elastisitas yang dimiliki oleh setiap material
- Kohesi ( $c$ ), yaitu gaya Tarik menarik antara partikel sejenis
- Sudut geser ( $\phi$ ), yaitu dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser didalam material tanah atau batuan
- Sudut dilatasi ( $\psi$ ), yaitu sambungan atau pemisah pada bangunan karena sesuatu hal memiliki sistem struktur berdeda

Pemberian material lapisan tanah ini sesuai dengan data yang telah ditentukan dan didapatkan sebelumnya yaitu data tanah Pasar Waru pada *Material Sets*. Pengisian dilakukan dengan cara menyeret data setiap lapisan dari jendela *Material Sets* ke lapisan tanah seperti pada Gambar 3.11.



Mohr-Coulomb - very soft clay

General Parameters Interfaces

Material set

Identification:

Material model:

Material type:

General properties

$\gamma_{\text{unsat}}$   kN/m<sup>3</sup>

$\gamma_{\text{sat}}$   kN/m<sup>3</sup>

Comments

Permeability

$k_x$  :  m/day

$k_y$  :  m/day

Advanced...

SoilTest Next OK Cancel

**Gambar 3.8** *Properties* Lapisan Tanah – Tab *General*

Mohr-Coulomb - very soft clay

General Parameters Interfaces

Stiffness

$E_{\text{ref}}$  :  kN/m<sup>2</sup>

$\nu$  (nu) :

Strength

$c_{\text{ref}}$  :  kN/m<sup>2</sup>

$\phi$  (phi) :  °

$\psi$  (psi) :  °

Alternatives

$G_{\text{ref}}$  :  kN/m<sup>2</sup>

$E_{\text{oed}}$  :  kN/m<sup>2</sup>

Velocities

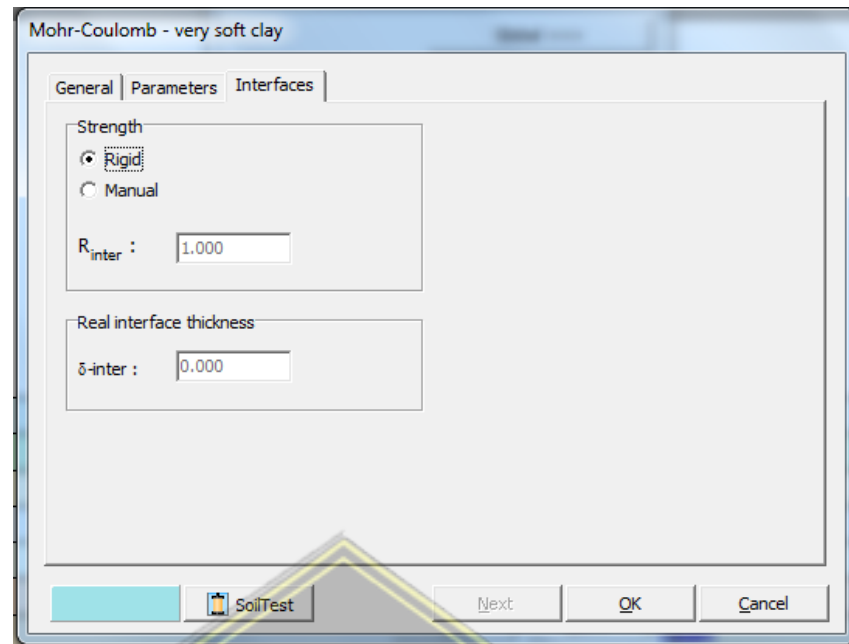
$V_s$  :  m/s

$V_p$  :  m/s

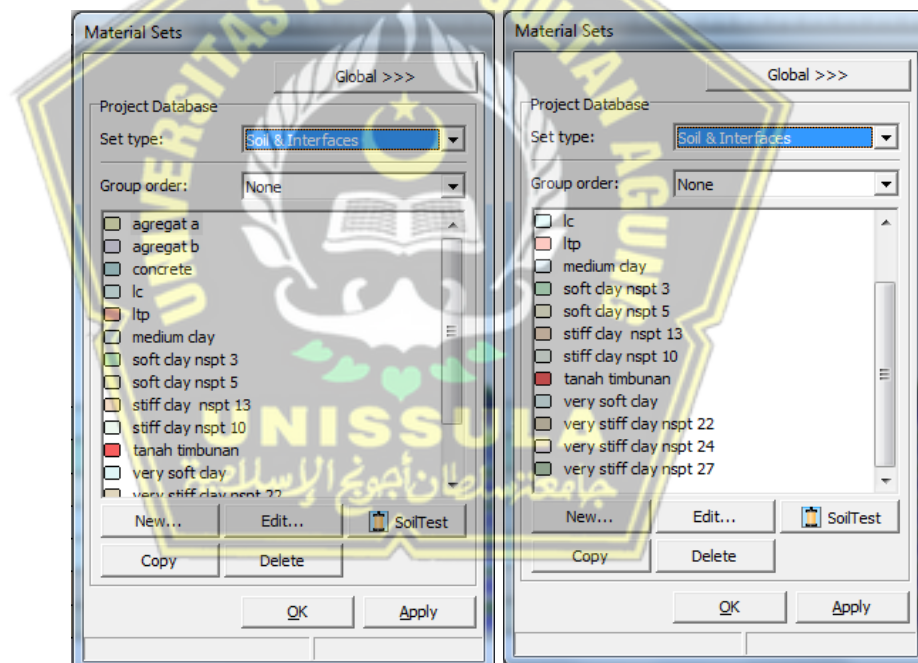
Advanced...

SoilTest Next OK Cancel

**Gambar 3.9** *Properties* Lapisan Tanah – Tab *Parameters*



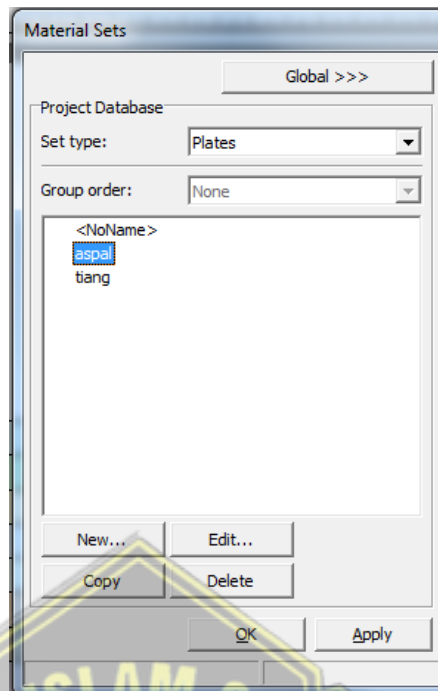
**Gambar 3.10.** *Properties* Lapisan Tanah – Tab *Interfaces*



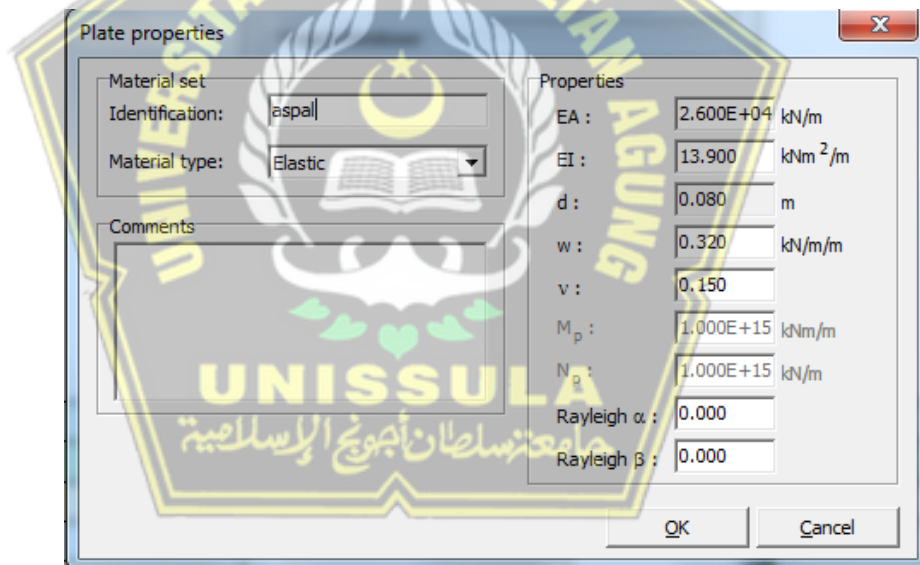
**Gambar 3.11.** *Material Sets*

## **B. Material Lapis Jalan Aspal**

Pada *Material Sets* untuk lapis jalan aspal menggunakan tipe *plates*. Penginputan data material untuk lapis jalan ditunjukkan dalam kotak dialog *Plates* pada Gambar 3.12 dan 3.13.



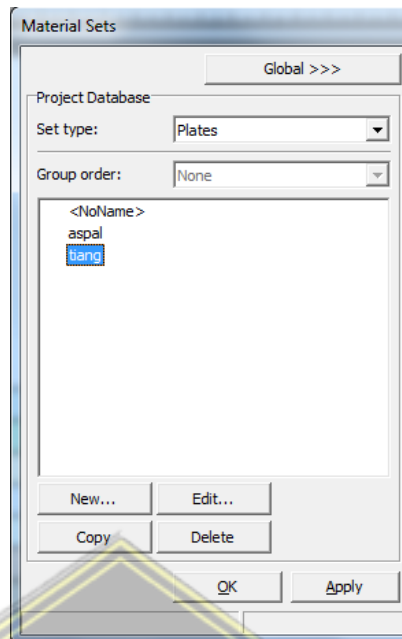
**Gambar 3.12.** *Material Sets* Lapis Jalan Aspal



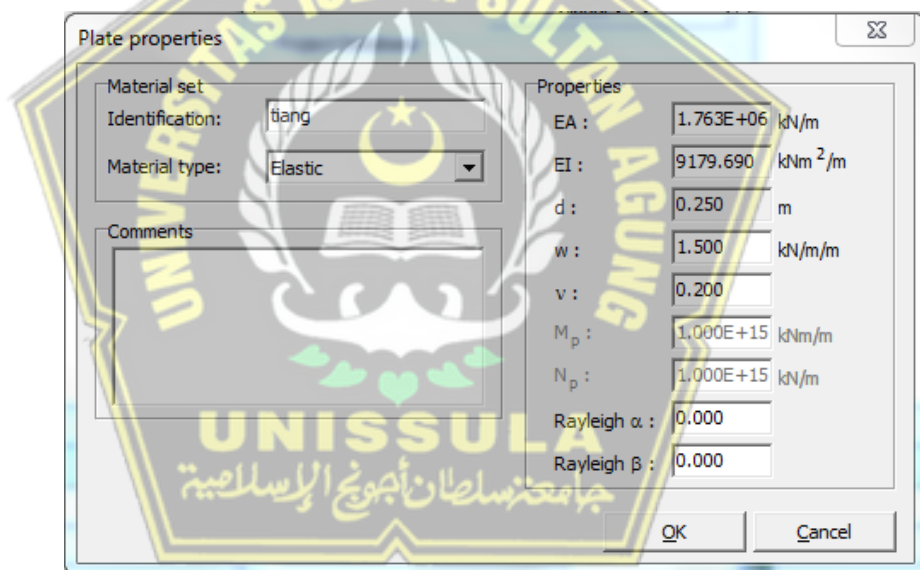
**Gambar 3.13.** *Properties* Lapis Jalan Aspal

### C. Material Tiang Pancang

Pada *Material Sets* untuk tiang pancang menggunakan tipe *plates*. Penginputan data material untuk tiang pancang ditunjukkan dalam kotak dialog *Plates* pada Gambar 3.14 dan 3.15.



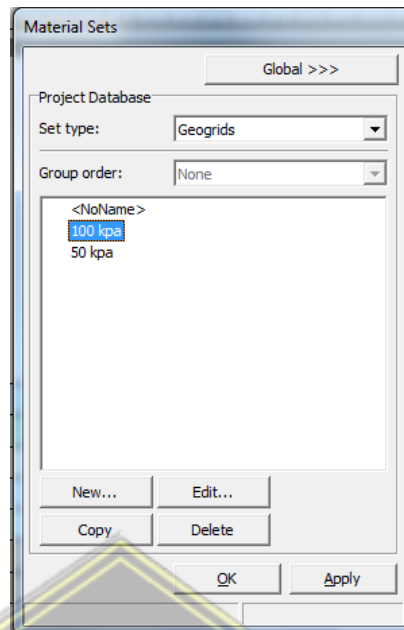
**Gambar 3.14.** *Material Sets* Tiang Pancang



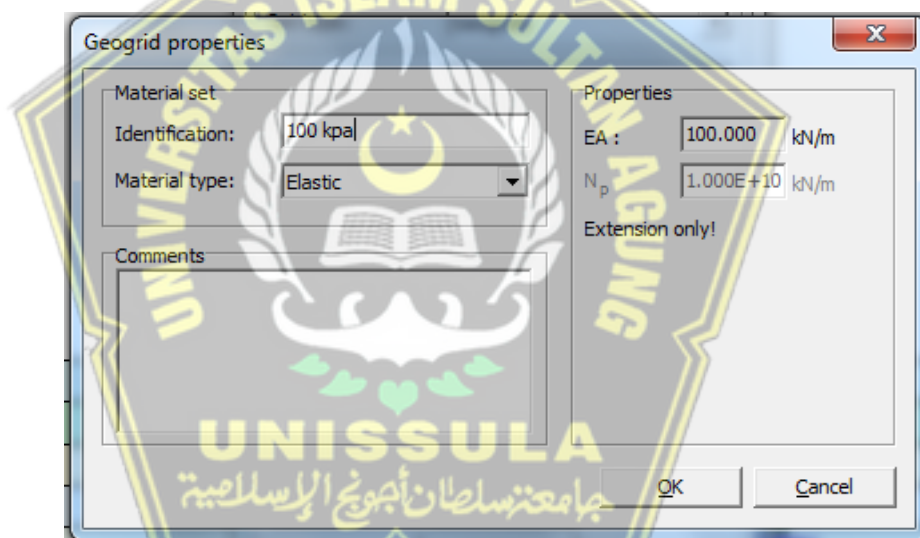
**Gambar 3.15.** *Properties* Tiang Pancang

#### **D. Material Geosintetik**

*Load Transfer Platform* (LTP) yang digunakan untuk menganalisis diperkuat dengan Geosintetik 100 kPa. Pada *Material Sets* untuk Geosintetik menggunakan tipe *geogrid* seperti pada Gambar 3.16 . Penginputan material geogrid ditunjukkan dalam kotak dialog *Geogrid Properties* pada Gambar 3.17.



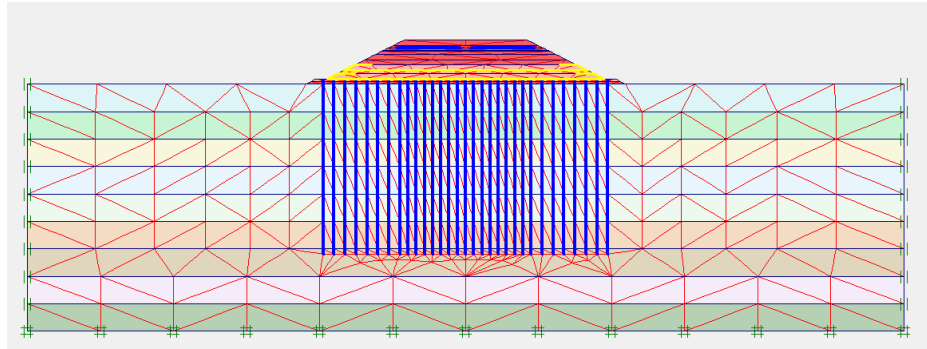
**Gambar 3.16.** *Material Sets Geogrid*



**Gambar 3.17.** *Properties Geogrid*

- E. Menyusun Jaringan Elemen (*MeshGeneration*) pada program PLAXIS 8.6 Material di *mesh fine* pada *toolbar Generate Mesh*, kemudian diklik *update*. Tanah dibagi kedalam elemen-elemen diskret adalah fungsi dari *Mesh Generation* atau penyusunan jaringan elemen. Tampilan *Mesh Generation* dapat dilihat pada Gambar 3.18.





**Gambar 3.18.** Mesh Generation Penampang Melintang

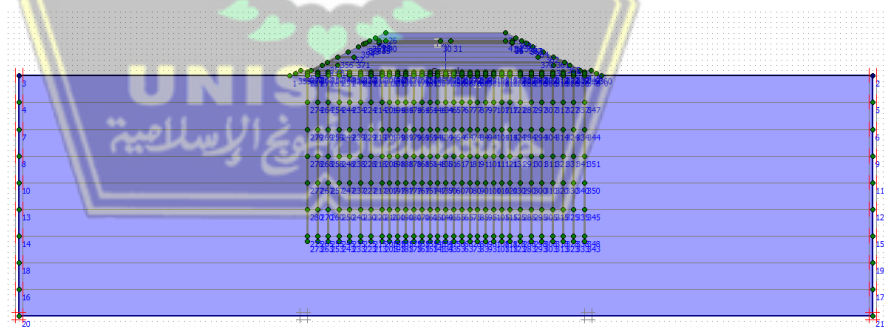
#### F. Kondisi Awal (*Initial Condition*)

Untuk menganalisis besarnya air tanah pada pemodelan menggunakan *Initial Conditional*. *Initial Condition* yaitu kondisi yang digunakan untuk menentukan garis ketinggian muka air tanah (*phreatic line*), dengan berat jenis air tersebut  $1 \text{ kN/m}^3$ .

Pada pemodelan geometri penetapan kondisi awal harus dilakukan. Empat tahap pada kondisi awal tersebut yaitu :

- Tahap ke-1 Penentuan muka air tanah (*Phreatic Level*)

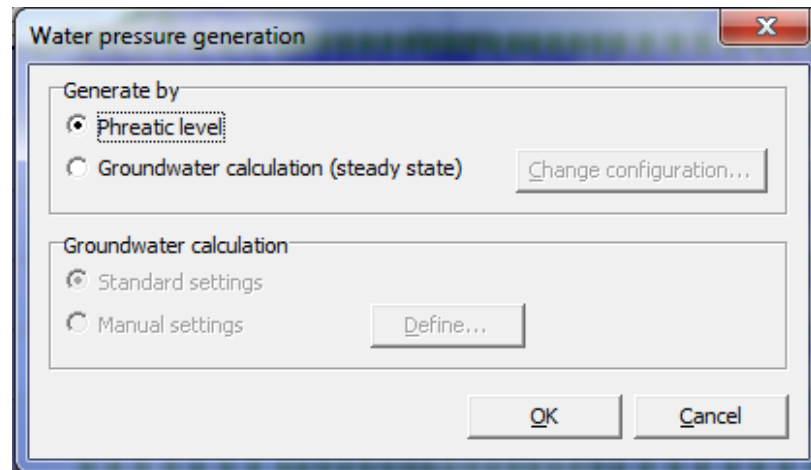
Dengan mengklik ikon toolbar  ketinggian muka air tanah pada pemodelan ini yaitu 0,0 meter dibawah permukaan tanah asli. Bentuk muka air tanah pada pemodelan ini seperti pada Gambar 3.19.



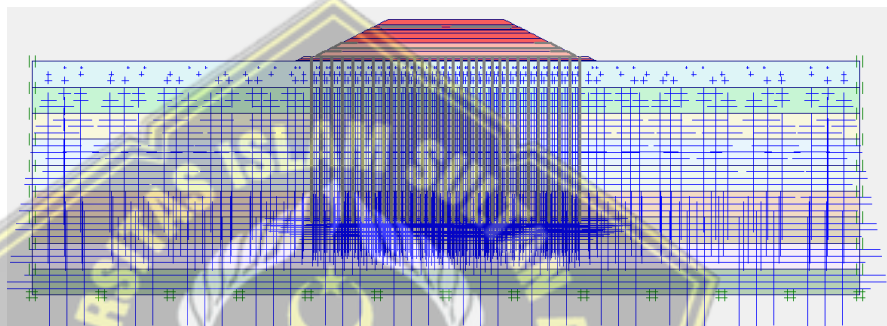
**Gambar 3.19.** Tinggi Permukaan air tanah (*Phreatic Level*)

- Tahap ke-2 Mengaktifkan tekanan air pori (*Generate Water Pressure*)

Dengan mengklik toolbar  untuk mengaktifkan tekanan air pori (*Generate Water Pressure*), akan muncul kotak dialog *Water pressure generation* seperti Gambar 3.20 kemudian diklik OK. Setelah mengklik OK di kotak dialog *Water pressure generation* lalu muncul gambar seperti pada Gambar 3.21 kemudian di klik *Update*.



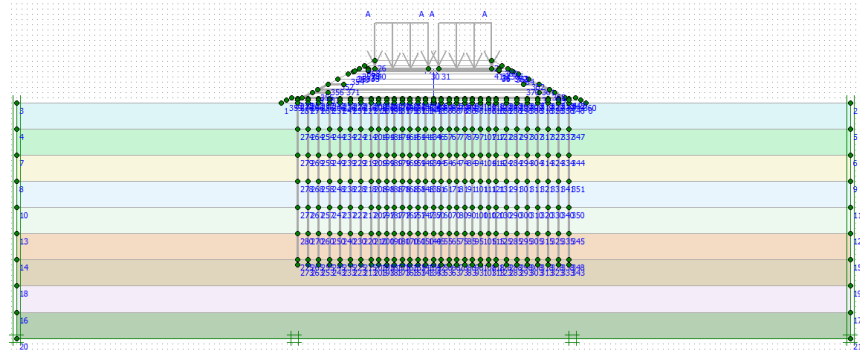
**Gambar 3.20.** *Water pressure generation – Phreatic level*



**Gambar 3.21.** *Tekanan air aktif (Active Pore Water Pressure)*

- Tahap ke-3 Mengaktifkan konfigurasi geometri (*activation geometry mode*)

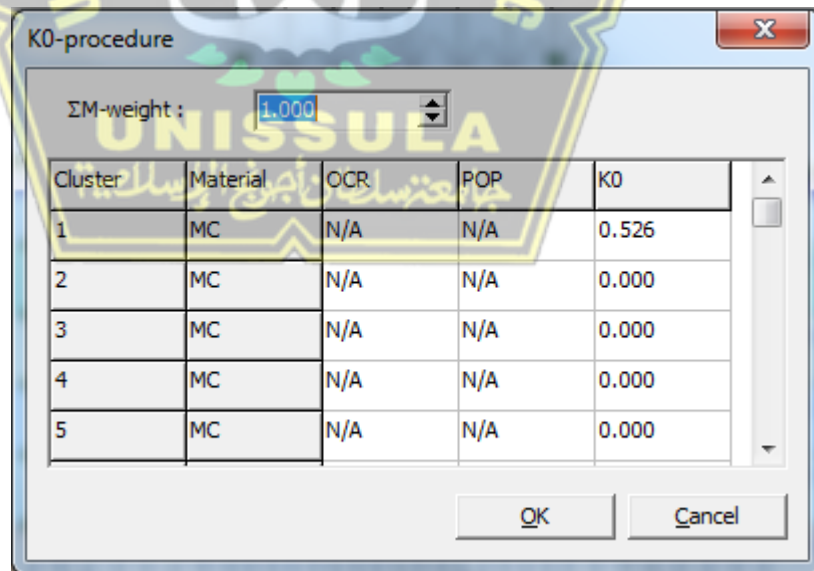
Semua unsur model yang digariskan pada tahap persiapan geometri sebelumnya dinonaktifkan oleh PLAXIS secara *default*. Beberapa unsur awalnya tidak aktif pada pemodelan geometri, sehingga harus diaktifkan terlebih dahulu pada mode ini. Klik ikon pada bilah alat untuk mengaktifkan komponen komposisi geometri . Selanjutnya mematikan melalui cara mengklik LTP, timbunan dan juga agregat sampai berwarna putih seperti pada Gambar 3.22.



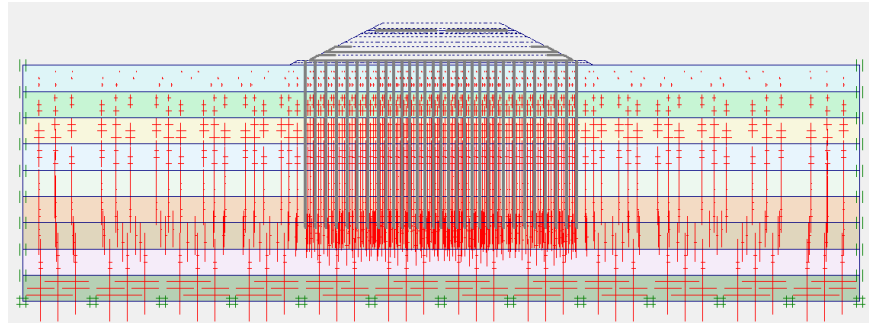
**Gambar 3.22.** Pengaktifan Konfigurasi Geometri

- Tahap ke-4 Mengaktifkan tekanan efektif tanah (*Generate Initial Stress*)

Berat material dan sejarah formasi mempengaruhi tegangan awal. Tegangan vertikal awal umumnya menandai status tegangan,  $S_{n,0}$  yang dihubungkan oleh koefisien tekanan bumi lateral  $K_0$ . Angka default diberikan berdasarkan rumus Jaky ( $1 - \sin \phi$ ). Tegangan awal (*Initial Stress Generation  $K_0$  – procedure*) dapat diaktifkan dengan cara mengklik ikon toolbar ,  $K_0$ -procedure ditunjukkan seperti pada Gambar 3.23 dan *Generate Initial Stress* ditunjukkan pada Gambar 3.24.



**Gambar 3.23.**  $K_0$  – procedure



**Gambar 3.24.** Generate Initial Stress

### **3.5.3.Perhitungan**

Perhitungan yang dilakukan diantaranya yaitu analisis plastis, konsolidasi dan reduksi  $\phi$ - $c$ . Perhitungan dilakukan setelah pembuatan pemodelan geometri dan penginputan parameter-parameter selesai. Faktor-faktor pengali yang bersangkutan diatur dengan diaktifkannya perpindahan dan beban sebagai fungsi dari waktu.

### **3.5.4.Hasil Analisis Pemodelan Menggunakan Program PLAXIS 8.6**

Analisis dilakukan bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi tebal *Load Transfer Platform* (LTP) terhadap besarnya penurunan tanah yang terjadi.

### **3.6. Kesimpulan dan Saran**

Hasil analisis dari pemodelan disimpulkan dari pengolahan data & mengacu dalam utama pembahasan menggunakan singkat daan jelas.

### **3.7. Penyusunan Laporan**

Penyusunan laporan Laporan dibuat setelah menerima hasil analisis data. Laporan tersebut berisi hasil dari tahap pemodelan dan analisis pemodelan yang dilakukan. Output dari program PLAXIS 8.6 merupakan hasil yang diperoleh dari perhitungan yang telah dilakukan.

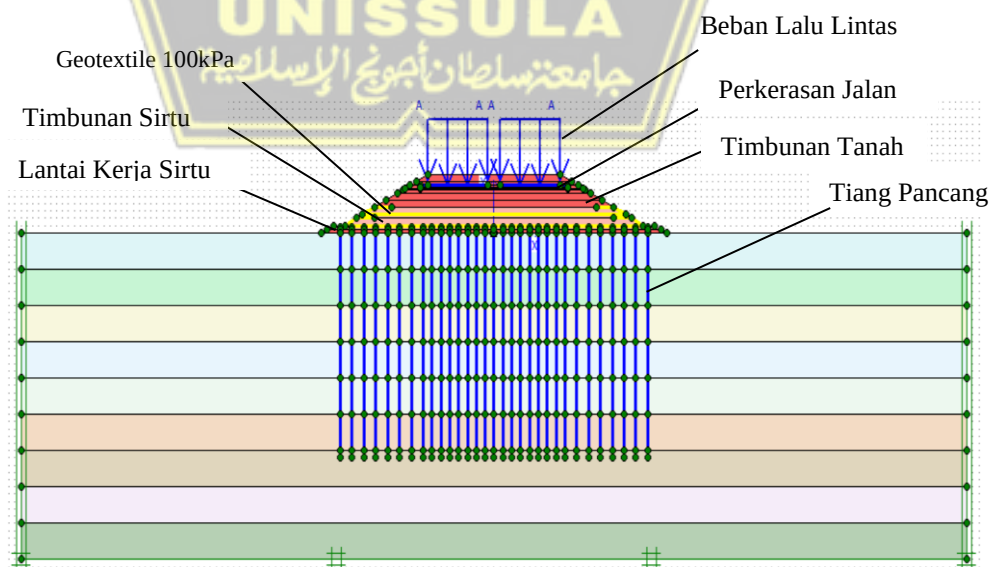
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Tinjauan Umum

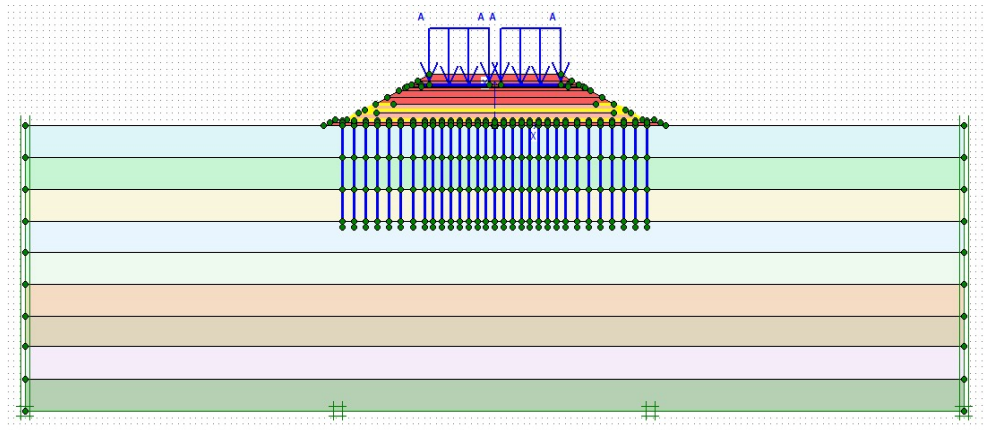
Dalam penyusunan Tugas Akhir pada sub bab ini ialah menganalisa data sekunder nan telah diperoleh dari hasil pengolahan data tanah yang didapatkan dari Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Unissula dan jurnal perkerasan jalan. Analisis pengaruh ketebalan *load transfer platform* terhadap penurunan tanah dilakukan perhitungan menggunakan *software* Plaxis 8.6. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui derajat penurunan tanah (*displacement*), tegangan efektif (*effective stress*), dan faktor keamanan (*factor of safety*). dengan adanya variasi lapisan *Load Transfer Platform* atau LTP. Pada penelitian ini digunakan beberapa varian ketebalan LTP dengan ketebalan 1,5 meter dan 3 meter. Dimana penggunaan *minipile* digunakan sebagai tumpuannya, menggunakan ukuran 25 cm x 25 cm dan jarak antar *minipile* pada daerah tengah yaitu 1,5 meter dan pada daerah ujung dengan jarak 2 meter.

Berikut adalah bentuk permodelan variasi ketebalan load transfer platform atau LTP.

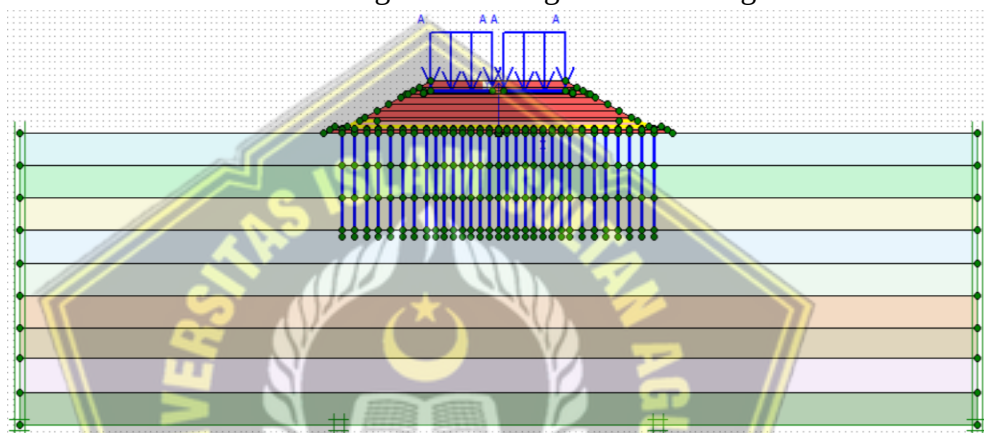


**Gambar 4.1** Potongan Melintang LTP 3m Tiang *End Bearing*

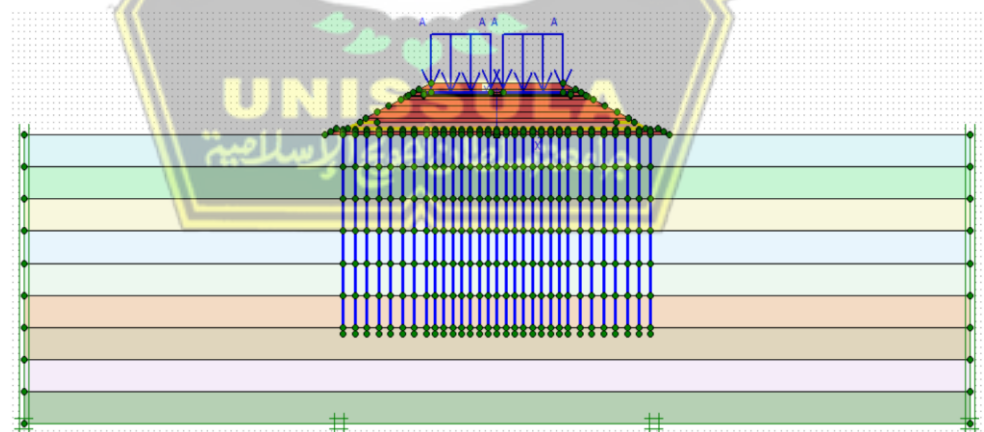




**Gambar 4.2** Potongan Melintang LTP 3m *Tiang Friction*



**Gambar 4.3** Potongan Melintang LTP 1,5m *Tiang Friction*



**Gambar 4.4** Potongan Melintang LTP 1,5m *Tiang End Bearing*

## 4.2. Parameter Desain

### 4.2.1. Parameter Tanah

Parameter tanah dasar pada permodelan diatas dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Parameter Tanah

| DATA TANAH    |             |       |             |       |                                  |       |                        |                |        |         |              |        |
|---------------|-------------|-------|-------------|-------|----------------------------------|-------|------------------------|----------------|--------|---------|--------------|--------|
| Kedalaman (m) | Input Tanah | N-SPT | Konsistensi | E     | Gamma tanah (kN/m <sup>3</sup> ) |       | C<br>kN/m <sup>2</sup> | phi<br>derajat | Cc     | Cs      | k<br>(m/day) | e      |
|               |             |       |             |       | Unsat                            | sat   |                        |                |        |         |              |        |
| 0.00 - 05.00  | Clay        | 3     | Very soft   | 3000  | 10,19                            | 14,73 | 4,71                   | 31,34          | 0,2492 | 0,02492 | 9,00E-04     | 1,0734 |
| 06.00 - 10.00 | Clay        | 3     | Soft        | 3000  | 10,66                            | 16,62 | 4,71                   | 26,20          | 0,600  | 0,060   | 6,10E-02     | 1,8278 |
| 11.00 - 15.00 | Clay        | 5     | Soft        | 3000  | 9,83                             | 15,86 | 10,30                  | 21,72          | -      | -       | 3,24E-02     | -      |
| 16.00 - 20.00 | Clay        | 6     | Medium      | 3500  | 9,34                             | 15,55 | 7,85                   | 28,32          | -      | -       | 2,03E-02     | -      |
| 21.00 - 25.00 | Clay        | 10    | Stiff       | 33000 | 9,18                             | 15,17 | 35,11                  | 28,32          | -      | -       | 1,77E-02     | -      |
| 26.00 - 30.00 | Clay        | 13    | Stiff       | 33000 | 10,68                            | 15,65 | 34,32                  | 31,34          | -      | -       | 1,06E-02     | -      |
| 31.00 - 35.00 | Clay        | 22    | Very Stiff  | 25000 | 11,33                            | 16,64 | 48,94                  | 26,20          | -      | -       | 9,00E-03     | -      |
| 36.00 - 40.00 | Clay        | 24    | Very Stiff  | 25000 | 11,71                            | 16,67 | 47,37                  | 29,35          | -      | -       | 6,96E-02     | -      |
| 41.00 - 45.00 | Clay        | 27    | Very Stiff  | 25000 | 11,92                            | 16,91 | 52,07                  | 28,32          | -      | -       | 8,56E-03     | -      |

Pada Tabel 4.1 menggunakan permodelan material *Mohr Coulumb* dengan tipa material *Undrained*.

### 4.2.2. Parameter Perkerasan dan Timbunan

Parameter tanah timbunan dan material perkerasan jalan untuk permodelan Tiang Pancang dapat ditunjukkan pada Tabel 4.2. dan Tabel 4.3

**Tabel 4.2** Parameter Perkerasan Jalan

| No | Jenis Material          | Model        | Type       | $\gamma_{\text{Unsat}}$ | $\gamma_{\text{sat}}$ | $k_x$ (m/day) | $k_y$ (m/day) | $E_{\text{ref}}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\nu$ | $C_{\text{ref}}$ (Cu) | $\emptyset$ | $\Psi$ |
|----|-------------------------|--------------|------------|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------------------------------|-------|-----------------------|-------------|--------|
| 1  | Agregat Class A 90%     | Elastic      | Drained    | 20                      | 21                    | 1             | 1             | 5,00E+04                              | 0,200 | 1,00                  | 35,00       | 0      |
| 2  | Agregat Class B 90%     | Elastic      | Drained    | 18                      | 20                    | 0,806         | 0,806         | 3,50E+04                              | 0,200 | 5,00                  | 30,00       | 0      |
| 3  | Concrete                | Non-Porous   | Non-porous | 23                      | 23                    | 0             | 0             | 2,57E+07                              | 0,150 | -                     | -           | -      |
| 4  | Lean Concrete PBTR      | Non-Porous   | Non-porous | 23                      | 23                    | 0             | 0             | 2,57E+06                              | 0,150 | -                     | -           | -      |
| 5  | Tanah Timbunan N11 PBTR | Mohr Coloumb | Drained    | 16                      | 19                    | 0,1           | 0,1           | 1,10E+04                              | 0,3   | -                     | -           | -      |

**Tabel 4.3** Parameter Timbunan

| No | Tipe                    | Model        | Type    | $\gamma_{\text{Unsat}}$ | $\gamma_{\text{sat}}$ | $k_x$ (m/day) | $k_y$ (m/day) | $E_{\text{ref}}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\nu$ |
|----|-------------------------|--------------|---------|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------------------------------|-------|
| 1  | Tanah Timbunan N11 PBTR | Mohr Coloumb | Drained | 16                      | 19                    | 0,1           | 0,1           | 1,10E+04                              | 0,3   |

#### 4.2.3. Parameter Tiang Pancang dan Geosintetik

**Tabel 4.4** Parameter Tiang Pancang dan Geosintetik

| Jenis Material | Model   | Type | $\gamma_{\text{Unsat}}$ | $\gamma_{\text{sat}}$ | $k_x$ (m/day) | $k_y$ (m/day) | $E_{\text{ref}}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | $\nu$ | $C_{\text{ref}}$ (Cu) | $\emptyset$ | $\Psi$ | EA (kN/m) | EI (kN/m) | d    | W   |
|----------------|---------|------|-------------------------|-----------------------|---------------|---------------|---------------------------------------|-------|-----------------------|-------------|--------|-----------|-----------|------|-----|
| Tiang Pancang  | Elastic | -    | -                       | -                     | -             | -             | -                                     | 0,2   | -                     | -           | -      | 1762500   | 9179,69   | 0,25 | 1,5 |
| Geogrid        | Elastic | -    | -                       | -                     | -             | -             | -                                     | -     | -                     | -           | -      | 100       | 0         |      |     |

### 4.3. Pembebanan

Data beban lalu lintas adalah data perencanaan jalan utama untuk peningkatan jalan baru dan lama. Beban konstruksi jalan menggunakan beban terpusat dari beban lalu lintas terberat. Dalam Tugas Akhir ini digunakan beban lalu lintas sebesar 15 kN/m<sup>2</sup>.

### 4.4. Tahap Perhitungan

Tahap perhitungan merupakan tahap pelaksanaan penelitian ini, dan tahap perhitungan meliputi tahap konstruksi dan tahap integrasi. 7 hari dan 4 hari pada tahap konstruksi bendungan, 28 hari pada tahap pembangunan jalan, 1 tahun, 3 tahun, 10 tahun dan 50 tahun pada tahap integrasi konstruksi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.5, Tabel 4.6 Tabel 4.7 serta Tabel 4.8.

**Tabel 4.5** Phase Perhitungan LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

| Identification              | Phase No | Starts From | Calculation    | Loading Input       | Time     | Safety Factor |
|-----------------------------|----------|-------------|----------------|---------------------|----------|---------------|
| Initial phase               | 0        | 0           | N/A            | N/A                 | 0 day    | -             |
| Lantai Kerja                | 1        | 0           | Plastic        | Staged Construction | 4 day    | -             |
| Pekerjaan Minipile          | 2        | 1           | Plastic        | Staged Construction | 14 day   | -             |
| Timbunan Sirtu 0,5m         | 3        | 2           | Plastic        | Staged Construction | 4 day    | -             |
| LTP 1m & Geotextile 100 kPa | 4        | 3           | Plastic        | Staged Construction | 7 day    | -             |
| Timbunan Sirtu 0,5m         | 5        | 4           | Plastic        | Staged Construction | 4 day    | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari         | 6        | 5           | Consolidation  | Staged Construction | 14 day   | -             |
| LTP 1m & Geotextile 100 kPa | 7        | 6           | Plastic        | Staged Construction | 7 day    | -             |
| Timbunan Tanah 1 m          | 8        | 7           | Plastic        | Staged Construction | 7day     | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari         | 9        | 8           | Consolidation  | Staged Construction | 14 day   | -             |
| Timbunan Tanah 1 m          | 10       | 9           | Plastic        | Staged Construction | 7 day    | -             |
| Timbunan Tanah 0,5 m        | 11       | 10          | Plastic        | Staged Construction | 4 day    | -             |
| Masa Tunggu 20 Hari         | 12       | 11          | Consolidation  | Staged Construction | 20 day   | -             |
| Timbunan Preloading 1 m     | 13       | 12          | Consolidation  | Staged Construction | 7 day    | -             |
| Timbunan Preloading 1 m     | 14       | 13          | Consolidation  | Staged Construction | 7 day    | -             |
| Masa Tunggu 45 Hari         | 15       | 14          | Consolidation  | Staged Construction | 45 day   | -             |
| Unloading Preloading 2 m    | 16       | 15          | Consolidation  | Staged Construction | 7 day    | -             |
| Beban Perkerasan Jalan      | 17       | 16          | Phic Reduction | Staged Construction | 28 day   | -             |
| Beban Lalu Lintas           | 18       | 17          | Phic Reduction | Staged Construction | 1 day    | -             |
| Konsolidasi 1 Tahun         | 19       | 18          | Consolidation  | Staged Construction | 365 day  | -             |
| Konsolidasi 3 Tahun         | 20       | 19          | Consolidation  | Staged Construction | 1095 day | -             |
| Konsolidasi 10 Tahun        | 21       | 20          | Consolidation  | Staged Construction | 3650 day | -             |

|                                    |    |    |                 |                          |           |        |
|------------------------------------|----|----|-----------------|--------------------------|-----------|--------|
| Konsolidasi 50 Tahun               | 22 | 21 | Consolidation   | Staged Construction      | 18250 day | -      |
| SF Lantai Kerja                    | 23 | 1  | Phic Redu ction | Increm ental Multipliers | 0 day     | 5,3358 |
| SF Pekerjaan Minipile              | 24 | 2  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 5,4476 |
| SF Timbunan Sirtu 0,5 m            | 25 | 3  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 3,1014 |
| SF LTP 1 m & Geotextile<br>100 kPa | 26 | 4  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 3,1434 |
| SF Timbunan Sirtu 0,5 m            | 27 | 5  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 3,1353 |
| SF Masa Tunggu 14 Hari             | 28 | 6  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 3,6500 |
| SF LTP 1 m & Geotextile<br>100 kPa | 29 | 7  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 3,6834 |
| SF Timbunan Tanah 1 m              | 30 | 8  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 3,0405 |
| SF Masa Tunggu 14 Hari             | 31 | 9  | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 3,0851 |
| SF Timbunan Tanah 1 m              | 32 | 10 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,6871 |
| SF Timbunan Tanah 0,5 m            | 33 | 11 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,2817 |
| SF Masa Tunggu 20 Hari             | 34 | 12 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,4564 |
| SF Timbunan Preloading<br>1m       | 35 | 13 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,2027 |
| SF Timbunan Preloading<br>1m       | 36 | 14 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,0028 |
| SF Masa Tunggu 45 Hari             | 37 | 15 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,0371 |
| SF Unloading Preloading<br>2m      | 38 | 16 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,5112 |
| SF Beban Perkerasan Jalan          | 39 | 17 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,2033 |
| SF Beban Lalu Lintas               | 40 | 18 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,1063 |
| SF Konsolidasi 1 Tahun             | 41 | 19 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,1984 |
| SF Konsolidasi 3 Tahun             | 42 | 20 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,2418 |
| SF Konsolidasi 10 Tahun            | 43 | 21 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,2382 |
| SF Konsolidasi 50 Tahun            | 44 | 22 | Phic Reduction  | Incremental Multipliers  | 0 day     | 2,2343 |





**Tabel 4.6** Phase Perhitungan LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

| Identification                       | Phase No | Starts From | Calculation    | Loading Input           | Time      | Safety Factor |
|--------------------------------------|----------|-------------|----------------|-------------------------|-----------|---------------|
| Initial phase                        | 0        | 0           | N/A            | N/A                     | 0 day     | -             |
| Lantai Kerja                         | 1        | 0           | Plastic        | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Pekerjaan Minipile                   | 2        | 1           | Plastic        | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Timbunan Sirtu 0,5 m                 | 3        | 2           | Plastic        | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Timbunan LTP 1m & Geotextile 100 kPa | 4        | 3           | Plastic        | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan 0,5 m                       | 5        | 4           | Plastic        | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari                  | 6        | 5           | Consolidation  | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Timbunan LTP 1m & Geotextile 100 kPa | 7        | 6           | Plastic        | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                   | 8        | 7           | Plastic        | Staged Construction     | 7day      | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari                  | 9        | 8           | Consolidation  | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                   | 10       | 9           | Plastic        | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 0,5 m                 | 11       | 10          | Plastic        | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Masa Tunggu 20 Hari                  | 12       | 11          | Consolidation  | Staged Construction     | 20 day    | -             |
| Timbunan Preloading 1 m              | 13       | 12          | Consolidation  | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Preloading 1 m              | 14       | 13          | Consolidation  | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Masa Tunggu 45 Hari                  | 15       | 14          | Consolidation  | Staged Construction     | 45 day    | -             |
| Unloading Preloading 2 m             | 16       | 15          | Consolidation  | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Beban Perkerasan Jalan               | 17       | 16          | Phic Reduction | Staged Construction     | 28 day    | -             |
| Beban Lalu Lintas                    | 18       | 17          | Phic Reduction | Staged Construction     | 1 day     | -             |
| Konsolidasi 1 Tahu                   | 19       | 18          | Consolidation  | Staged Construction     | 365 day   | -             |
| Konsolidasi 3 Tahun                  | 20       | 19          | Consolidation  | Staged Construction     | 1095 day  | -             |
| Konsolidasi 10 Tahun                 | 21       | 20          | Consolidation  | Staged Construction     | 3650 day  | -             |
| Konsolidasi 50 Tahun                 | 22       | 21          | Consolidation  | Staged Construction     | 18250 day | -             |
| SF Lantai Kerja                      | 23       | 1           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 5,3255        |
| SF Pekerjaan Minipile                | 24       | 7           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 5,3929        |
| SF Timbunan Sirtu 0,5 m              | 25       | 3           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,0669        |
| SF LTP 1 m & Geotextile 50 kPa       | 26       | 4           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,0945        |
| SF Timbunan Sirtu 0,5 m              | 27       | 5           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,0785        |
| SF Masa Tunggu 14 Hari               | 28       | 6           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,6721        |
| SF LTP 1 m & Geotextile 100 kPa      | 29       | 7           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,6508        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                | 30       | 8           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,1949        |
| SF Masa Tunggu 14 Hari               | 31       | 9           | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 4,0795        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                | 32       | 10          | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,1048        |
| SF Timbunan Tanah 0,5 m              | 33       | 11          | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,8065        |
| SF Masa Tunggu 20 Hari               | 34       | 12          | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,7801        |
| SF Timbunan Preloading 1m            | 35       | 13          | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,3254        |
| SF Timbunan Preloading 1m            | 36       | 14          | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,0843        |

|                               |    |    |                |                          |       |        |
|-------------------------------|----|----|----------------|--------------------------|-------|--------|
| SF Masa Tunggu 45 Hari        | 37 | 15 | Phic Reduction | Incremental Multipliers  | 0 day | 2,0880 |
| SF Unloading Preloading<br>2m | 38 | 16 | Phic Reduction | Incremental Multipliers  | 0 day | 2,8048 |
| SF Beban Perkerasan Jalan     | 39 | 17 | Phic Reduction | Incremental Multi pliers | 0 day | 2,3513 |
| SF Beban Lalu Lintas          | 40 | 18 | Phic Reduction | Incremental Multi pliers | 0 day | 2,4099 |
| SF Konsolidasi 1 Tahun        | 41 | 19 | Phic Reduction | Incremental Multi pliers | 0 day | 2,4093 |
| SF Konsolidasi 3 Tahun        | 42 | 20 | Phic Reduction | Incremental Multi pliers | 0 day | 2,3942 |
| SF Konsolidasi 10 Tahun       | 43 | 21 | Phic Reduction | Incremental Multi pliers | 0 day | 2,3845 |
| SF Konsolidasi 50 Tahun       | 44 | 22 | Phic Reduction | Incremental Multipliers  | 0 day | 2,3941 |



**Tabel 4.7 Phase Perhitungan LTP 1,5 m Dengan Model Tiang Friction**

| Identification                         | Phase No | Starts From | Calculation     | Loading Input           | Time      | Safety Factor |
|----------------------------------------|----------|-------------|-----------------|-------------------------|-----------|---------------|
| Initial phase                          | 0        | 0           | N/A             | N/A                     | 0 day     | -             |
| Lantai Kerja                           | 1        | 0           | Plastic         | Stage d Construction    | 4 day     | -             |
| Pekerjaan Minipile                     | 2        | 1           | Plastic         | Stage d Construction    | 14 day    | -             |
| Timbunan Sirtu 0,5m                    | 3        | 2           | Plastic         | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Lapisan LTP 1m & Geotextile 100 kPa    | 4        | 3           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 0,5 m                   | 5        | 4           | Plastic         | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari                    | 6        | 5           | Consolidation   | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                     | 7        | 6           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                     | 8        | 7           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari                    | 9        | 8           | Consolidation   | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                     | 10       | 9           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 0,5 m                   | 11       | 10          | Plastic         | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Masa Tunggu 20 Hari                    | 12       | 11          | Consolidation   | Staged Construction     | 20 day    | -             |
| Timbunan Preloading 1 m                | 13       | 12          | Consolidation   | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Preloading 1 m                | 14       | 13          | Consolidation   | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Masa Tunggu 45 Hari                    | 15       | 14          | Consolidation   | Staged Construction     | 45 day    | -             |
| Unloading Preloading 2 m               | 16       | 15          | Consolidation   | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Beban Perkerasan Jalan                 | 17       | 16          | Plastic         | Staged Construction     | 28 day    | -             |
| Beban Lalu Lintas                      | 18       | 17          | Plastic         | Staged Construction     | 1 day     | -             |
| Konsolidasi 1 Tahun                    | 19       | 18          | Consolidation   | Staged Construction     | 365 day   | -             |
| Konsolidasi 3 Tahun                    | 20       | 19          | Consolidation   | Staged Construction     | 1095 day  | -             |
| Konsolidasi 10 Tahun                   | 21       | 20          | Consolidation   | Staged Construction     | 3650 day  | -             |
| Konsolidasi 50 Tahun                   | 22       | 21          | Consolidation   | Staged Construction     | 18250 day | -             |
| SF Lantai Kerja                        | 23       | 1           | Phic Red uction | Incremental Multipliers | 0 day     | 5,3358        |
| SF Pekerjaan Minipile                  | 24       | 2           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 5,4476        |
| SF Timbunan Sirtu 0,5m                 | 25       | 3           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,1014        |
| SF Lapisan LTP 1m & Geotextile 100 kPa | 26       | 4           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,1434        |
| SF Timbunan Tanah 0,5 m                | 27       | 5           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,1563        |
| SF Masa Tunggu 14 Hari                 | 28       | 6           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,6586        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                  | 29       | 7           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,7917        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                  | 30       | 8           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,8136        |
| SF Masa Tunggu 14 Hari                 | 31       | 9           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,8050        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                  | 32       | 10          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,5632        |
| SF Timbunan Tanah 0,5 m                | 33       | 11          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,3831        |
| SF Masa Tunggu 20 Hari                 | 34       | 12          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,3309        |
| SF Timbunan Preloading 1 m             | 35       | 13          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,0903        |
| SF Timbunan Preloading 1 m             | 36       | 14          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 1,9528        |
| SF Masa Tunggu 45 Hari                 | 37       | 15          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 1,9660        |

|                                |    |    |                |                         |       |        |
|--------------------------------|----|----|----------------|-------------------------|-------|--------|
| SF Unloading Preloading<br>2 m | 38 | 16 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,4779 |
| SF Beban Perkerasan Jalan      | 39 | 17 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,1950 |
| SF Beban Lalu Lintas           | 40 | 18 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,1658 |
| SF Konsolidasi 1 Tahun         | 41 | 19 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,1839 |
| SF Konsolidasi 3 Tahun         | 42 | 20 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,1885 |
| SF Konsolidasi 10 Tahun        | 43 | 21 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,1938 |
| SF Konsolidasi 50 Tahun        | 44 | 22 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,1927 |



**Tabel 4.8 Phase Perhitungan LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing***

| Identification                         | Phase No | Starts From | Calculation     | Loading Input           | Time      | Safety Factor |
|----------------------------------------|----------|-------------|-----------------|-------------------------|-----------|---------------|
| Initial phase                          | 0        | 0           | N/A             | N/A                     | 0 day     | -             |
| Lantai Kerja                           | 1        | 0           | Plastic         | Stage d Construction    | 4 day     | -             |
| Pekerjaan Minipile                     | 2        | 1           | Plastic         | Stage d Construction    | 14 day    | -             |
| Timbunan Sirtu 0,5m                    | 3        | 2           | Plastic         | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Lapisan LTP 1m & Geotextile 100 kPa    | 4        | 3           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 0,5 m                   | 5        | 4           | Plastic         | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari                    | 6        | 5           | Consolidation   | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                     | 7        | 6           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                     | 8        | 7           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Masa Tunggu 14 Hari                    | 9        | 8           | Consolidation   | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Timbunan Tanah 1 m                     | 10       | 9           | Plastic         | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Tanah 0,5 m                   | 11       | 10          | Plastic         | Staged Construction     | 4 day     | -             |
| Masa Tunggu 20 Hari                    | 12       | 11          | Consolidation   | Staged Construction     | 20 day    | -             |
| Timbunan Preloading 1 m                | 13       | 12          | Consolidation   | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Timbunan Preloading 1 m                | 14       | 13          | Consolidation   | Staged Construction     | 7 day     | -             |
| Masa Tunggu 45 Hari                    | 15       | 14          | Consolidation   | Staged Construction     | 45 day    | -             |
| Unloading Preloading 2 m               | 16       | 15          | Consolidation   | Staged Construction     | 14 day    | -             |
| Beban Perkerasan Jalan                 | 17       | 16          | Plastic         | Staged Construction     | 28 day    | -             |
| Beban Lalu Lintas                      | 18       | 17          | Plastic         | Staged Construction     | 1 day     | -             |
| Konsolidasi 1 Tahun                    | 19       | 18          | Consolidation   | Staged Construction     | 365 day   | -             |
| Konsolidasi 3 Tahun                    | 20       | 19          | Consolidation   | Staged Construction     | 1095 day  | -             |
| Konsolidasi 10 Tahun                   | 21       | 20          | Consolidation   | Staged Construction     | 3650 day  | -             |
| Konsolidasi 50 Tahun                   | 22       | 21          | Consolidation   | Staged Construction     | 18250 day | -             |
| SF Lantai Kerja                        | 23       | 1           | Phic Red uction | Incremental Multipliers | 0 day     | -             |
| SF Pekerjaan Minipile                  | 24       | 2           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 5,3255        |
| SF Timbunan Sirtu 0,5m                 | 25       | 3           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 5,3929        |
| SF Lapisan LTP 1m & Geotextile 100 kPa | 26       | 4           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,0669        |
| SF Timbunan Tanah 0,5 m                | 27       | 5           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,0945        |
| SF Masa Tunggu 14 Hari                 | 28       | 6           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,0530        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                  | 29       | 7           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,7635        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                  | 30       | 8           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 3,6617        |
| SF Masa Tunggu 14 Hari                 | 31       | 9           | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,6645        |
| SF Timbunan Tanah 1 m                  | 32       | 10          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,7571        |
| SF Timbunan Tanah 0,5 m                | 33       | 11          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,6388        |
| SF Masa Tunggu 20 Hari                 | 34       | 12          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,4395        |
| SF Timbunan Preloading 1 m             | 35       | 13          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,4475        |
| SF Timbunan Preloading 1 m             | 36       | 14          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,1669        |
| SF Masa Tunggu 45 Hari                 | 37       | 15          | Phic Reduction  | Incremental Multipliers | 0 day     | 2,0122        |



|                                |    |    |                |                         |       |        |
|--------------------------------|----|----|----------------|-------------------------|-------|--------|
| SF Unloading Preloading<br>2 m | 38 | 16 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,0162 |
| SF Beban Perkerasan Jalan      | 39 | 17 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,4834 |
| SF Beban Lalu Lintas           | 40 | 18 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,2696 |
| SF Konsolidasi 1 Tahun         | 41 | 19 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,2930 |
| SF Konsolidasi 3 Tahun         | 42 | 20 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,2934 |
| SF Konsolidasi 10 Tahun        | 43 | 21 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,2839 |
| SF Konsolidasi 50 Tahun        | 44 | 22 | Phic Reduction | Incremental Multipliers | 0 day | 2,2835 |



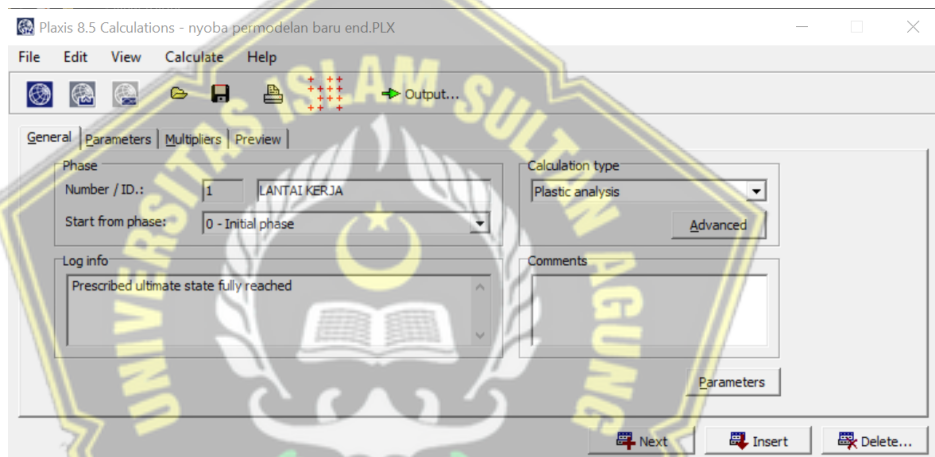
Berikut merupakan langkah kerja proses kalkulasi pada *software* Plaxis 8.6

### 1. Initial Phase

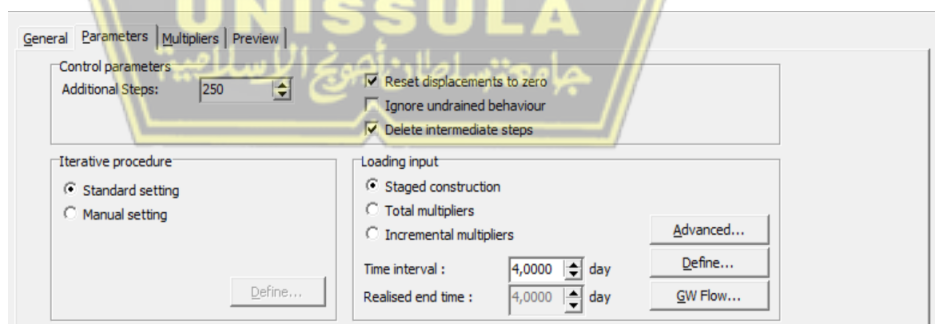
Tahap awal (*initial phase*) merupakan default dari program Plaxis (*Phase*).

### 2. Lantai Kerja

Pada tahapan lantai kerja ini digunakan ketebalan 0,5 m dengan material sirtu yang dilakukan dalam waktu 4 hari. Untuk stage yaitu nama stage pada kolom Number/ID pilih fase awal pada kolom Start with Phase . Kemudian tentukan jenis perhitungan untuk analisis plastik dan kemudian beralih ke tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan interval waktu 4 hari dan tentukan. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.5 dan Gambar 4.6.

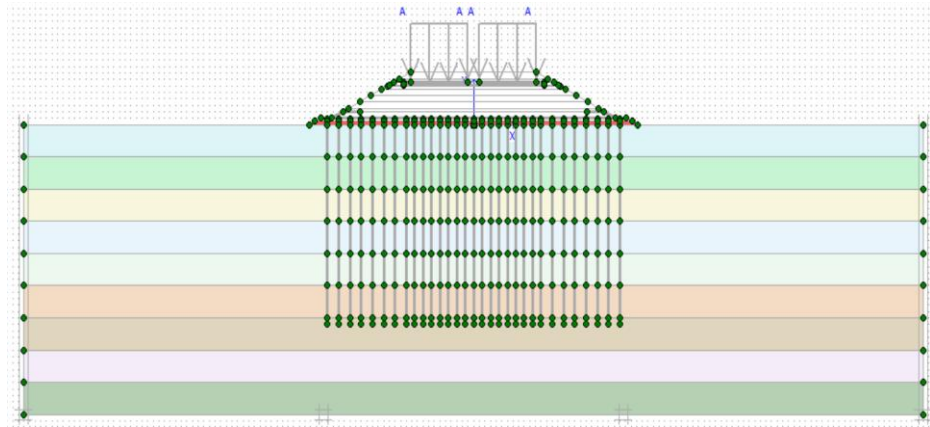


**Gambar 4.5** Input Phase Lantai Kerja pada Tab General



**Gambar 4.6** Input Phase Lantai Kerja Tab Parameters

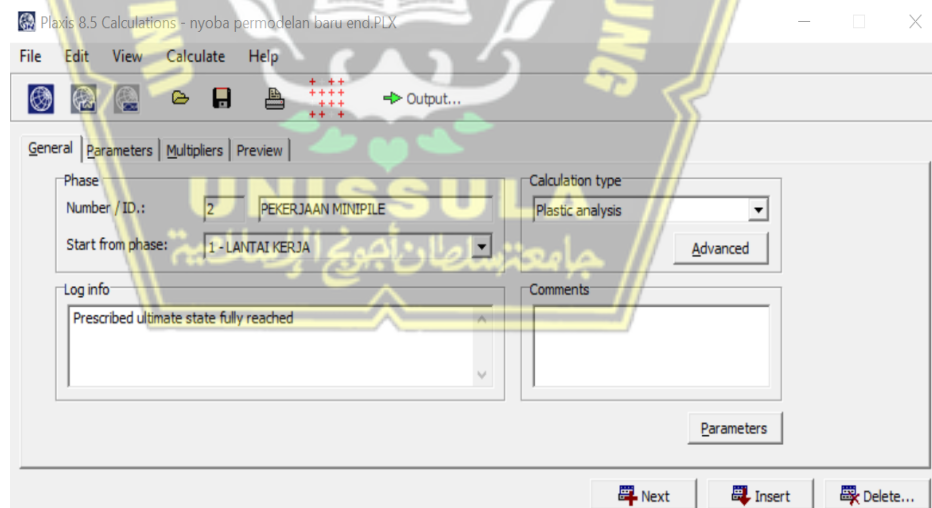
Setelah memilih Definition, klik Modeling Workfloor, lalu klik Update untuk mengaktifkan area yang ingin Anda edit. Bisa dilihat di gambar 4.7.



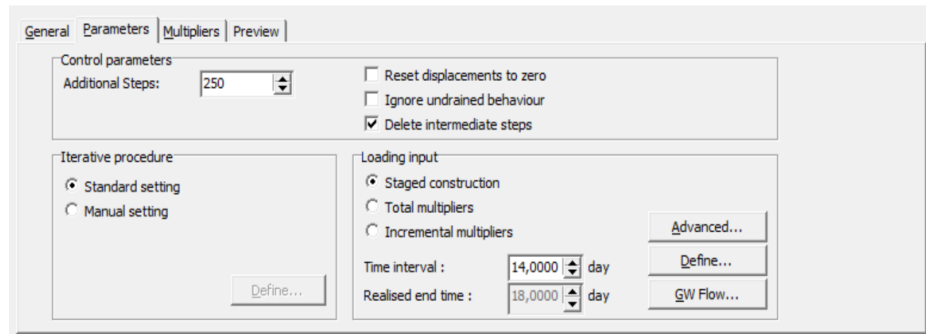
**Gambar 4.7** Define Phase Lantai Kerja

### 3. Pekerjaan Minipile

Pada tahapan pekerjaan minipile ini menggunakan 2 variasi tiang yaitu tiang *friction* dan tiang *end bearing* yang dilakukan dalam waktu 14 hari. Dengan Steps, yaitu, give.name.stages di kolom.number / id, di.column.mulai dengan fase. Pilih Fase awal. Selanjutnya, tentukan jenis perhitungan (calculation type) dari analisis plastis (plastik) dan alihkan ke tab [Parameter]. Pada tab Parameter, masukkan interval waktu 14 hari dan tentukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan 4.9.

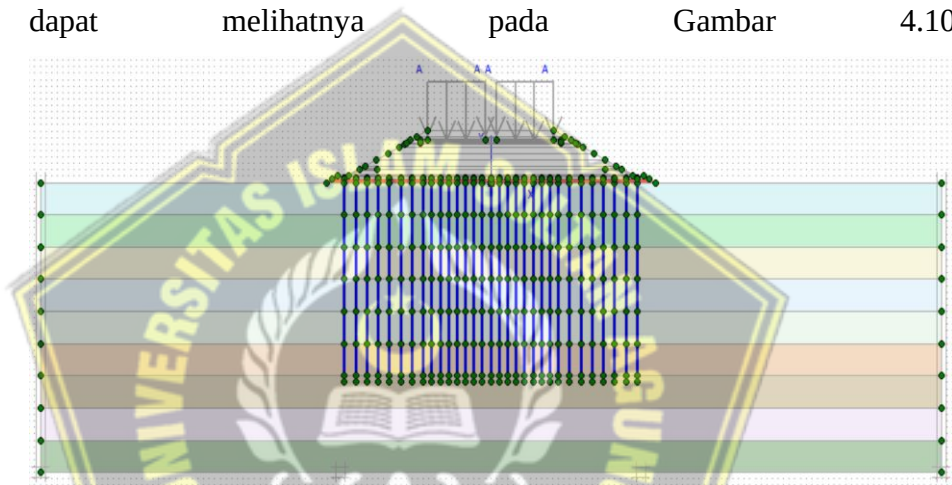


**Gambar 4.8** Input Phase Pekerjaan Minipile pada Tab General



**Gambar 4.9** *Input Phase Pekerjaan Minipile pada Tab Parameters*

Setelah memilih .define, klik Minipile Modeling, lalu klik Update untuk mengaktifkan area di mana pekerjaan minipile akan dilakukan. Anda dapat melihatnya pada Gambar 4.10.

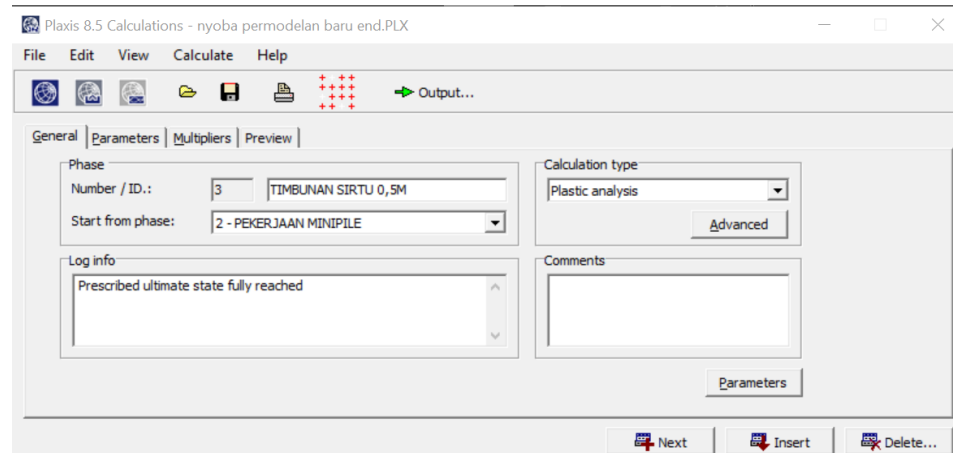


**Gambar 4.10** *Define Phase Pekerjaan Minipile*

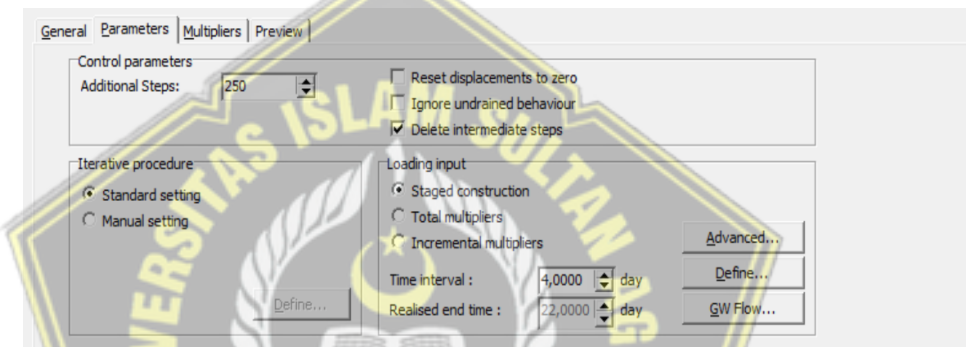
#### 4. Timbunan Sirtu 0,5 meter

Pada tahapan timbunan sirtu dengan ketebalan 0,5 m ini dilakukan dalam waktu 4 hari. Untuk langkah selanjutnya Artinya, masukkan nama fase pada kolom Number/ID. Pemilihan dimulai dengan memilih Minipile Work (dimulai dari fase). Kemudian tentukan tipe kalkulasi (calculation type) dan pilih Use Plastic untuk beralih ke tab Parameters. Pada tab Parameter, masukkan waktu berjalan 4 hari (interval waktu) dan pilih

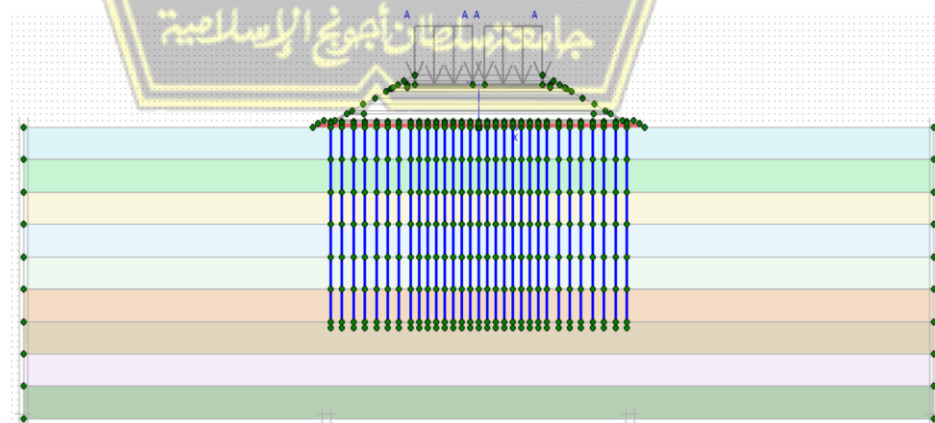
(Tentukan). Dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.



**Gambar 4.11** *Input Phase* Timbunan Sirtu 0,5m pada Tab General



**Gambar 4.12** *Input Phase* Timbunan Sirtu 0,5 m pada Tab Parameters  
Setelah memilih Definition, langkah selanjutnya adalah klik Embankment Modeling lalu klik Update untuk mengaktifkan area dimana tanggul akan menjadi 0.5m. Lihat Gambar 4.13

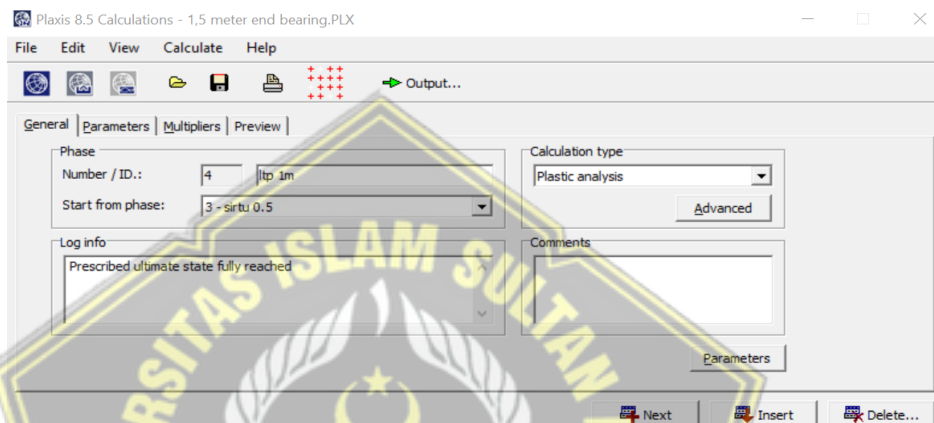


**Gambar 4.13** *Define Phase* Timbunan Sirtu 0,5 m

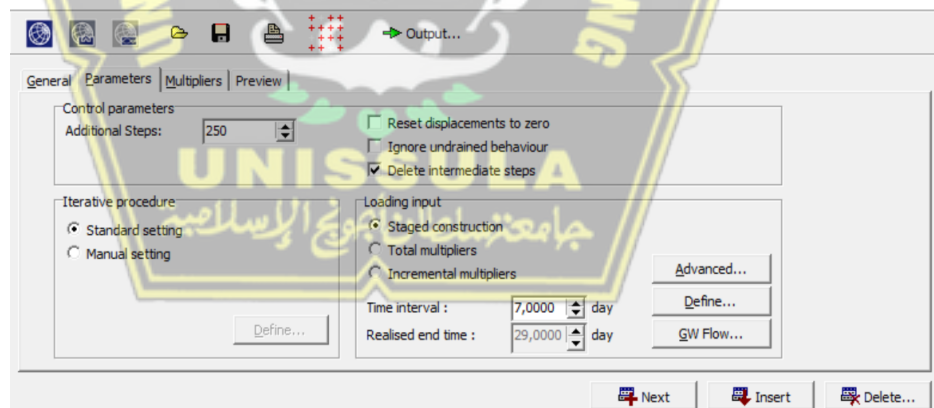


5. LTP Tebal 1m dan Geotextile 100 kPa

Pada tahapan LTP tebal 1m dan geotextile non woven 100 kPa (Pratama dkk, 2019) dilakukan selama tujuh hari. Untuk langkah selanjutnya yaitu, memberi nama pada kolom Number/ID, pada pilihan Start Phase, pilih 0.5m Sirtu Heap. Kemudian gunakan plastik untuk menentukan jenis perhitungan dan beralih ke tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan interval waktu 7 hari dan klik Tentukan. Bisa dilihat di gambar 4.14 dan 4.15.

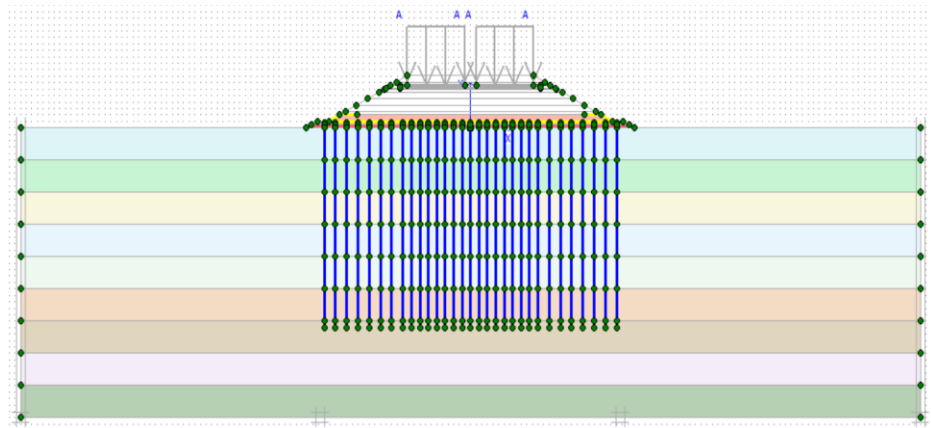


**Gambar 4.14** Input Phase LTP Tebal 1m & Geotextile 100 kPa pada Tab General



**Gambar 4.15** Input Phase LTP Tebal 1m & Geotextile 100 kPa pada Tab Parameter

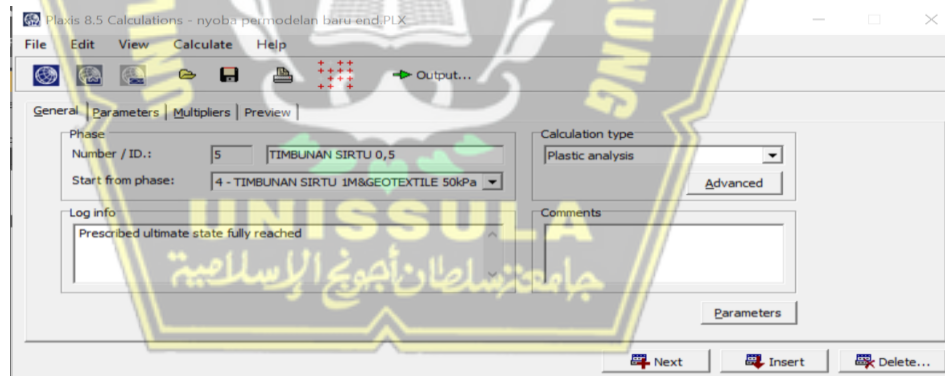
Setelah memilih *define* selanjutnya adalah mengaktifkan area yang akan dilakukan LTP tebal 1m dan geotextile 100 kPa dengan meng-klik permodelan LTP tebal 1m dan geotextile 100 kPa, lalu klik (*update*). Dapat dilihat pada Gambar 4.16.



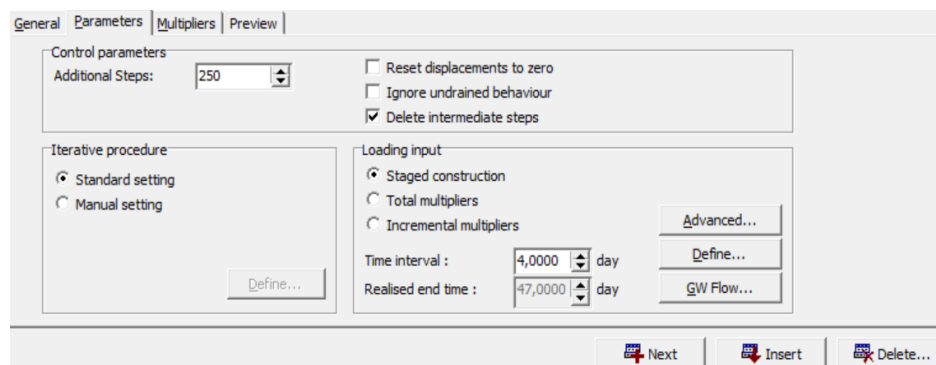
**Gambar 4.16** Define Phase Timbunan Sirtu 1m dan Geotextile 100 kPa

#### 6. Timbunan Sirtu 0,5 meter

Pada tahapan timbunan sirtu 0,5 meter dilakukan dalam waktu 4 hari. Langkah – langkahnya ialah menamai step pada kolom *number/id*, pilihan dimulai dari (*start from phase*) klik dari LTP tebal 1m dan geotextile 100kPa. Selanjutnya tentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) pilih menggunakan *plastic* dan pindah pada *Tab Parameters*, masukan berapa banyak waktu yang akan dilaksnakan (*time interval*) yaitu selama 4 hari, kemudian klik (*define*). Dapat dilihat pada gambar 4.17 dan 4.18.

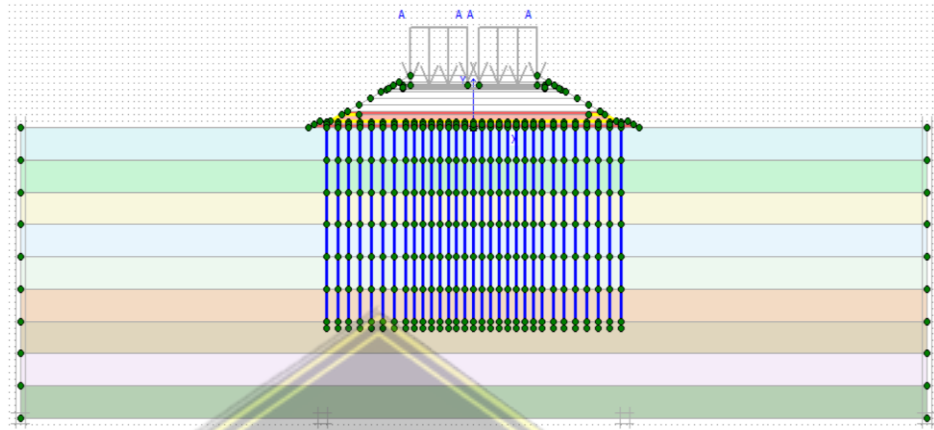


**Gambar 4.17** Input Phase Timbunan Sirtu 0,5 m



**Gambar 4.18** Input Phase Timbunan Sirtu 0,5 m

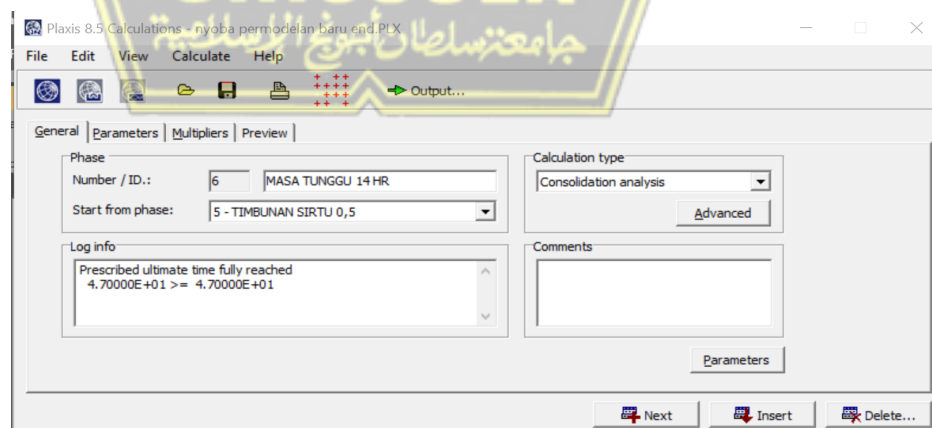
Setelah memilih *define*, langkah selanjutnya adalah memilih area yang akan dilakukan Timbunan Sirtu 0,5 meter dengan meng-klik permodelan Timbunan Sirtu 0,5 meter lalu pilih (*update*). Dapat dilihat pada Gambar 4.19.



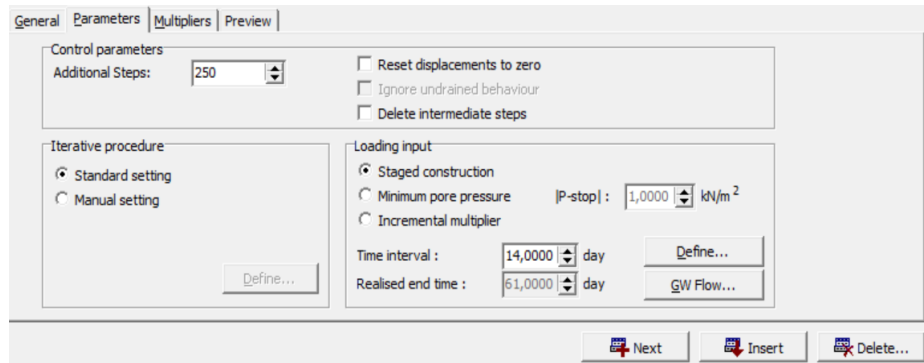
**Gambar 4.19** Define Phase Timbunan Sirtu 0,5 m

#### 7. Masa Tunggu 14 Hari

Pada tahapan masa tunggu 14 hari , adapun langkah – langkahnya ialah menamai tahapan pada kolom number/id, pilihan dimulai dari (*start from phase*) pilih dari Timbunan Sirtu 0,5 meter. Selanjutnya tentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) pilih menggunakan plastic dan pindah pada Tab Parameters, masukan Berapa usang ketika pelaksanaan (time interval) yaitu selama 14 hari, lalu pilih (*define*). Dapat dipandang dalam gambar 4.20 dan 4.21.



**Gambar 4.20** Input Phase Masa Tunggu 14 Hari pada Tab General



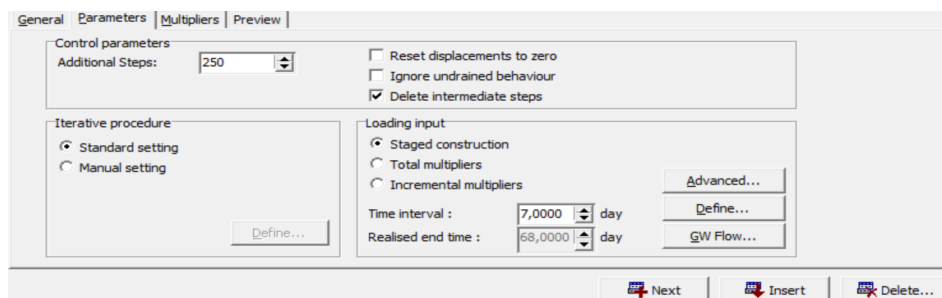
**Gambar 4.21** Input Phase Masa Tunggu 14 Hari pada Tab Parameters

#### 8. Timbunan Tanah 1 meter

Pada tahapan timbunan 1 meter dilakukan dalam waktu 7 hari. Langkah – langkahnya ialah memberikan nama step pada kolom number/id, pilihan dimulai dari (*start from phase*) pilih dari Masa Tunggu 14 hari. Selanjutnya tentukan pilih tipe kalkulasi (kalkulasi tipe) dalam plastik dan alihkan ke tab [Parameter]. Pada tab Parameter, masukkan waktu berjalan 7 hari (interval waktu) dan pilih (Tentukan) 4.22 dan 4.23.

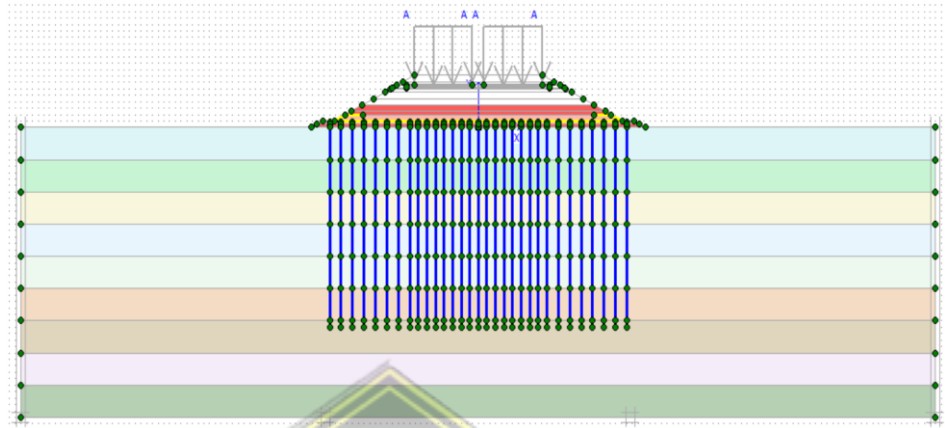


**Gambar 4.22** Input Phase Timbunan 1m dan Geotextile 100 kPa pada Tab General



**Gambar 4.23** Input Phase Timbunan 1m dan Geotextile 100 kPa pada Tab Parameters

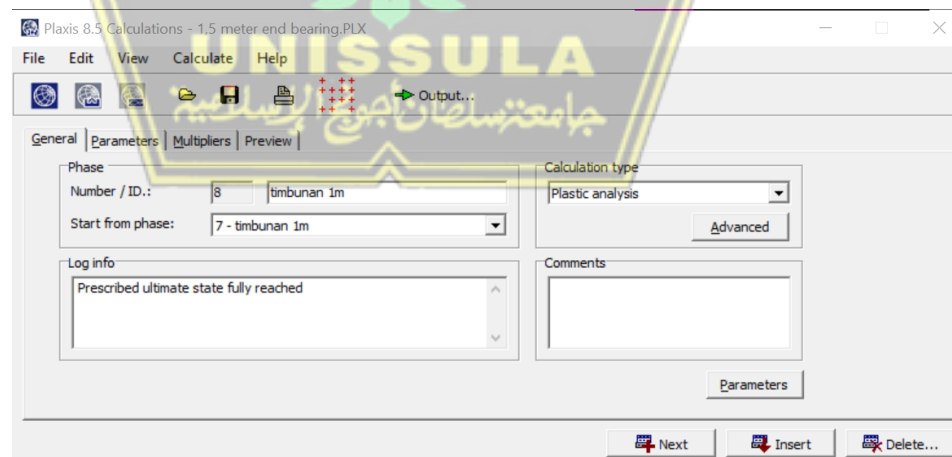
Setelah memilih *define*, langkah selanjutnya adalah memilih area yang dilakukan Timbunan 1 meter dengan meng-klik permodelan Timbunan 1 meter, lalu pilih (*update*). Dapat dilihat pada Gambar 4.24.



**Gambar 4.24** Define Phase Timbunan 1m dan Geotextile 100 kPa

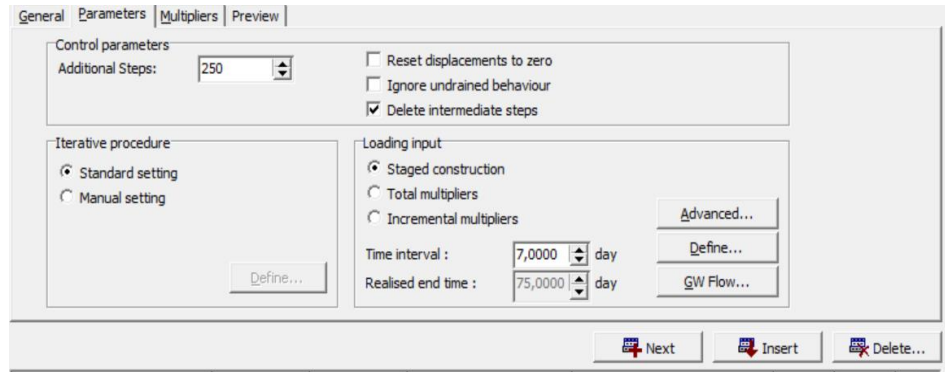
#### 9. Timbunan Tanah 1 meter

Pada tahapan timbunan 1m dilakukan dalam waktu 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu beri nama stage pada kolom Number/ID. Pemilihan dimulai dari (dimulai dari fase) dan memilih dari gunung 1 meter. Kemudian tentukan jenis perhitungan (calculation type), pilih dalam plastik dan buka tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan waktu berjalan 7 hari (interval waktu) dan pilih (Tentukan). Dapat dilihat pada Gambar 4.25 dan 4.26.



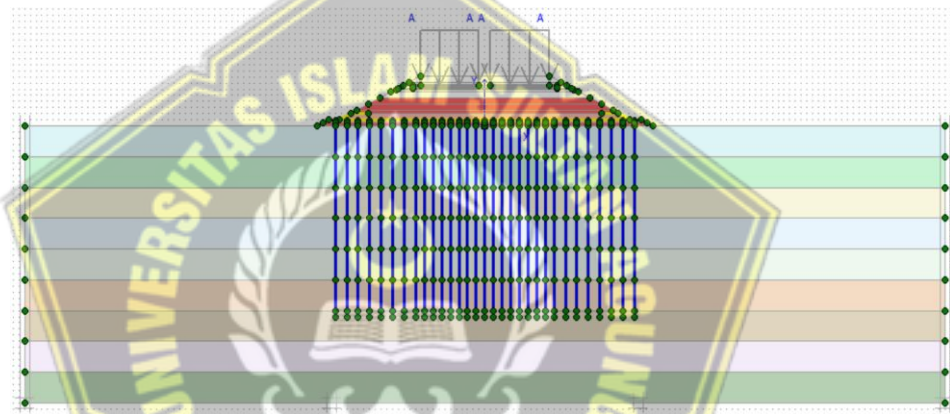
**Gambar 4.25** Input Phase Timbunan Tanah 1 m pada Tab General





**Gambar 4.26** *Input Phase Timbunan Tanah 1 m pada Tab Parameters*

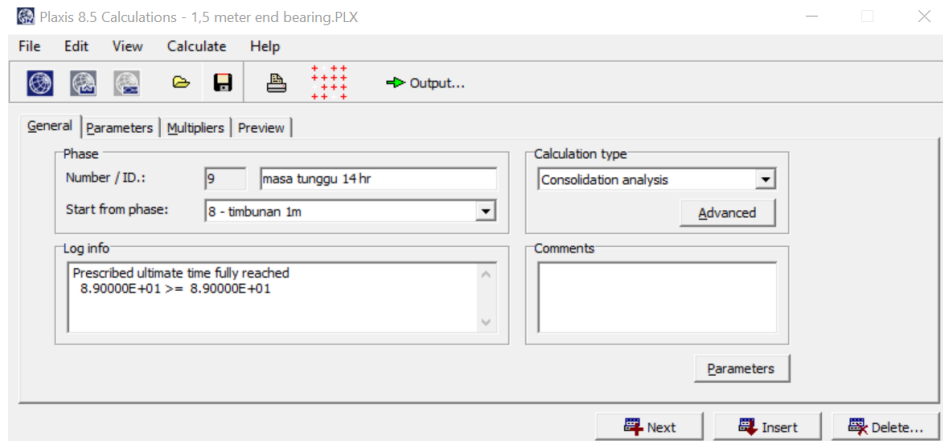
Setelah memilih Definition, langkah selanjutnya adalah memilih luas bendungan 1 meter dengan mengklik pemodelan bendungan 1 meter kemudian memilih (Update). Dapat dilihat pada Gambar 4.27.



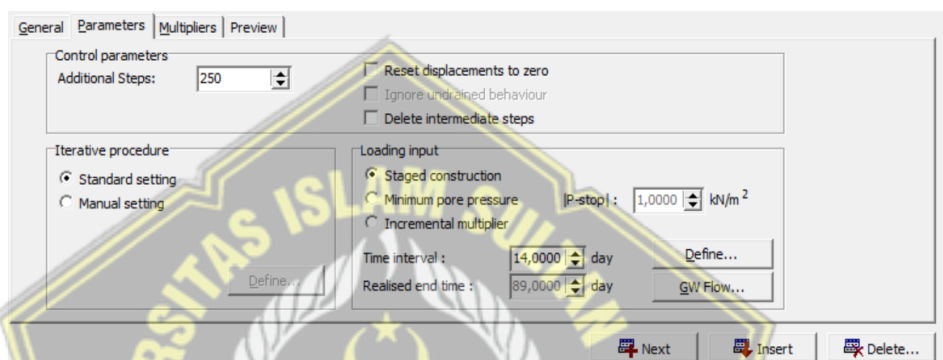
**Gambar 4.27** *Define Phase Timbunan Tanah 1 m*

#### 10. Masa Tunggu 14 Hari

Pada tahapan masa tunggu 14 hari, adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut, beri nama phase pada kolom *nomor/id*, selanjutnya pada pilihan mulai dari tahap (*start from phase*) pilih Timbunan Tanah 1 meter. setelah itu tentukan jenis kalkulasi (*calculation type*) analisa konsolidasi (*consolidation*), lalu klik *Tab Parameters*. Pada *Tab Parameters*, masukan interval waktu (*time interval*) yaitu selama 14 hari. Dapat dilihat pada Gambar 4.28 dan 4.29.



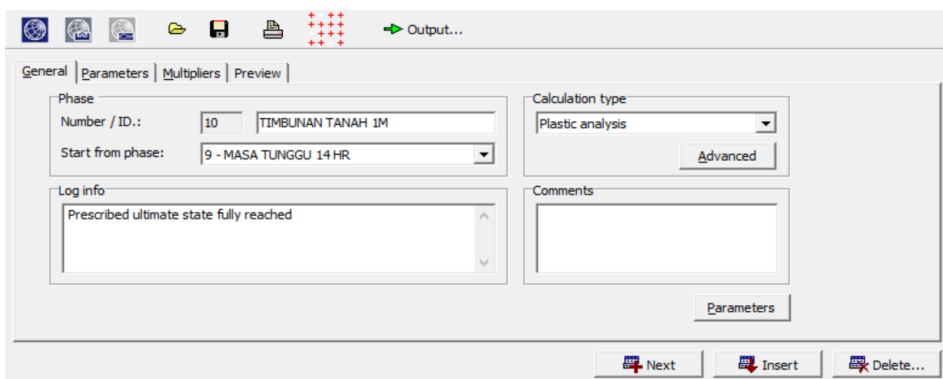
**Gambar 4.28** *Input Phase Masa Tunggu 14 Hari pada Tab General*



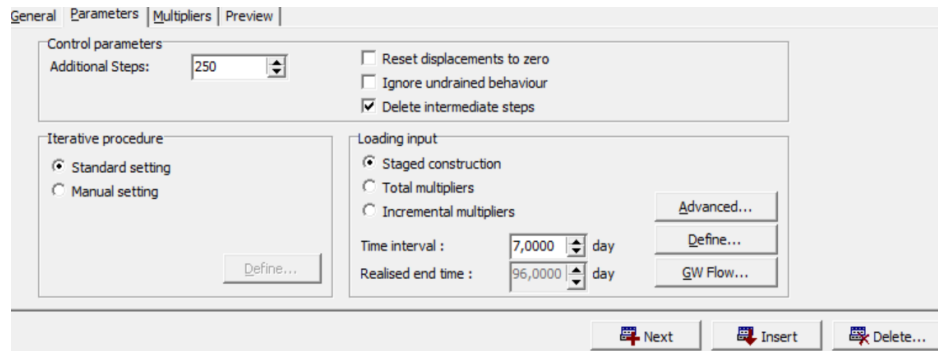
**Gambar 4.29** *Input Phase Masa Tunggu 14 Hari pada Tab Parameters*

#### 11. Timbunan Tanah 1 meter

Pada tahapan Timbunan Tanah 1 meter ini dilakukan dalam waktu 7 hari. Prosedurnya adalah sebagai berikut: Pada kolom Number/ID isikan judul pada kolom (*Start With Phase*) dan pilih waktu tunggu 14 hari. Kemudian gunakan Plastic Analysis (*Plastik*) untuk menghitung jenis perhitungannya. Dan pilih tab *Parameters*, pada tab *Parameters*, masukkan waktu (interval waktu) selama 7 hari dan klik (*Define*). Dapat dilihat pada Gambar 4.30 dan 4.31.

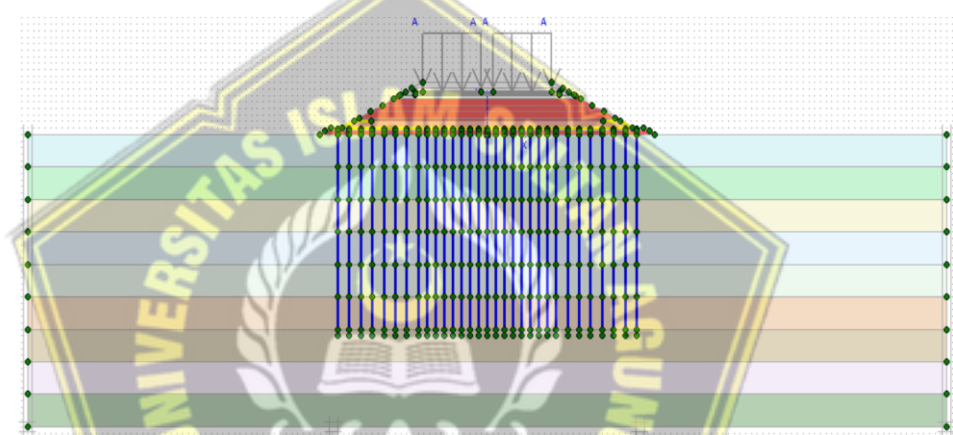


**Gambar 4.30** *Input Phase Timbunan Tanah 1meter pada Tab General*



**Gambar 4.31** *Input Phase Timbunan Tanah 1 m pada Tab Parameters*

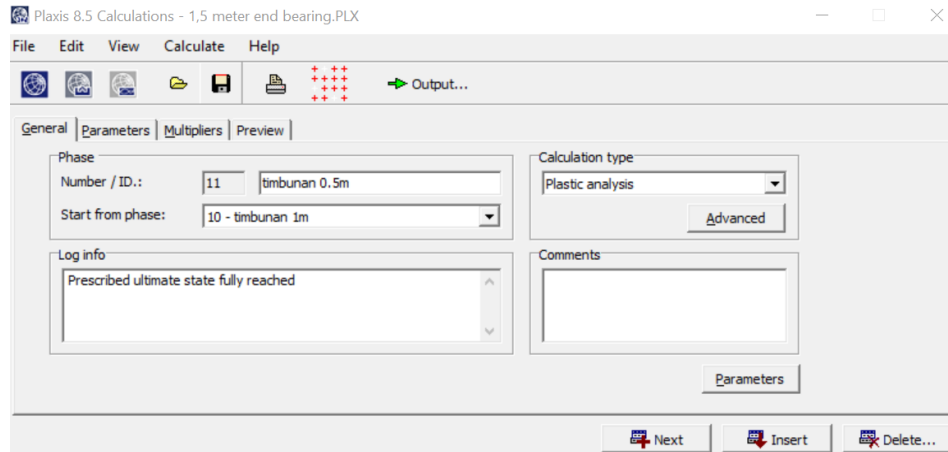
Setelah memilih Definisi, langkah selanjutnya adalah klik pemodelan bendungan 1 meter kemudian klik (Update) untuk memilih luas bendungan 1 meter. Bisa dilihat di gambar 4.32.



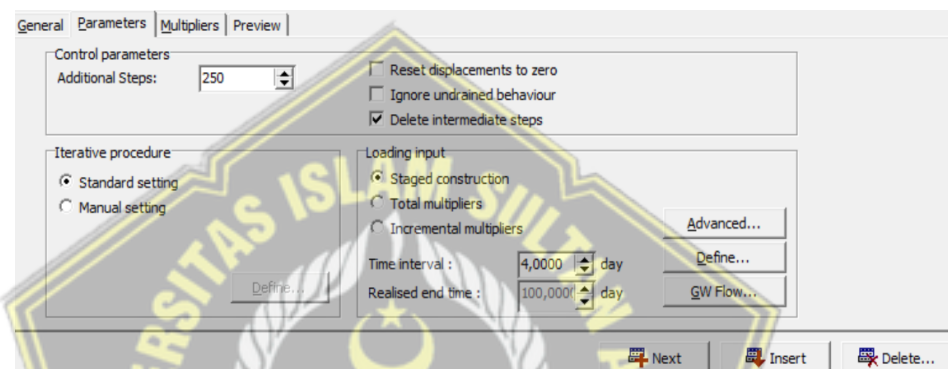
**Gambar 4.32** *Define Phase Timbunan Tanah 1 m*

#### 12. Timbunan Tanah 0,5 meter

Pada tahapan timbunan 0,5 meter ini dilakukan dalam waktu 4 hari. Adapun langkah – langkahnya yaitu sebagai berikut, beri judul di kolom *number/id*, pada kolom (*start from phase*) dan pilih Timbunan Tanah 1m. selanjutnya yaitu menentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) menggunakan analisa plastis (*plastic*), lalu pilih *Tab Parameters*. Pada *Tab Parameters*, masukkan berapa lama waktu (*Time Interval*) yaitu selama 4 hari, kemudian klik (*define*). Dapat dilihat pada Gambar 4.33 dan 4.34.

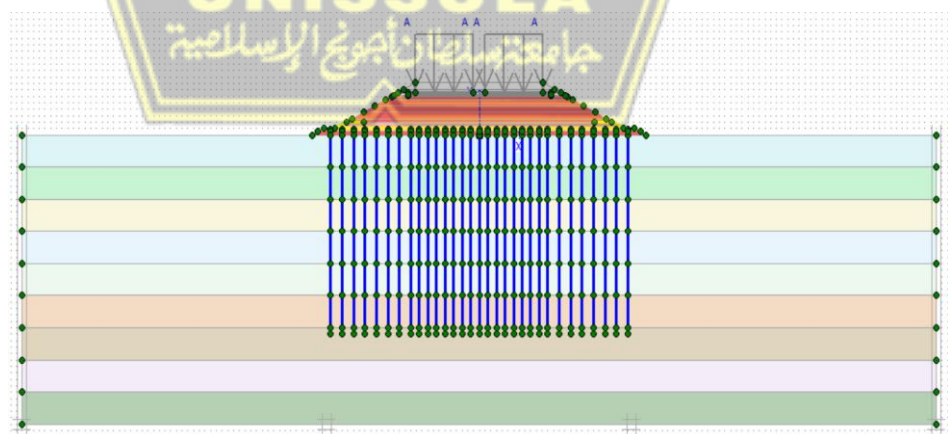


**Gambar 4.33** *Input Phase* Timbunan Tanah 0,5m pada *Tab General*



**Gambar 4.34** *Input Phase* Timbunan Tanah 0,5m pada *Tab Parameters*

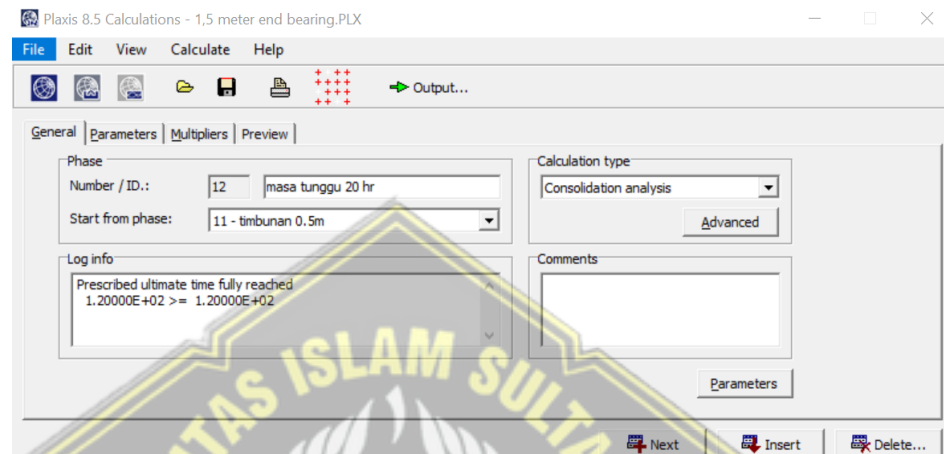
Saat me milih *define*, langkah berikutnya adalah me milih tempat yang dilaksanakan Timbunan Tanah 0,5 meter dengan meng-klik permodelan Timbunan Tanah 0,5 meter lalu klik (*update*). Bisa dilihat pada gambar 4.35.



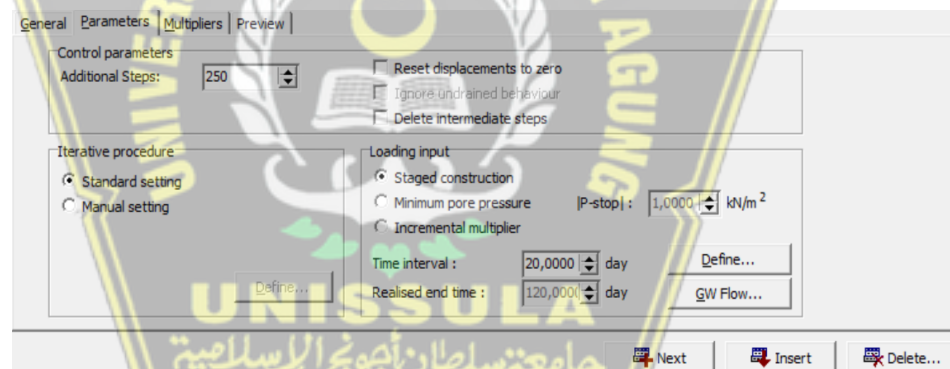
**Gambar 4.35** *Define Phase* Timbunan Tanah 0,5 m

13. Masa Tunggu 20 Hari

Pada tahapan masa tunggu 20 hari, adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut, beri nama phase pada kolom *nomor/id*, selanjutnya pada untuk opsi dari fase (dimulai dari fase), pilih Gunung Bumi 0,5 m, tentukan jenis perhitungan (jenis perhitungan) analisis terintegrasi (integrasi), dan klik tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan interval waktu 20 hari. Bisa dilihat di gambar 4.36 dan 4.37.



**Gambar 4.36** Input Phase Masa Tunggu 20 Hari pada Tab General

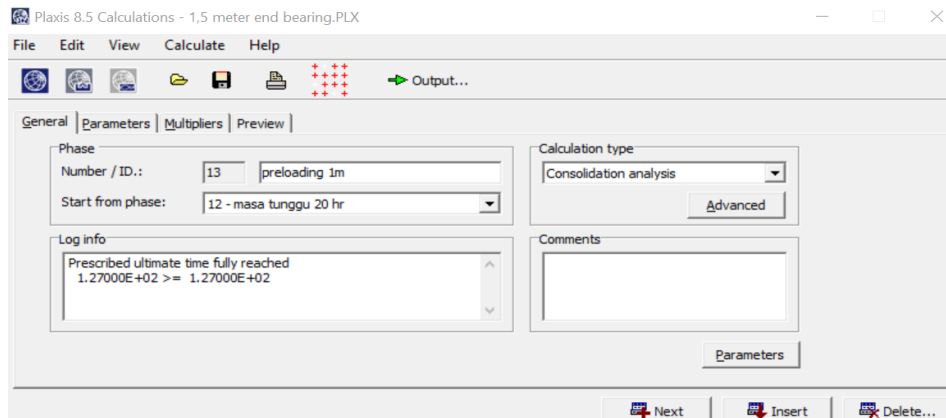


**Gambar 4.37** Input Phase Masa Tunggu 20 Hari pada Tab Parameters

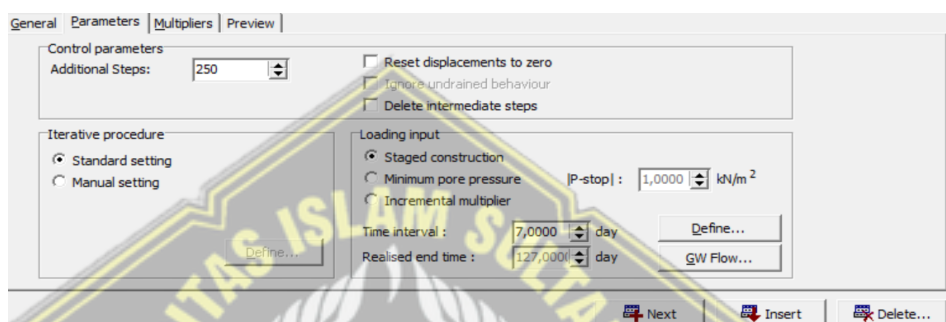
#### 14. Timbunan Preloading 1 meter

Pada tahapan Timbunan Preloading 1 meter ini dilakukan dalam waktu 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu sebagai berikut, beri judul di kolom number/id, pada kolom (*start from phase*) dan pilih Masa Tunggu 20 Hari. Selanjutnya yaitu menentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) menggunakan analisa konsolidasi (*consolidation*), lalu pilih Tab Parameters. Pada Tab Parameters, masukkan berapa lama waktu (*time interval*) yaitu selama 7 hari, lalu klik (*define*). Dapat dilihat pada Gambar 4.38 dan 4.39.



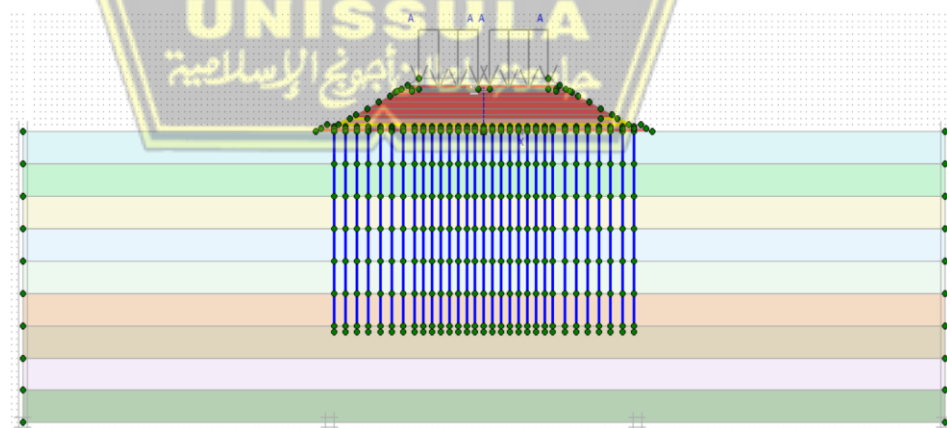


**Gambar 4.38** Input Phase Timbunan Preloading 1m pada Tab General



**Gambar 4.39** Input Phase Timbunan Preloading 1m pada Tab Parameters

Setelah memilih definisi, langkah selanjutnya adalah mengklik model tiang pancang 1 meter kedua dari atas untuk mengaktifkannya, lalu pilih (*Update*) untuk memilih area di mana preload 1 meter akan dilakukan. Bisa dilihat di gambar 4.40.

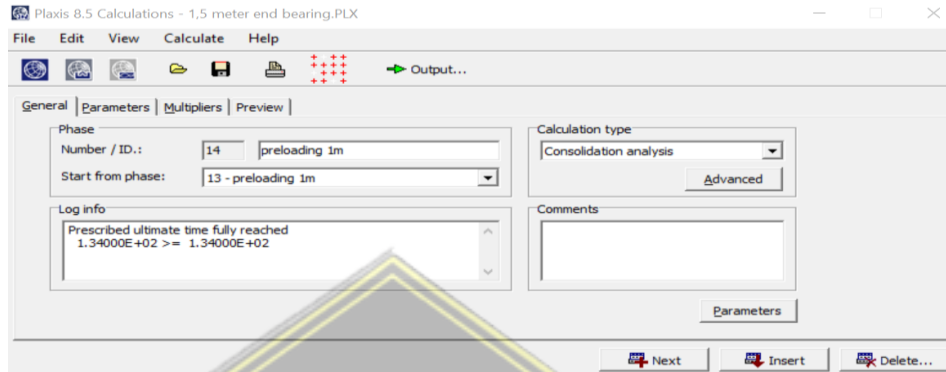


**Gambar 4.40** Define Phase Timbunan Preloading 1 m

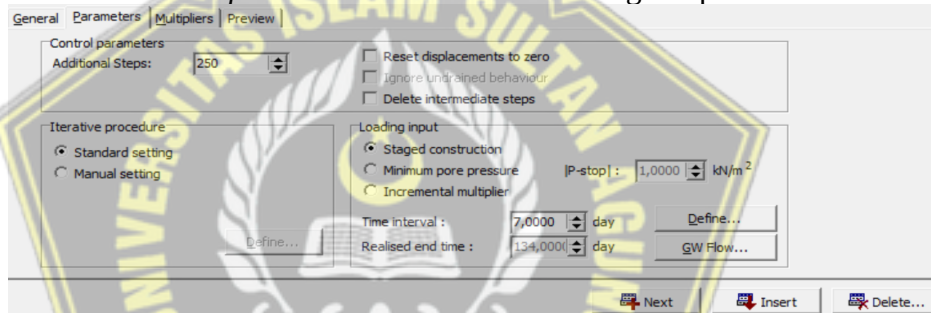
#### 15. Timbunan *Preloading* 1 meter ke-2

Pada tahapan Timbunan *Preloading* 1 meter ini dilakukan dalam waktu 7 hari. Step nya yaitu seperti berikut ini, beri judul di kolom *number/id*, pada

kolom (*start from phase*) dan pilih Timbunan *Preloading* 1 meter. Selanjutnya yaitu gunakan analisis plastisitas (*Plastik*) untuk menentukan jenis perhitungan (jenis perhitungan) dan pilih tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan waktu 7 hari (interval waktu) dan klik Tentukan. Bisa dilihat di gambar 4.41 dan 4.42.

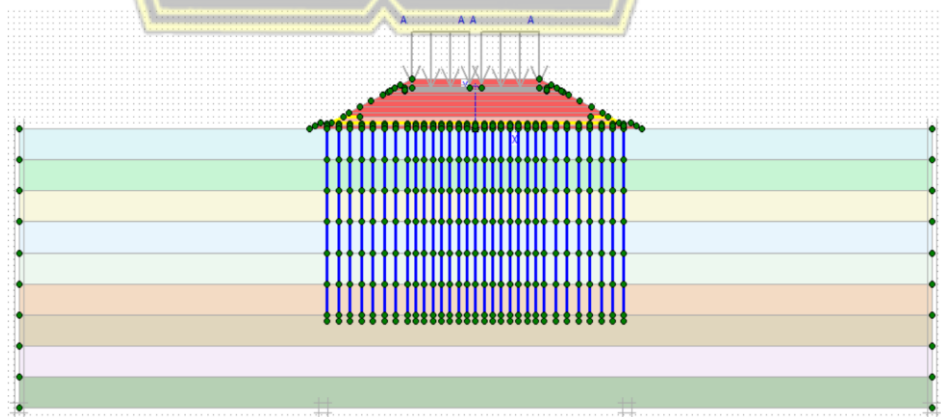


**Gambar 4.41** *Input Phase* Timbunan Preloading 1m pada Tab General



**Gambar 4.42** *Input Phase* Timbunan Preloading 1m pada Tab General

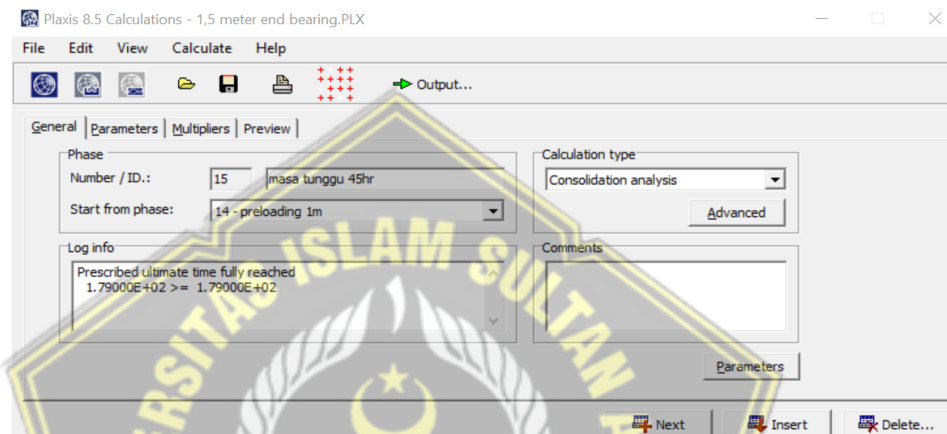
Setelah memilih *Define*, langkah selanjutnya adalah klik model tiang pancang 1 meter teratas untuk mengaktifkan, pilih area yang akan dilakukan preload 1 meter, dan pilih (*Update*). Bisa dilihat di gambar 4.43.



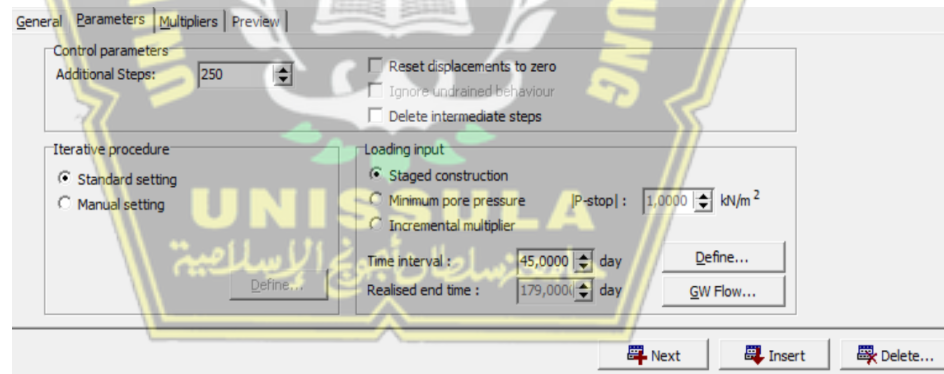
**Gambar 4.43** *Define Phase* Timbunan Preloading 1m ke-2

#### 16. Masa Tunggu 45 Hari

Pada tahapan masa tunggu 45 hari, adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut, beri nama phase pada kolom *nomor/id*, selanjutnya pada pilihan mulai dari tahap (*start from phase*) pilih Timbunan *Prelaoding* 1 meter, setelah itu tentukan jenis kalkulasi (*calculation type*) analisa konsolidasi (*consolidation*), lalu klik Tab *Parameters*. Pada Tab *Parameters*, masukan interval waktu (*time interval*) yaitu selama 45 hari. Dapat dilihat pada Gambar 4.44 dan 4.45.



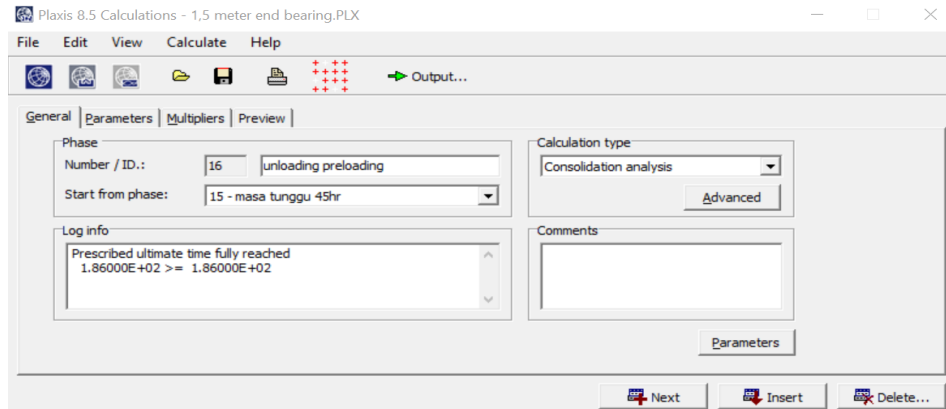
**Gambar 4.44** Input Phase Masa Tunggu 40 Hari Pada Tab General



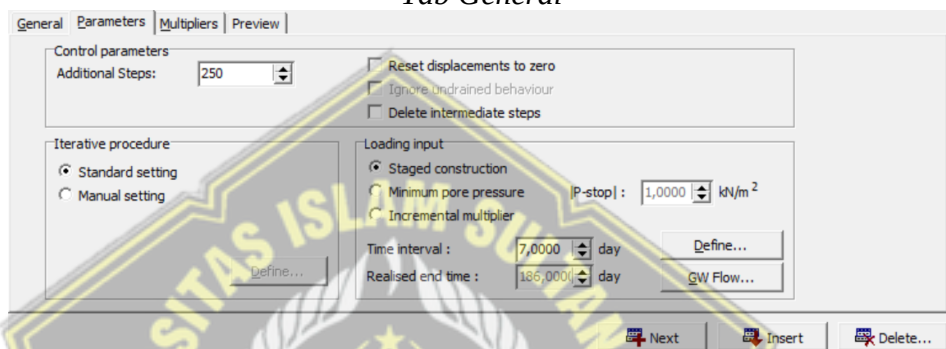
**Gambar 4.45** Input Phase Masa Tunggu 45 Hari pada Tab Parameters

#### 17. Unloading Preloading Timbunan 2 meter

Pada tahapan *Unloading Preloading* Timbunan 2 meter adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut, beri nama phase pada kolom *nomor/id*, selanjutnya pada pilihan mulai dari tahap (*start from phase*) pilih Masa Tunggu 45 Hari. Setelah itu tentukan jenis kalkulasi (*calculation type*) analisa konsolidasi (*consolidation*), lalu klik Tab *Parameters*. Pada Tab *Parameters*, masukkan interval waktu (*time interval*) yaitu selama 7 hari. Dapat dilihat pada Gambar 4.46 dan 4.47.

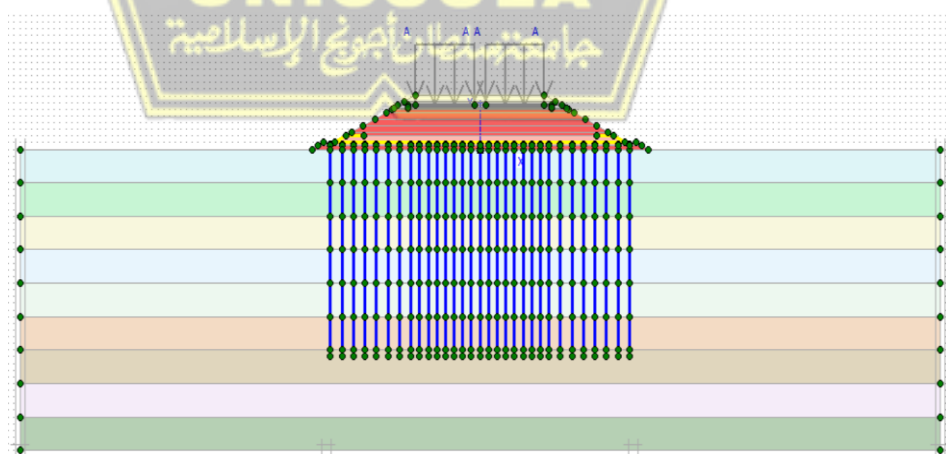


**Gambar 4.46** *Input Phase Unloading Preloading* Timbunan 2m pada Tab General



**Gambar 4.47** *Input Phase Unloading Preloading* Timbunan 2m pada Tab Parameters

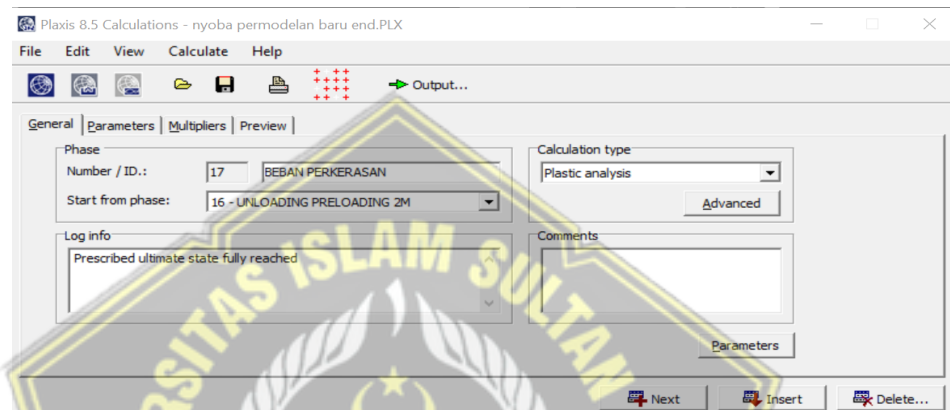
Setelah memilih Definisi, langkah selanjutnya adalah memilih area di mana preload timbunan 2m akan dilakukan dengan mengklik pemodelan timbunan 2m atas untuk menonaktifkan dan memilih (Perbarui). Bisa dilihat di gambar 4.48.



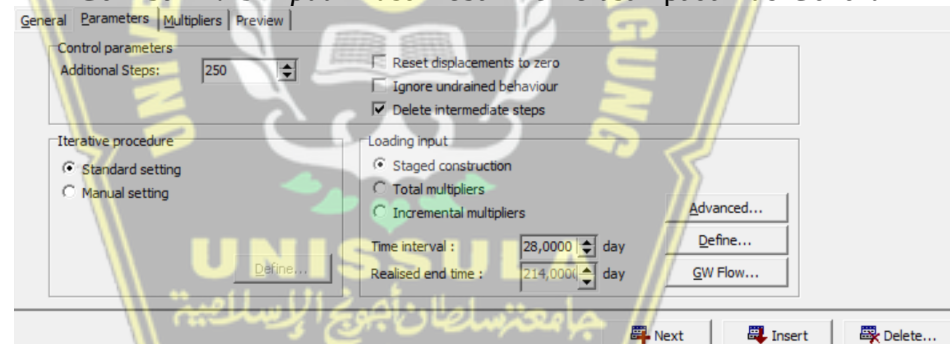
**Gambar 4.48** *Define Phase Unloading Preloading* Timbunan 2 m

#### 18. Beban Perkerasan

Pada tahapan Beban Perkerasan ini dilakukan dalam waktu 28 hari. Prosedurnya adalah sebagai berikut: Pada kolom Number/ID, masukkan judul pada kolom Start Phase dan pilih Precharge Unload 2 meter. Kemudian gunakan Analisis Plastik (Plastik) untuk menentukan Jenis Perhitungan dan pilih tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan waktu 28 hari (interval waktu) dan klik Tentukan. Bisa dilihat di gambar 4.49 dan 4.50.



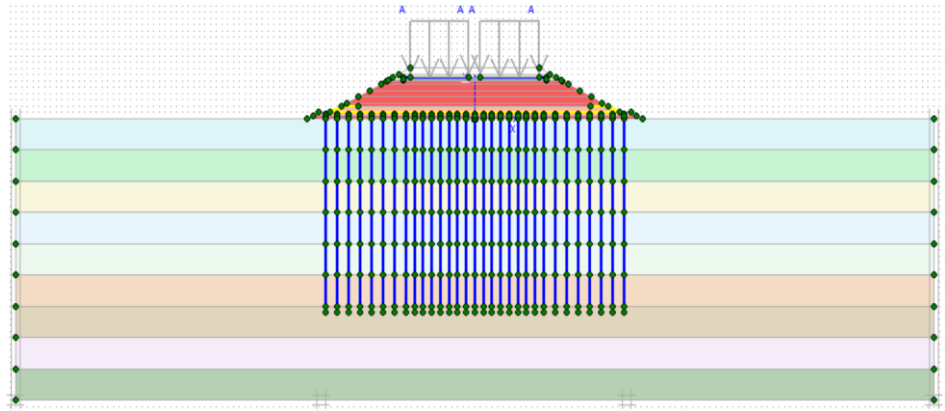
**Gambar 4.49** *Input Phase* Beban Perkerasan pada Tab General



**Gambar 4.50** *Input Phase* Beban Perkerasan pada Tab Parameters

Setelah memilih *define*, langkah berikutnya adalah memilih area yang dilakukan pembebanan perkerasan dengan cara klik pada model perkerasan beban lalu pilih (*update*). bisa dilihat di gambar 4.51.

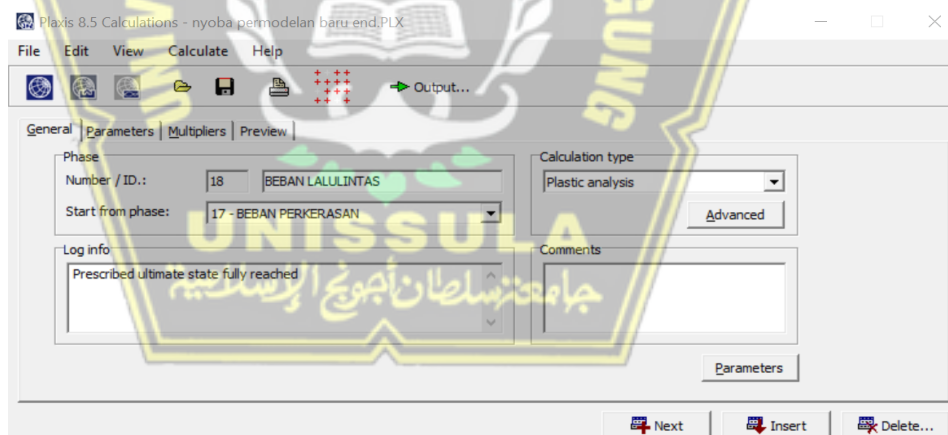




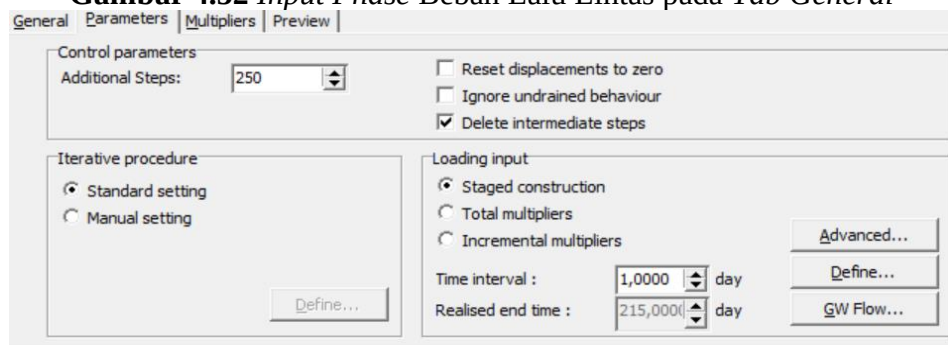
**Gambar 4.51** Define Phase Beban Perkerasan Jalan

#### 19. Beban Lalu Lintas

Pada tahapan Beban Lalu Lintas ini dilakukan dalam waktu 1 hari. Langkah – langkahnya yaitu sebagai berikut, beri judul pada kolom *number/id*, dalam kolom (*start from phase*) & pilih Beban Perkerasan Jalan. Selanjutnya yaitu memilih tipe kalkulasi (*calculation type*) memakai analisa plastis (*plastic*), kemudian pilih Tab Parameters. Pada Tab Parameters, tambahkan berapa usang waktu (*time interval*) yaitu selama 1 hari, lalu klik (*define*). Dapat dipandang dalam Gambar 4.52 dan 4.53.

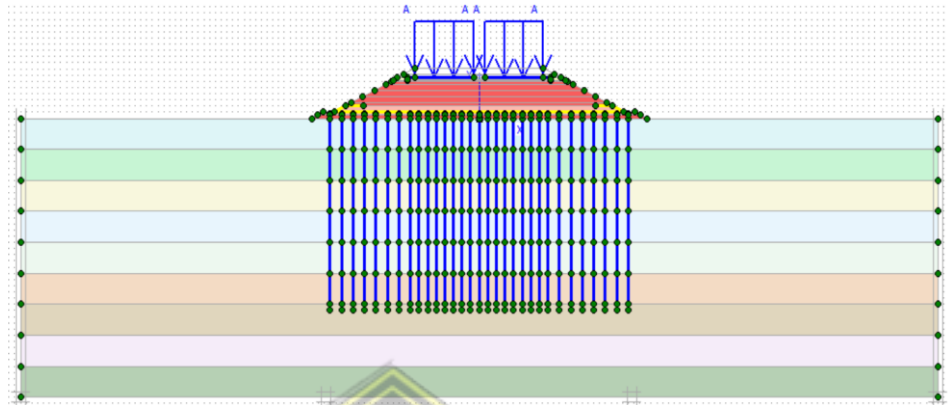


**Gambar 4.52** Input Phase Beban Lalu Lintas pada Tab General



**Gambar 4.53** Input Phase Beban Perkerasan pada Tab Parameters

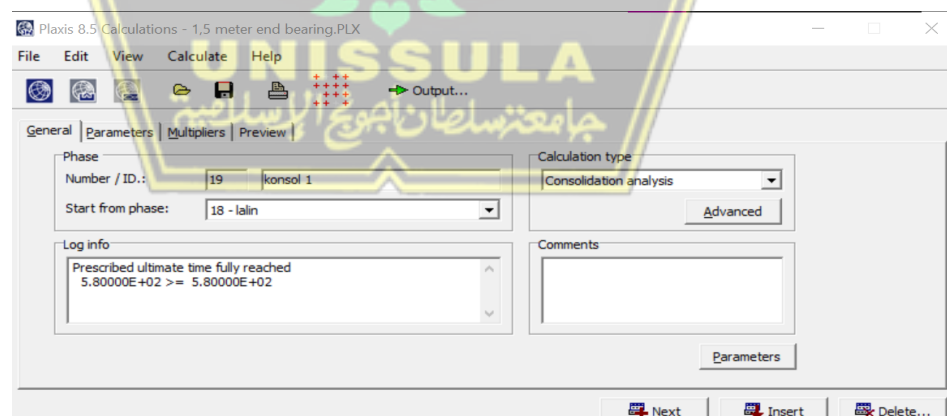
Setelah memilih *define*, langkah berikutnya yaitu menghidupkan beban lalu lintas dengan klik permo delan beban lalu lintas setelah itu klik (*update*). Dapat dilihat pada Gambar 4.54.



**Gambar 4.54** Define Phase Beban Lalu Lintas

#### 20. Konsolidasi 1 Tahun

Pada tahap konsolidasi 1 Tahun, dilakukan dalam waktu 365 hari. Tahapan konsolidasi 1 tahun yaitu sebagai berikut, beri nama tahapan pada kolom number/id, lalu pada pilihan mulai dari tahap (*start from phase*) pilih Beban Lalu Lintas. Kemudian putuskan jenis penghitungan, atau integrasi, lalu alihkan ke *tab Parameter*. Pada *tab Parameter*, masukkan interval waktu 365 hari dan klik Tentukan. Bisa dilihat di gambar 4.55 dan 4.56.



**Gambar 4.55** Input Phase Konsolidasi 1 Tahun pada Tab General

**Gambar 4.56** Input Phase Konsolidasi 1 Tahun pada Tab Parameters

## 21. Konsolidasi 3 Tahun

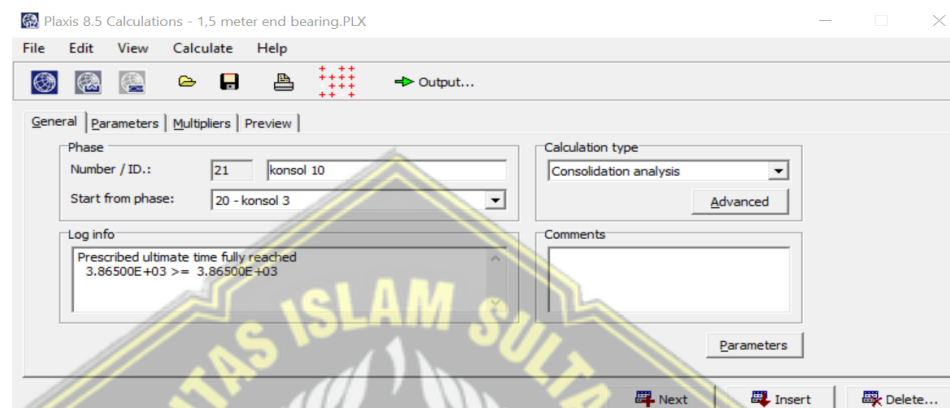
Fase tahapan tiga tahun berjalan dalam 1095 hari. Fase tahapan tiga tahun adalah sebagai berikut: Beri nama fase di kolom Nomor / ID dan pilih tahapan satu tahun di fase awal. Kemudian putuskan jenis penghitungan, atau integrasi, lalu alihkan ke tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan interval waktu 1095 hari dan klik Tentukan. Bisa dilihat di gambar 4.57 dan 4.58.

**Gambar 4.57** Input Phase Konsolidasi 3 Tahun pada Tab General

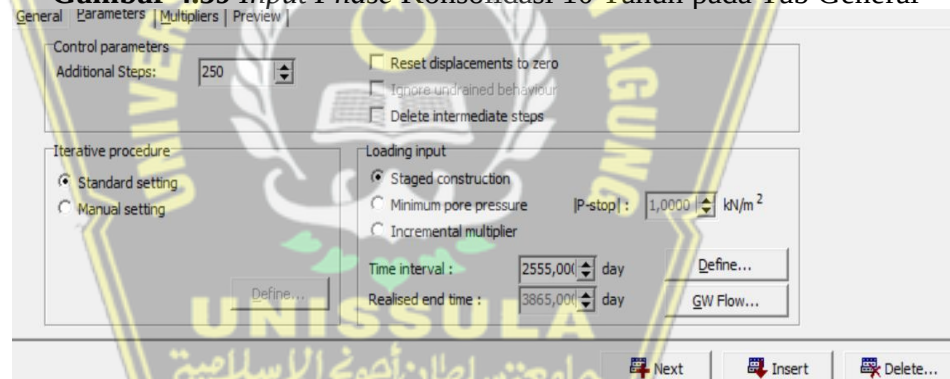
**Gambar 4.58** Input Phase Konsolidasi 3 Tahun pada Tab Parameters

## 22. Konsolidasi 10 Tahun

Fase tahapan 10 tahun berjalan dalam 3650 hari. Fase tahapan 10 tahun adalah sebagai berikut: Beri nama fase di kolom Nomor / ID dan pilih tahapan 3 tahun di fase Mulai. Kemudian putuskan jenis penghitungan, atau integrasi, lalu alihkan ke tab Parameter. Pada tab Parameter, masukkan interval waktu 3650 hari dan klik Tentukan. Bisa dilihat di gambar 4.59 dan 4.60.



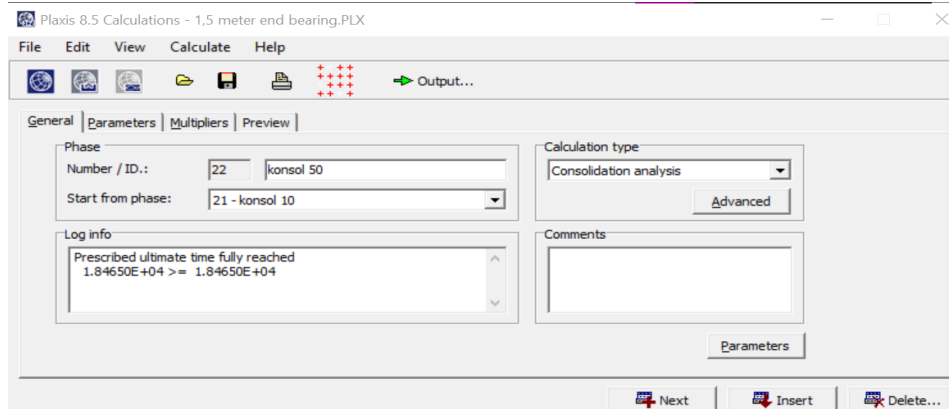
**Gambar 4.59** Input Phase Konsolidasi 10 Tahun pada Tab General



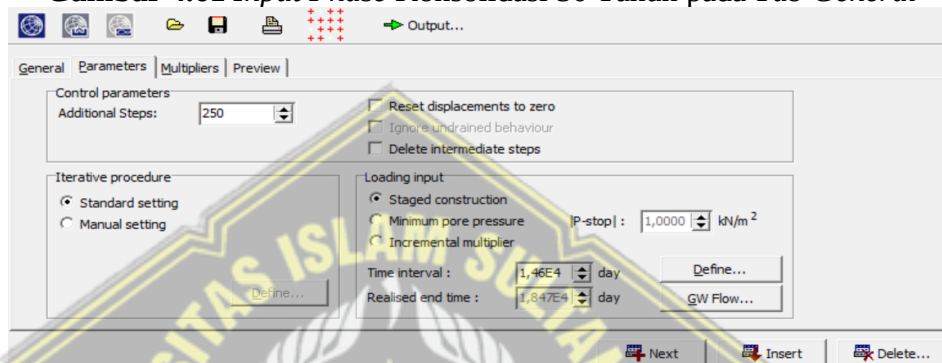
**Gambar 4.60** Input Phase Konsolidasi 10 Tahun pada Tab Parameters

## 23. Konsolidasi 50 Tahun

Pada tahapan konsolidasi 50 Tahun, dilakukan dalam waktu 18250 hari. Tahapan konsolidasi 50 tahun yaitu sebagai berikut, beri nama tahapan pada kolom *number/id*, lalu pada pilihan mulai dari tahap (*start from phase*) pilih Konsolidasi 10 Tahun. Kemudian menentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) yaitu konsolidasi (*consolidation*), lalu pindah pada Tab *Parameters*. Pada Tab *Parameters*, masukkan interval waktu (*time interval*) selama 18250 hari, lalu klik (*define*). Dapat dilihat pada Gambar 4.61 dan 4.62.



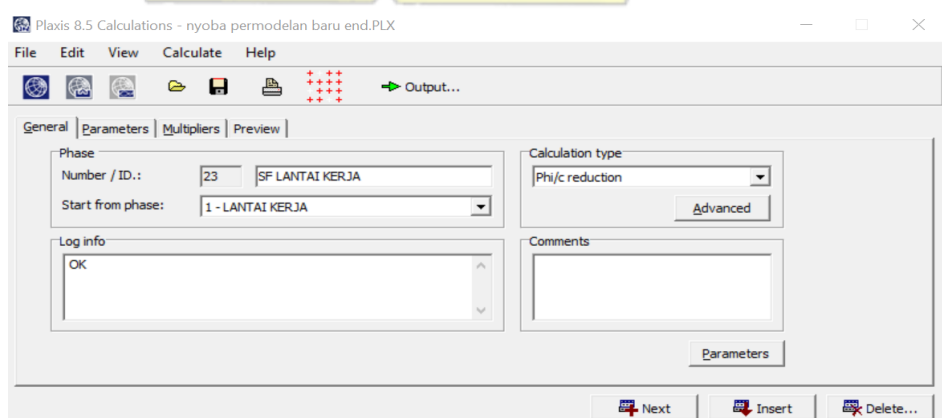
**Gambar 4.61** *Input Phase Konsolidasi 50 Tahun pada Tab General*



**Gambar 4.62** *Input Phase Konsolidasi 50 Tahun pada Tab Parameters*

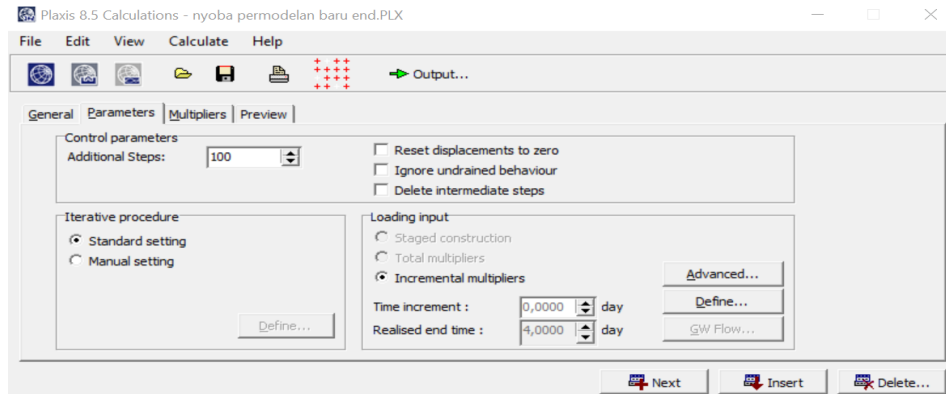
#### 24. SF Lantai Kerja

Pada tahapan SF Lantai Kerja tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Lantai Kerja pada kolom (*start from phase*). Kemudian tentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) dan pilih *Phi/c reduction*. Lalu pada Tab Parameters pilih *Incremental Multiplier* di Tab *Parameters* – *loading input* kemudian klik next, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.63 dan 4.64.



**Gambar 4.63** *Input Phase SF Lantai Kerja Pada Tab General*

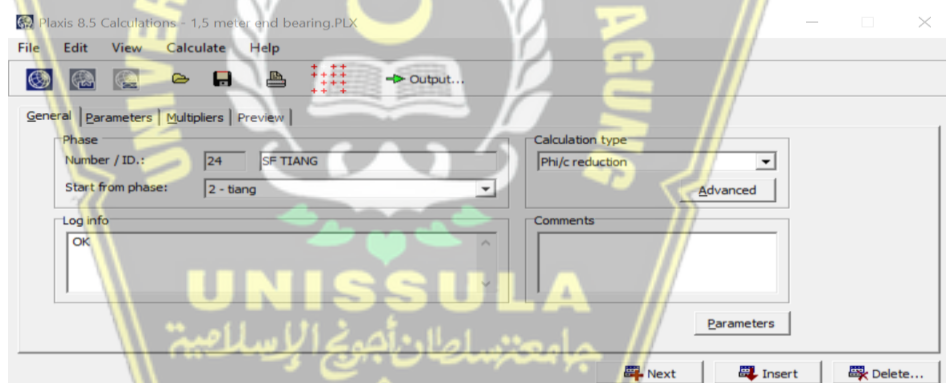




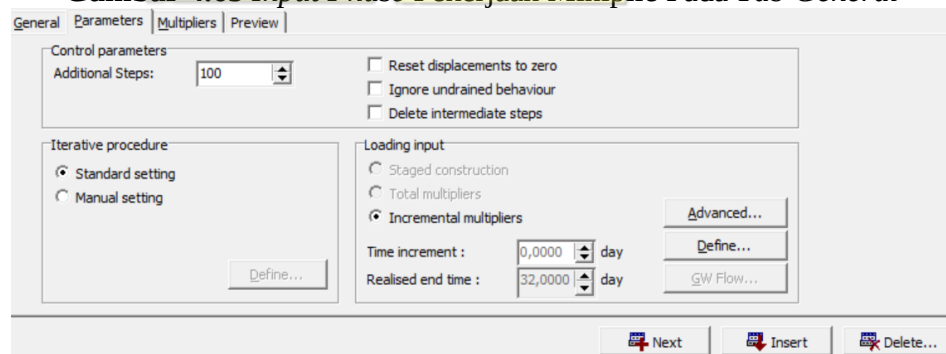
**Gambar 4.64** Input Phase SF Lantai Kerja Pada Tab Parameters

## 25. SF Pekerjaan Minipile

Pada tahapan SF Pekerjaan Minipile tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Pekerjaan Tiang pada kolom (*start from phase*). Kemudian tentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) dan pilih *Phi/c reduction*. Lalu pada Tab Parameters pilih *Incremental Multiplier* di Tab Parameters – *loading input* kemudian klik next, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.65 dan 4.66.



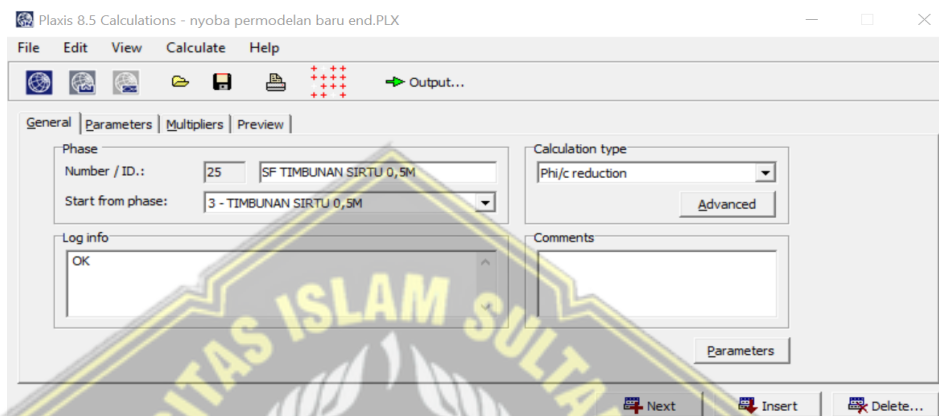
**Gambar 4.65** Input Phase Pekerjaan Minipile Pada Tab General



**Gambar 4.66** Input Phase Pekerjaan Minipile Pada Tab Parameters

## 26. SF Timbunan Sirtu 0,5 meter

Pada tahapan SF Timbunan Sirtu 0,5 meter tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Timbunan Sirtu 0,5 meter terletak di kolom (Start Phase). Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan Phi / c. Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.67 dan 4.68.



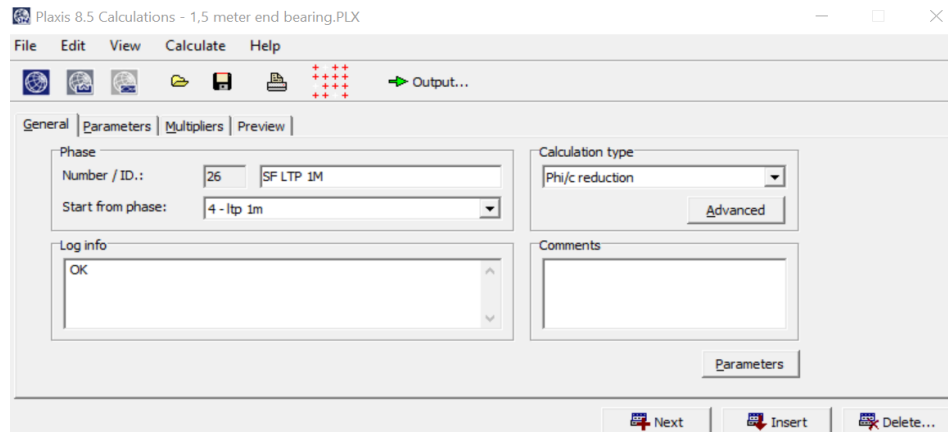
**Gambar 4.67** Input Phase SF Timbunan Sirtu 0,5 m pada Tab General



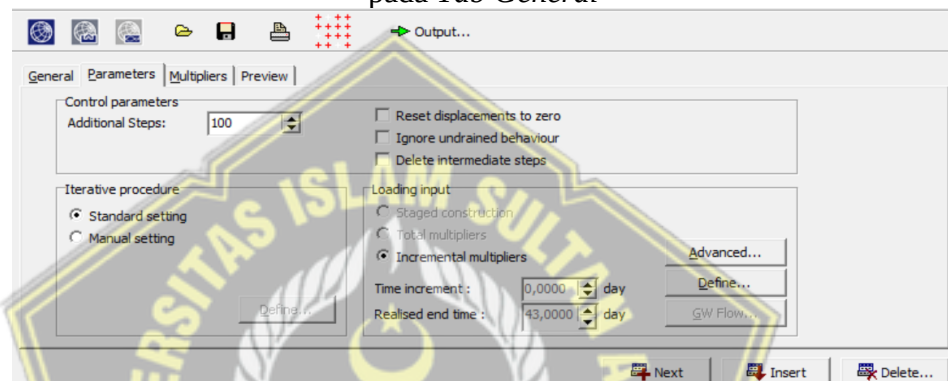
**Gambar 4.68** Input Phase SF Timbunan Sirtu 0,5 m pada Tab Parameters

## 27. SF LTP Tebal 1 meter dan Geotextile 100 kPa

Pada tahapan SF LTP Tebal 1 meter dan Geotextile 100 kPa tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih LTP Tebal 1 meter dan Geotextile 100 kPa pada Kolom (*start from phase*). Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan Phi / c. Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.69 dan 4.70.



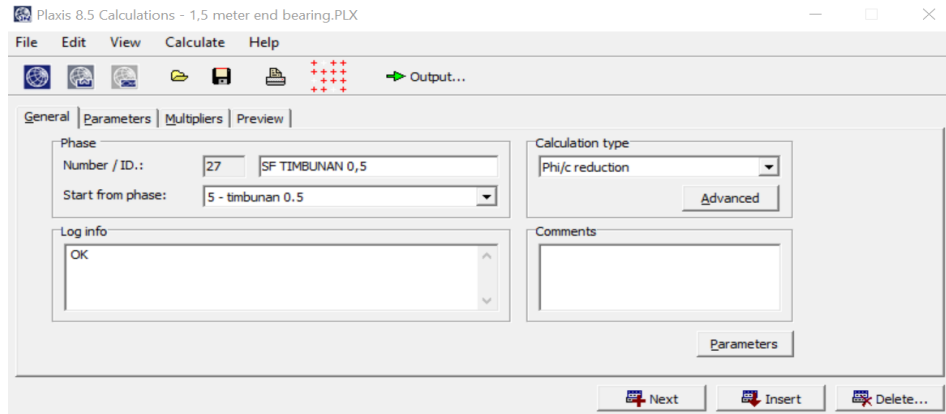
**Gambar 4.69** *Input Phase SF LTP Tebal 1 m dan Geotextile 100 kPa pada Tab General*



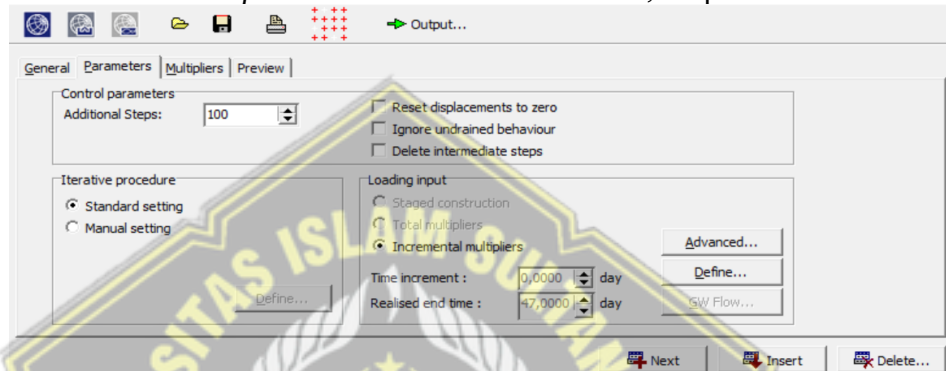
**Gambar 4.70** *Input Phase SF LTP Tebal 1 m dan Geotextile 100 kPa pada Tab Parameters*

## 28. SF LTP Tebal 0,5 meter

Pada tahapan SF LTP Tebal 0,5 meter tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Timbunan 0,5 meter pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) dan pilih *Phi/c reduction*. Lalu pada Tab *Parameters* pilih *Incremental Multiplier* di Tab *Parameters* – *loading input* kemudian klik *next*, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.71 dan 4.72.



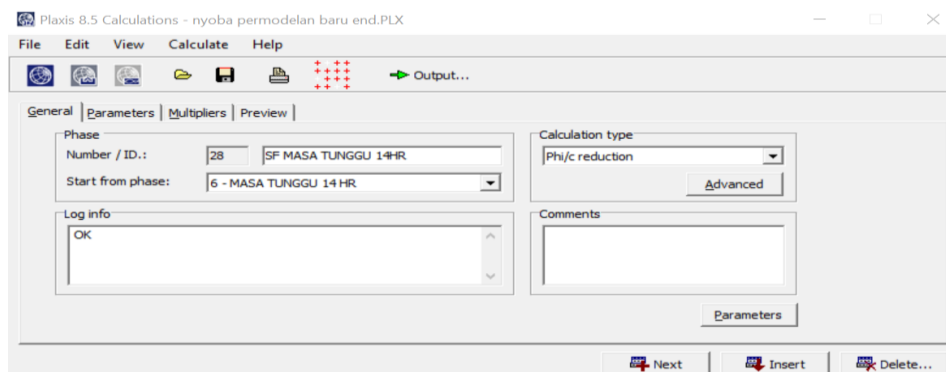
**Gambar 4.71** *Input Phase SF Timbunan Sirtu 0,5m pada Tab General*



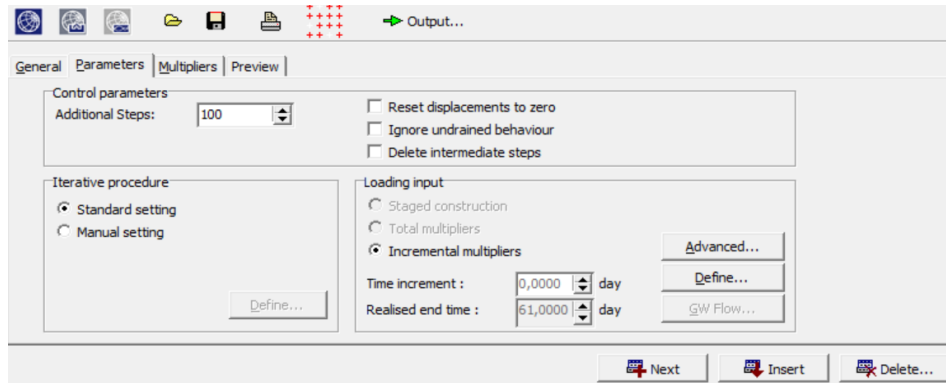
**Gambar 4.72** *Input Phase SF Timbunan Sirtu 0,5m pada Tab Parameters*

## 29. SF Masa Tunggu 14 Hari

Pada fase SF, masa tunggu 14 hari adalah: Di sini, judul kolom *Nomor / ID* ditampilkan, dan masa tunggu 14 hari dipilih di kolom Mulai dari Fase. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.73 dan 4.74.



**Gambar 4.73** *Input Phase SF Masa Tunggu 14 Hari pada Tab General*



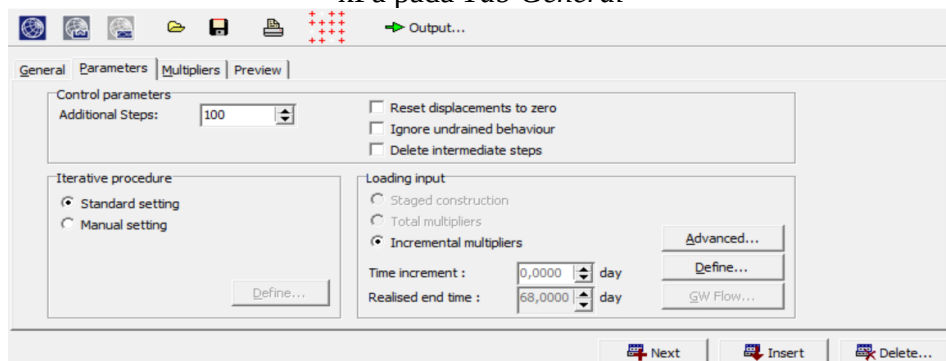
**Gambar 4.74** Input Phase SF Masa Tunggu 14 Hari pada Tab Parameters

### 30. SF Timbunan Tanah 1 meter

Pada tahapan SF Timbunan Tanah 1 meter tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Timbunan Tanah 1 meter pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan pilih jenis perhitungan dan pilih pengurangan Phi / c. Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar 4.75 dan 4.76.



**Gambar 4.75** Input Phase SF Timbunan Sirtu 1m dan Geotextile 100 kPa pada Tab General

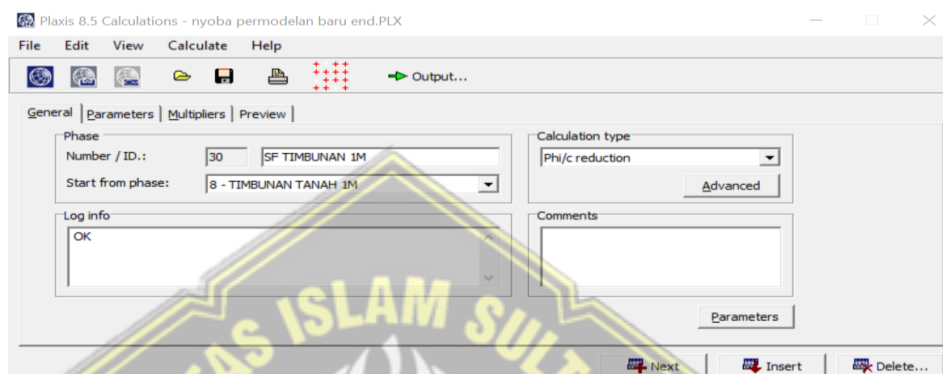


**Gambar 4.76** Input Phase SF Timbunan Tanah 1 m pada Tab Parameters

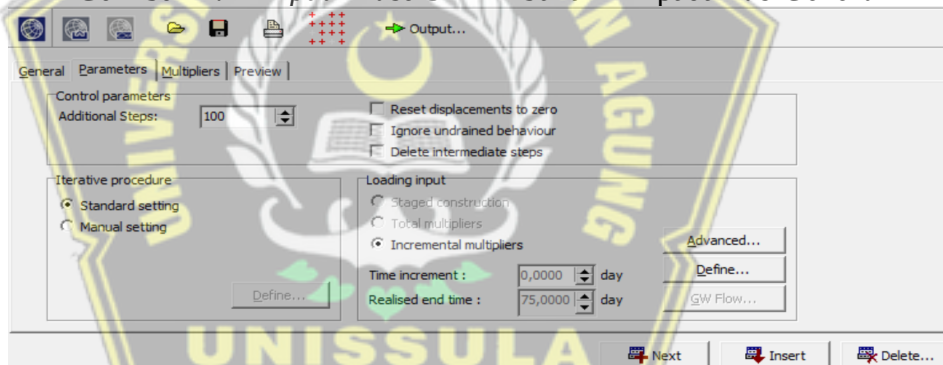


### 31. SF Timbunan Tanah 1 meter

Pada tahapan SF Timbunan Sirtu 1m tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Timbunan Sirtu 1m pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan pilih jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar 4.77 dan 4.78.



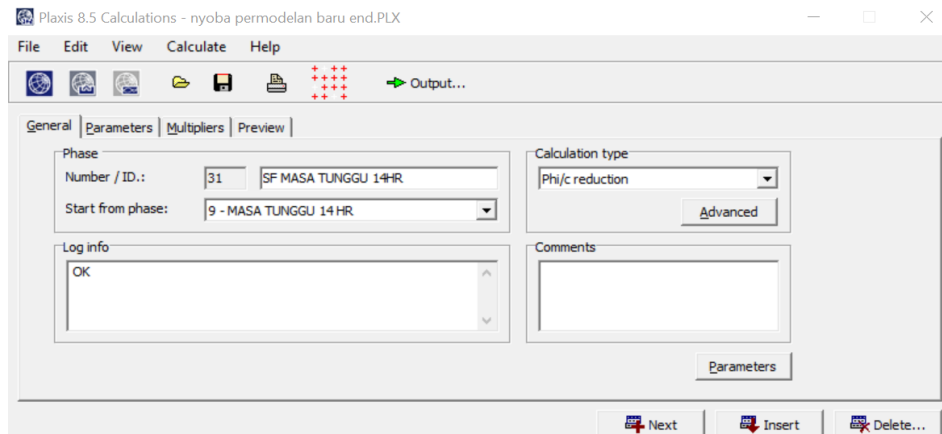
**Gambar 4.77** Input Phase SF Timbunan 1m pada Tab General



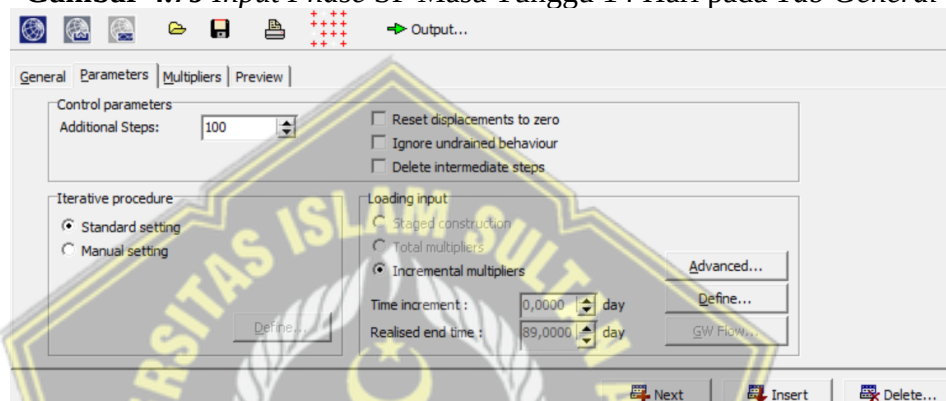
**Gambar 4.78** Input Phase SF Timbunan 1m pada Tab Parameters

### 32. SF Masa Tunggu 14 Hari

Pada tahapan SF Masa Tunggu 14 Hari tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih waktu tunggu untuk kolom *Start from Phase* adalah 14 hari. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.79 dan 4.80.



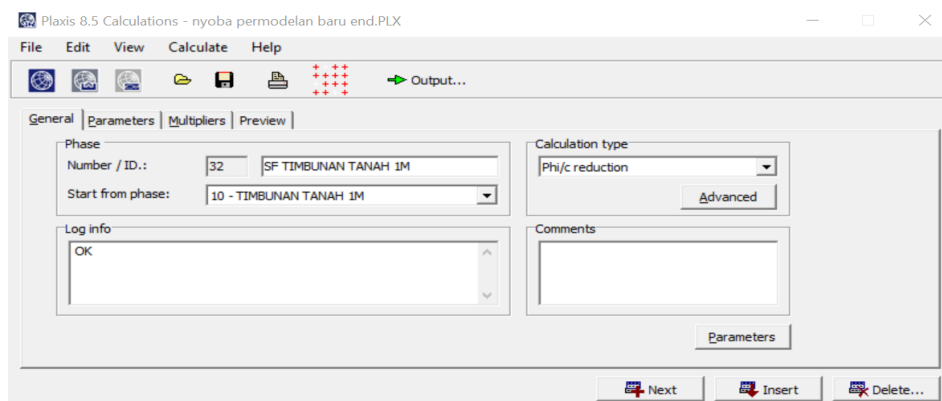
**Gambar 4.79** Input Phase SF Masa Tunggu 14 Hari pada Tab General



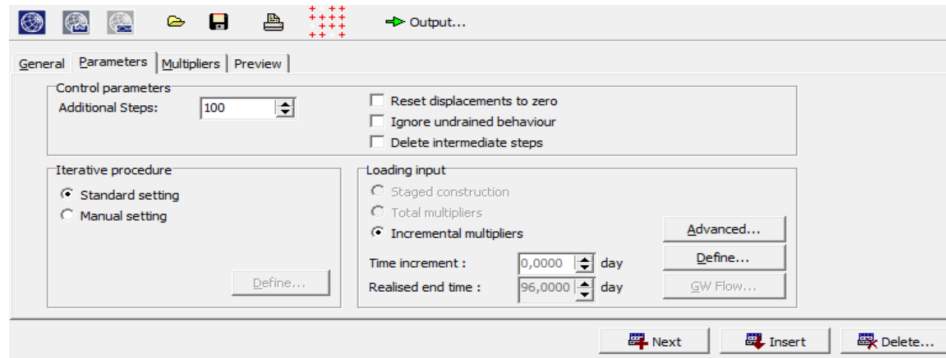
**Gambar 4.80** Input Phase SF Masa Tunggu 14 Hari pada Tab Parameters

### 33. SF Timbunan Tanah 1 meter

Pada tahapan SF Timbunan Tanah 1 meter tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada Kolom Nomor/ID, kolom *Start Phase*, pilih timbunan 1m. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.81 dan 4.82.



**Gambar 4.81** Input Phase SF Timbunan Tanah 1 m pada Tab General



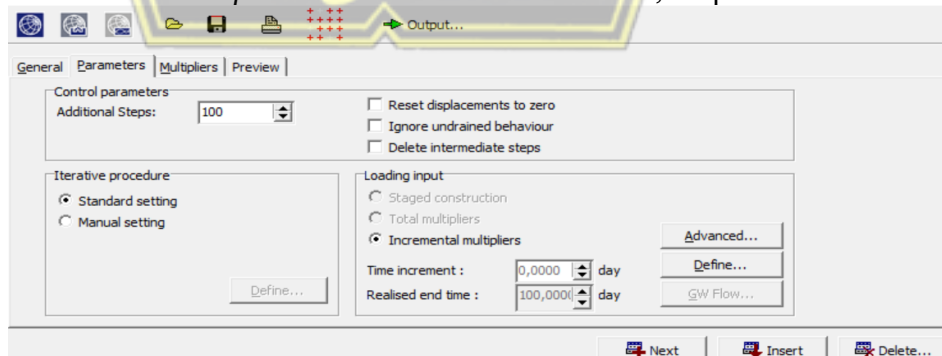
**Gambar 4.82** Input Phase SF Timbunan Tanah 1 m pada Tab Parameters

#### 34. SF Timbunan Tanah 0,5 meter

Pada tahapan SF Timbunan Tanah 0,5 meter tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Timbunan Tanah 0,5 m pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan pilih jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi$  /  $c$ . Kemudian, pada tab *Parameters*, pilih *Incremental Multiplier* pada tab *Parameters* – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.83 dan 4.84.



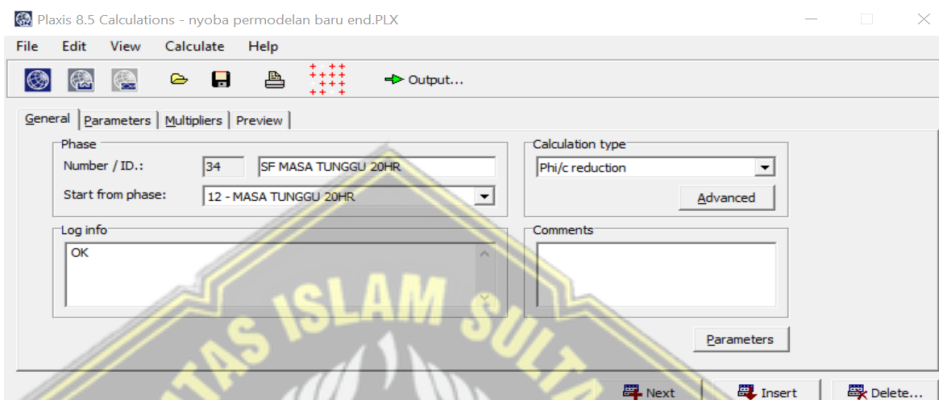
**Gambar 4.83** Input Phase SF Timbunan Tanah 0,5m pada Tab General



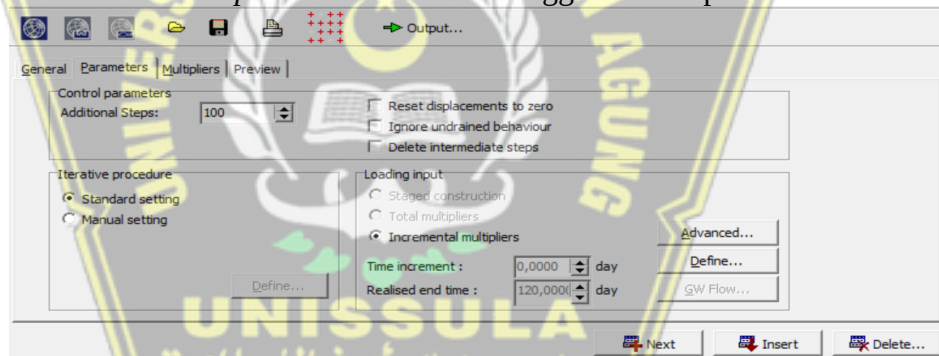
**Gambar 4.84** Input Phase SF Timbunan Tanah 0,5m pada Tab Parameters

### 35. SF Masa Tunggu 20 Hari

Pada tahapan SF Masa Tunggu 20 Hari tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih di kolom mulai dengan Fase, waktu tunggu adalah 20 hari. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab *Parameters*, pilih *Incremental Multiplier* pada tab *Parameters* – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.85 dan 4.86.



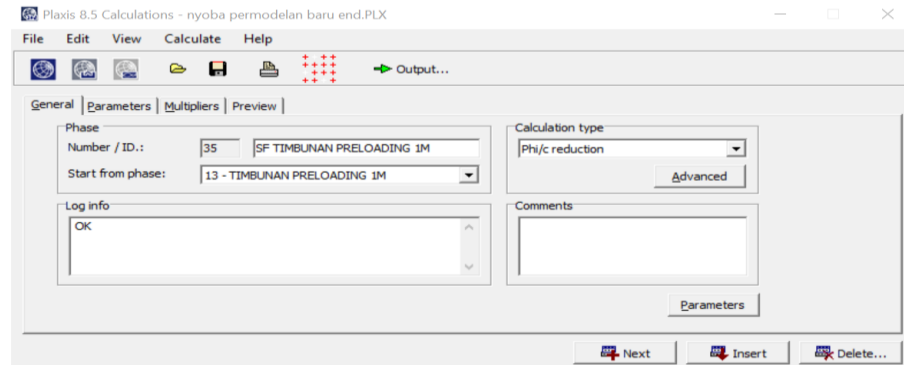
**Gambar 4.85** Input Phase SF Masa Tunggu 20 Hari pada Tab General



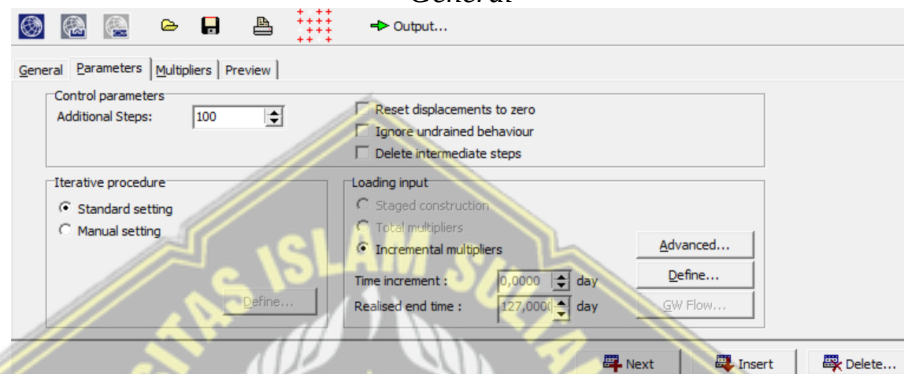
**Gambar 4.86** Input Phase SF Masa Tunggu 20 Hari pada Tab Parameters

### 36. SF Timbunan Preloading 1 meter

Pada tahapan SF Timbunan Preloading 1 meter tahapannya adalah sebagai berikut, beri judul pada kolom *number/id*, pilih Timbunan Preloading 1 meter pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan pilih jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab *Parameters*, pilih *Incremental Multiplier* pada tab *Parameters* – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.87 dan 4.88.



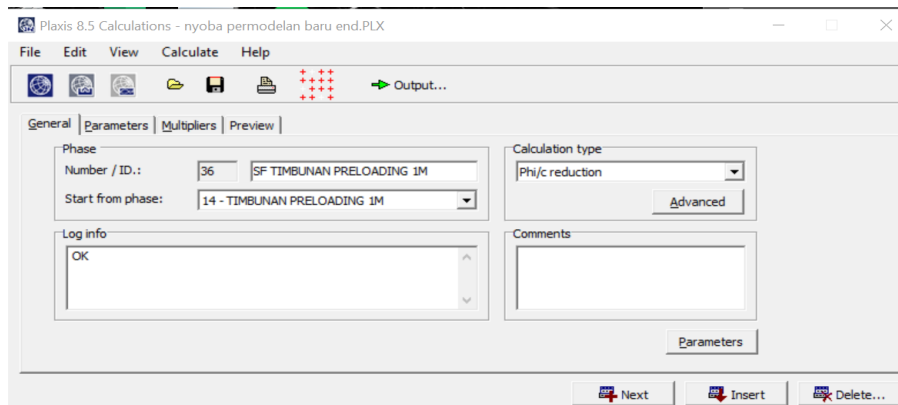
**Gambar 4.87** Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab General



**Gambar 4.88** Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab Parameters

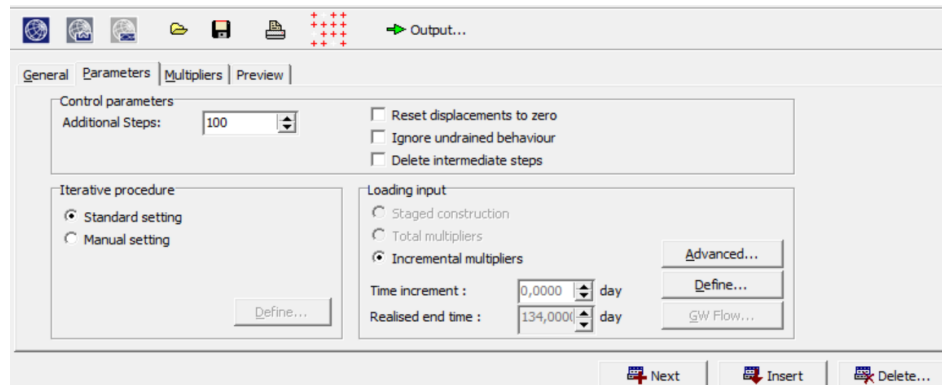
### 37. SF Timbunan Preloading 1 meter ke-2

Pada tahapan SF Timbunan Preloading 1 meter tahapannya adalah sebagai berikut, beri judul pada kolom *number/id*, pilih Timbunan Preloading 1 meter pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) dan pilih *Phi/c reduction*. Lalu pada Tab Parameters pilih *Incremental Multiplier* di Tab Parameters – *loading input* kemudian klik *next*, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.89 dan 4.90.



**Gambar 4.89** Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab General

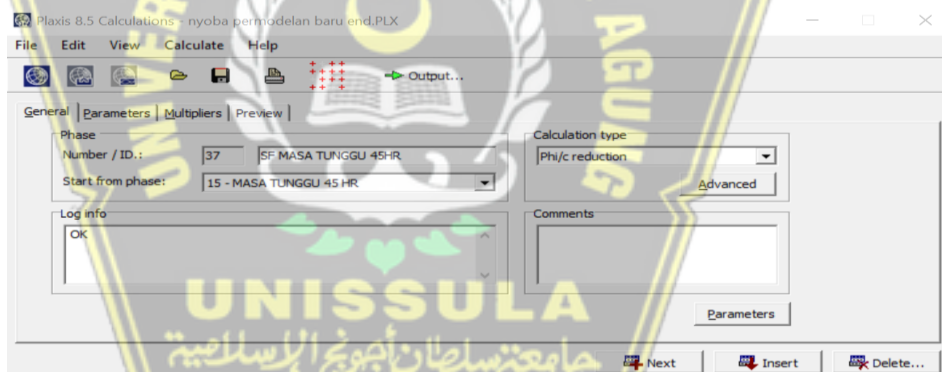




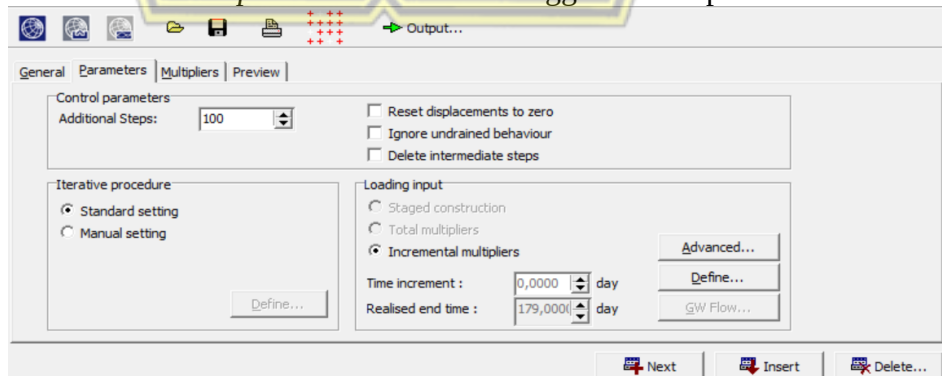
**Gambar 4.90** Input Phase SF Timbunan Preloading 1m pada Tab Parameters

### 38. SF Masa Tunggu 45 Hari

Pada tahapan SF Masa Tunggu 45 Hari tahapannya adalah sebagai berikut, beri judul pada Kolom *Nomor/ID*, kolom *Start Phase*, pilih waktu tunggu 45 hari. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi$  /  $c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.91 dan 4.92.



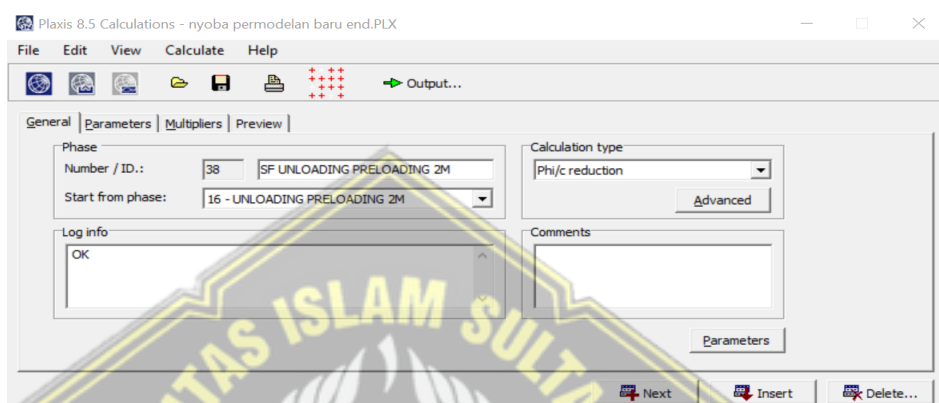
**Gambar 4.91** Input Phase SF Masa Tunggu 45 Hari pada Tab General



**Gambar 4.92** Input Phase SF Masa Tunggu 45 Hari pada Tab Parameters

### 39. SF Unloading Preloading 2 meter

Pada tahapan SF Unloading Preloading 2 meter tahapannya adalah sebagai berikut, beri judul pada kolom number/id, pilih *Unloading Preloading 2 meter* pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan pilih jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.93 dan 4.94.



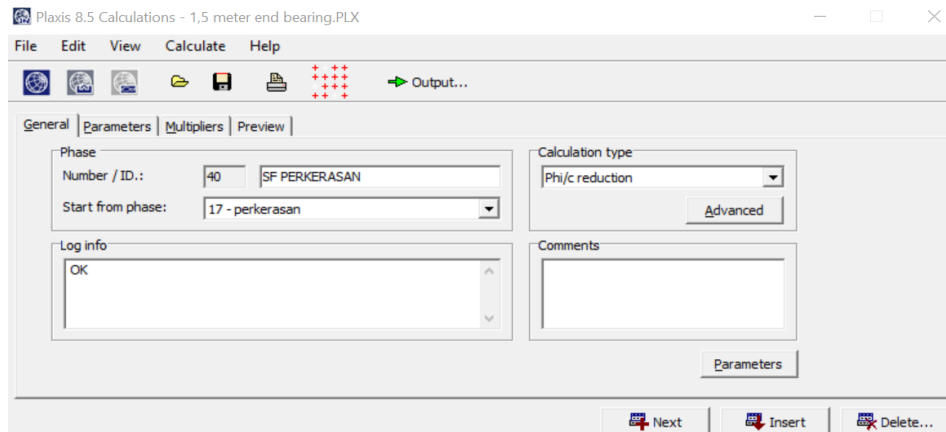
**Gambar 4.93** Input Phase SF Unloading Preloading 2 m pada Tab General



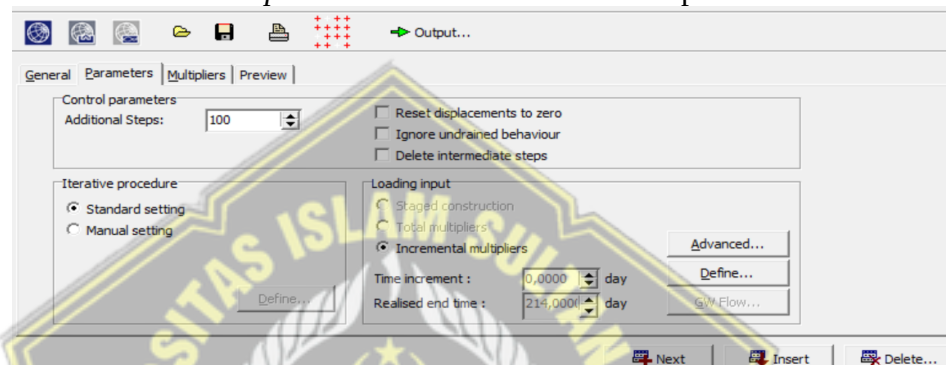
**Gambar 4.94** Input Phase SF Unloading Preloading 2 m pada Tab Parameters

### 40. SF Beban Perkerasan Jalan

Pada tahapan SF Beban Perkerasan Jalan tahapannya adalah sebagai berikut, beri judul pada kolom *number/id*, pilih *Beban Perkerasan Jalan* pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan pilih jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.95 dan 4.96.



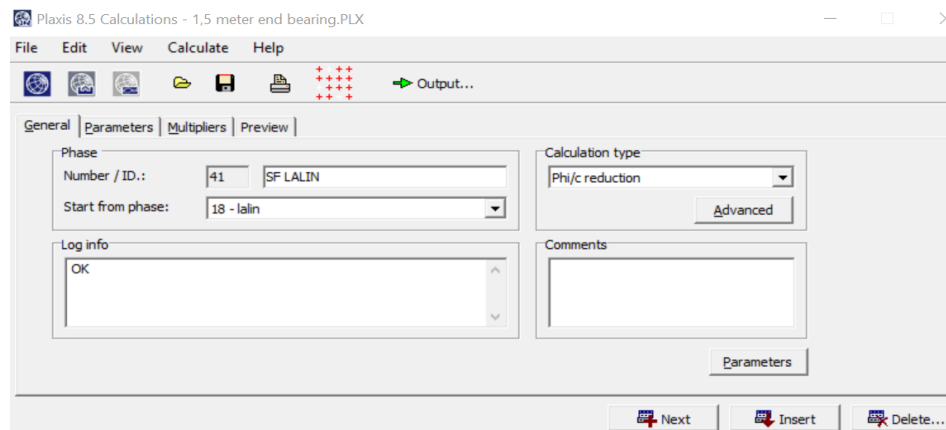
**Gambar 4.95** Input Phase SF Beban Perkerasan pada Tab General



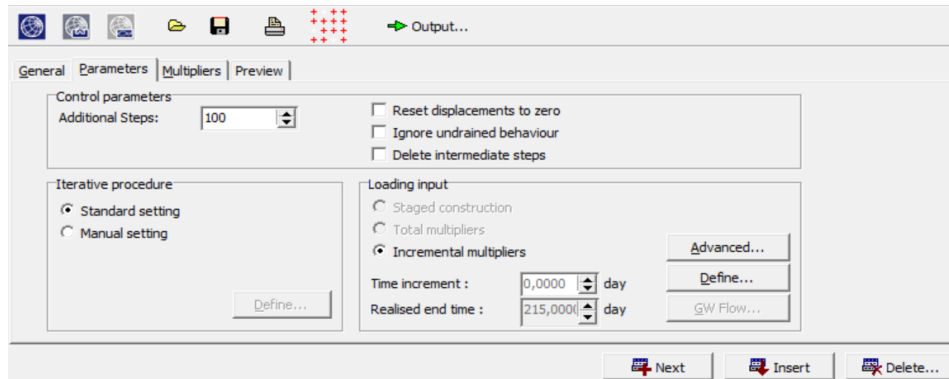
**Gambar 4.96** Input Phase SF Perkerasan pada Tab Parameters

#### 41. SF Beban Lalu Lintas

Pada tahapan SF Beban Perkerasan Jalan tahapannya adalah sebagai berikut, beri judul pada kolom *number/id*, pilih Beban Lalu Lintas pada kolom *start from phase*. Kemudian tentukan tipe kalkulasi (*calculation type*) dan pilih *Phi/c reduction*. Lalu pada Tab Parameters pilih *Incremental Multiplier* di Tab Parameters – *loading input* kemudian klik *next*, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.97 dan 4.98.



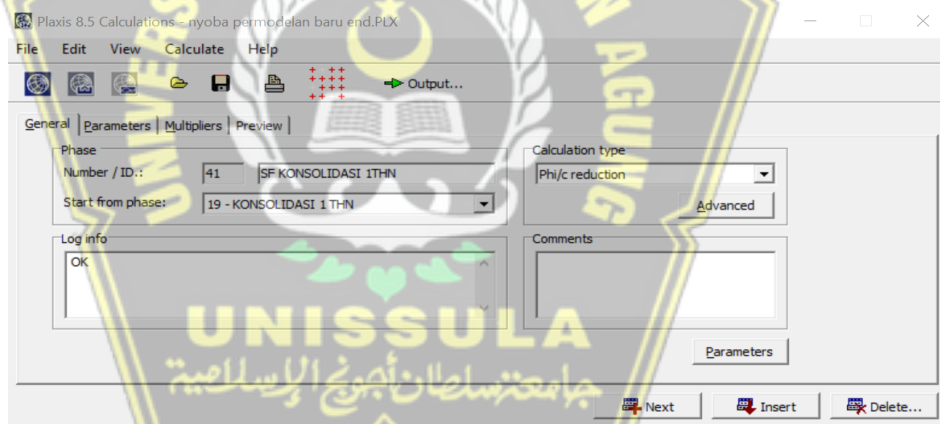
**Gambar 4.97** Input Phase SF Beban Lalu Lintas pada Tab General



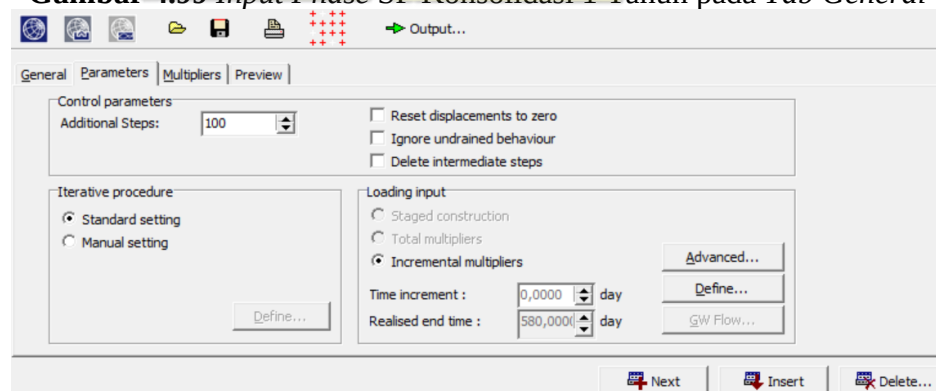
**Gambar 4.98** Input Phase SF Perkerasan pada Tab Parameters

#### 42. SF Konsolidasi 1 Tahun

Pada fase Konsolidasi1 tahun fase-fasenya adalah sebagai berikut. Beri judul pada kolom nomor/ID dan pilih (Konsolidasi 1 Tahun) pada kolom (Start From Phase) Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi$  / c. Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar 4.99 dan 4.100.



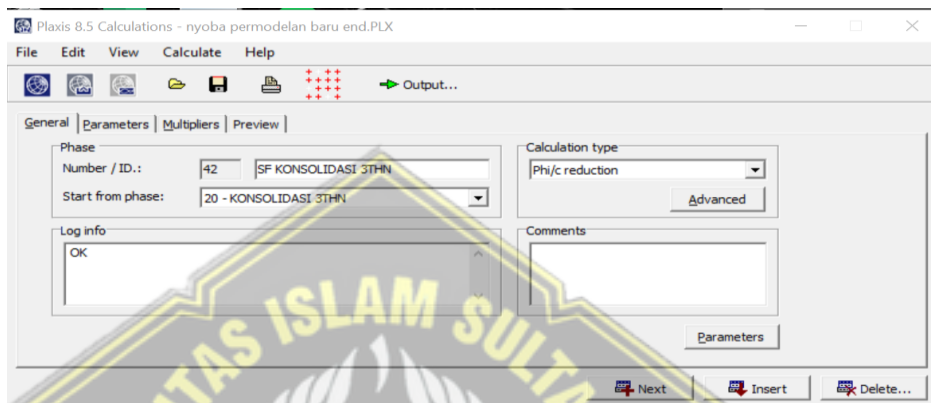
**Gambar 4.99** Input Phase SF Konsolidasi 1 Tahun pada Tab General



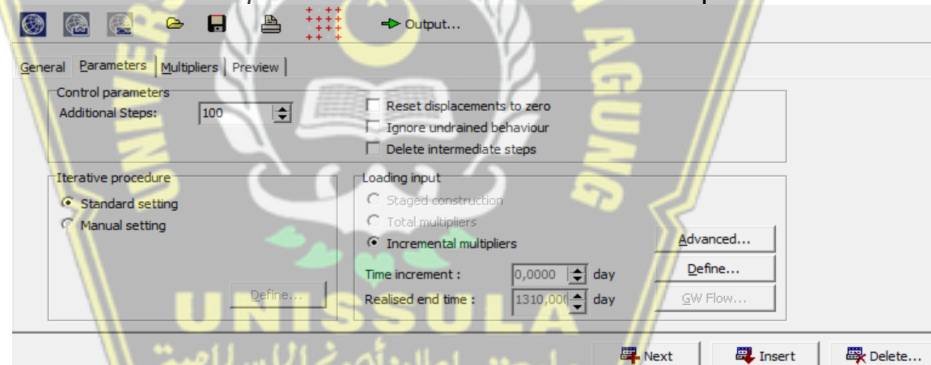
**Gambar 4.100** Input Phase SF Konsolidasi 1 Tahun pada Tab Parameters

#### 43. SF Konsolidasi 3 Tahun

Pada fase SF Konsolidasi 3 Tahun tahapannya adalah sebagai berikut, memberi judul pada kolom *number/id*, pilih Konsolidasi 3 Tahun kolom awal tahap. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.101 dan 4.102.



**Gambar 4.101** Input Phase SF Konsolidasi 3 Tahun pada Tab General

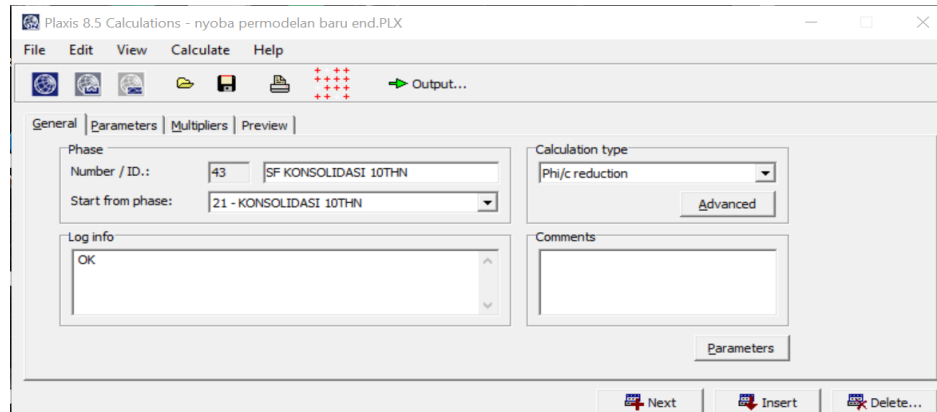


**Gambar 4.102** Input Phase SF Konsolidasi 3 Tahun pada Tab Parameters

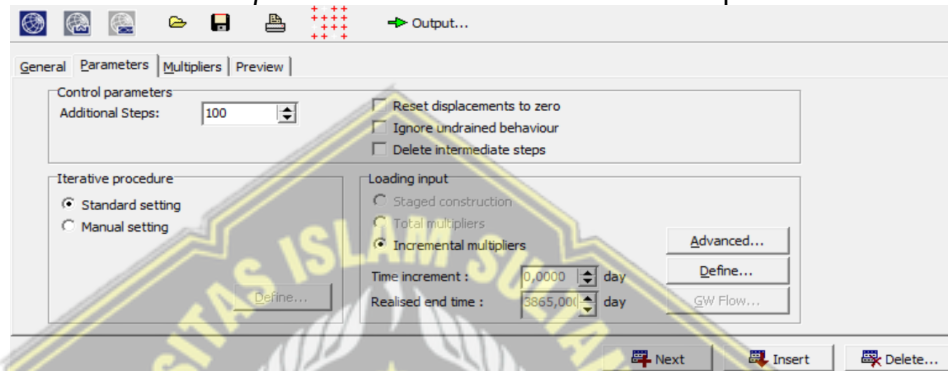
#### 44. SF Konsolidasi 10 Tahun

Pada Fase SF konsolidasi 10 tahun terlihat seperti ini: Beri judul pada kolom *Number/ID* dan pilih Konsolidasi 10 Tahun pada kolom *Start with Phase*. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik *Next*. Ini ditunjukkan pada gambar. 4.103 dan 4.104.





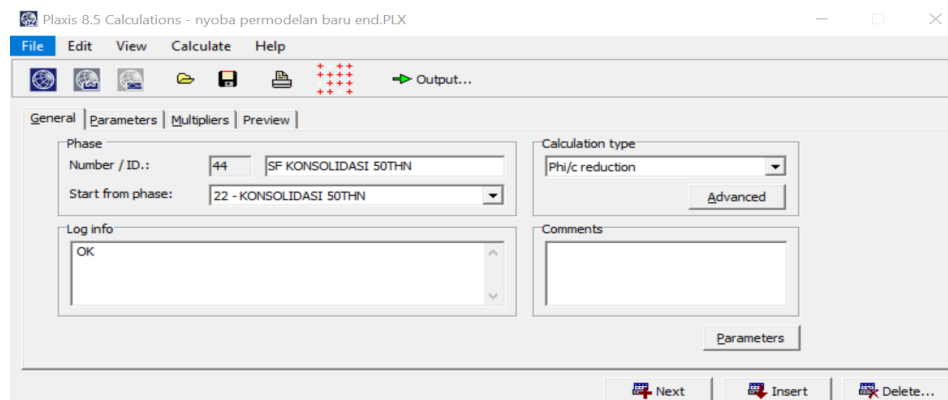
**Gambar 4.103** Input Phase SF Konsolidasi 10 Tahun pada Tab General



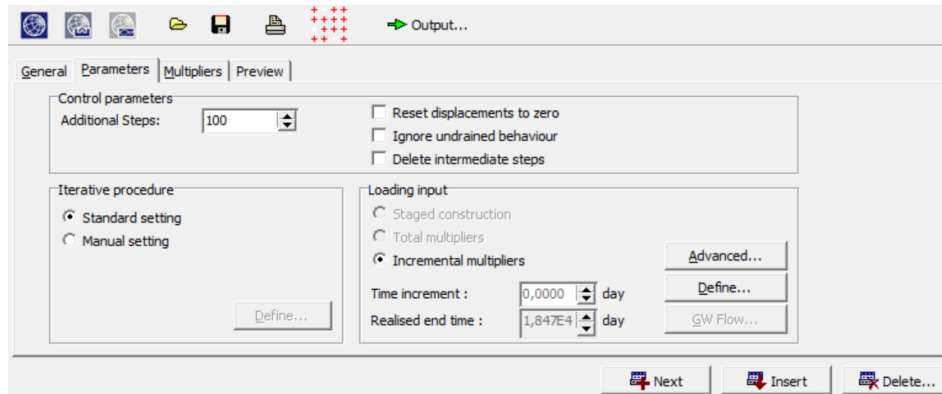
**Gambar 4.104** Input Phase SF Konsolidasi 10 Tahun pada Tab Parameters

#### 45. SF Konsolidasi 50 Tahun

Pada Fase SF Konsolidasi 50 tahun adalah sebagai berikut: Beri judul pada kolom *Number/ID* dan pilih SF Konsolidasi 50 Tahun pada kolom *Start Phase*. Kemudian tentukan jenis perhitungan dan pilih pengurangan  $\Phi / c$ . Kemudian, pada tab Parameters, pilih *Incremental Multiplier* pada tab Parameters – muat input dan klik Next. Ini ditunjukkan pada gambar 4.105 dan 4.106.



**Gambar 4.105** Input Phase SF Konsolidasi 50 Tahun pada Tab General



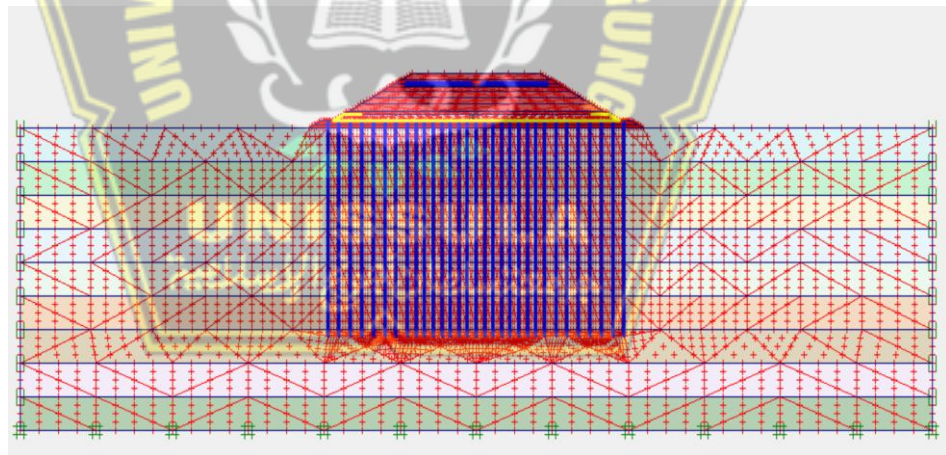
**Gambar 4.106** *Input Phase SF Konsolidasi 50 Tahun pada Tab Parameters*

#### 46. Grafik Penurunan

Penentuan area yang akan dilihat untuk mengetahui kurva hubungan antara

penurunan dan waktu dapat dikerjakan dengan meng-klik toolbar

dan  selanjutnya klik area yang akan dilihat penurunannya yaitu pada titik A. Selanjutnya yaitu klik  Update dan  Calculate, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.107.

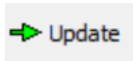
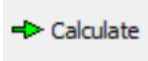


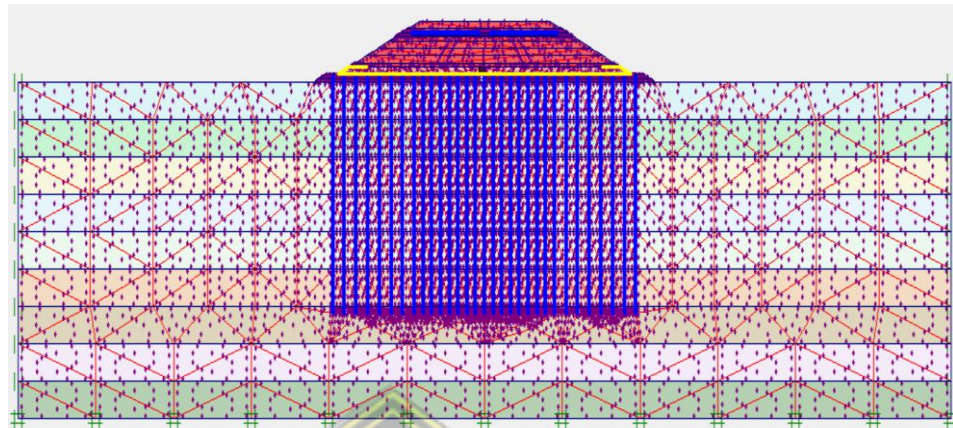
**Gambar 4.107.** *Input Titik Tinjauan Displacement*

#### 47. Penentuan area yang akan dilihat untuk mengetahui kurva hubungan antara

tegangan dan waktu, dapat dikerjakan dengan meng-klik toolbar

dan  kemudian pilih area yang dilakukan dilihat yaitu titik B. Lalu

klik  dan , hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.108.



**Gambar 4.108** Input Titik Tinjauan Stresses

#### 4.5. Hasil Perhitungan

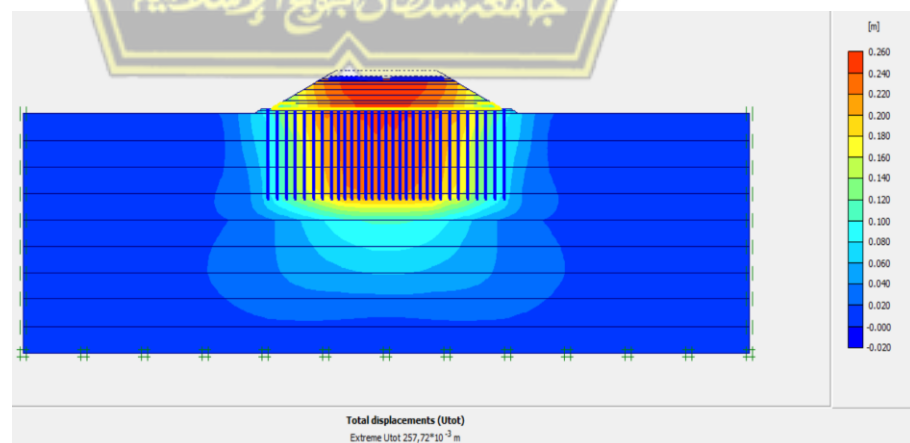
Dari hasil perhitungan yang didapatkan dari program Plaxis 8.6 yaitu berupa nilai total penurunan tanah, tegangan efektif, tekanan air pori berlebih dan angka faktor keamanan dari metode variasi ketebalan *Load Transfer Platform (LTP)* terhadap *tiang friction* dan *tiang end bearing*.

##### 4.5.1. Output Setelah Diberi Beban Perkerasan

###### a. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 1,5 meter

- Dengan Model *Tiang Friction*

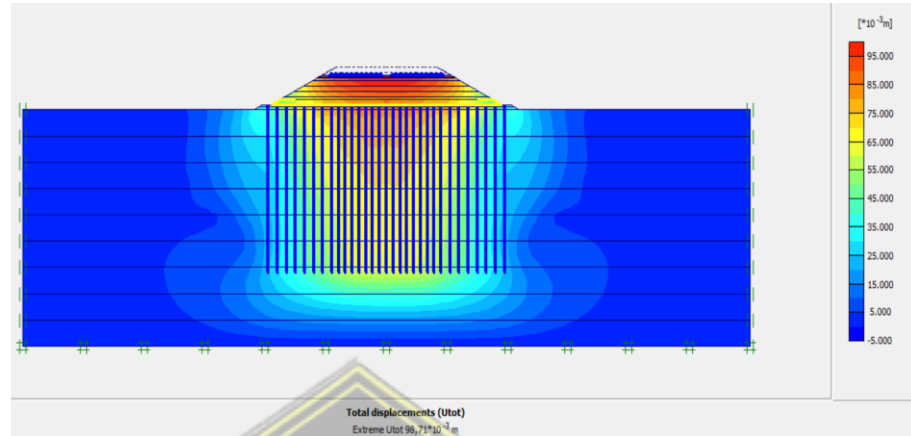
Setelah diberi beban perkerasan terjadi penurunan tanah sebesar  $257,72 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.109.



**Gambar 4.109** Kemudian Total Penurunan Tanah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model *Tiang Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban perkerasan terjadi penurunan tanah sebesar  $98,71 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.110.

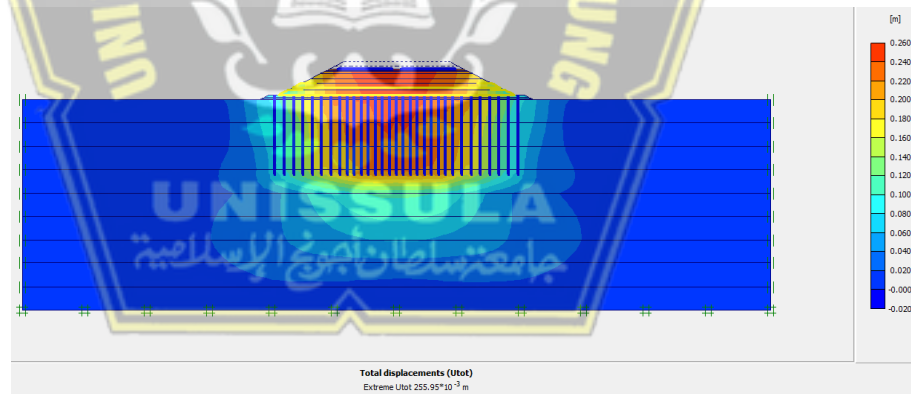


**Gambar 4.110** Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**b. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Setelah diberi beban perkerasan terjadi penurunan tanah sebesar  $255,95 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.111.

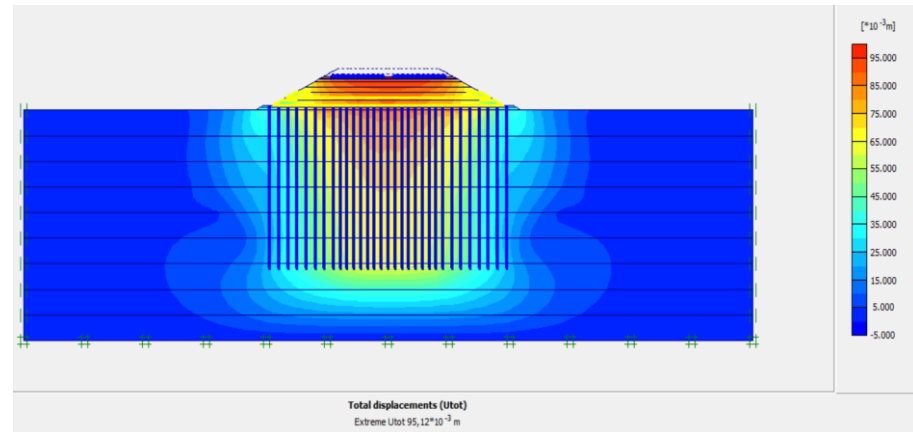


**Gambar 4.111** Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban perkerasan terjadi penurunan tanah sebesar  $95,12 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.112.



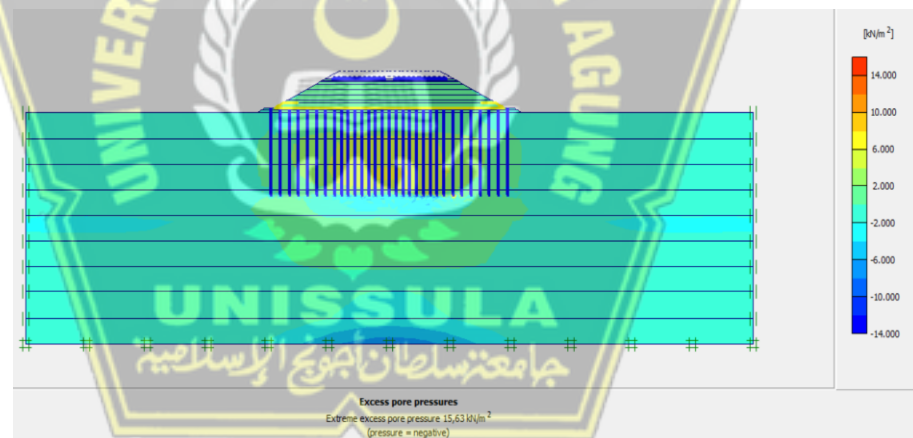


**Gambar 4.112** Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**c. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Tekanan Air Pori Berlebih setelah diberi beban perkerasan pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 15,92 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.113.

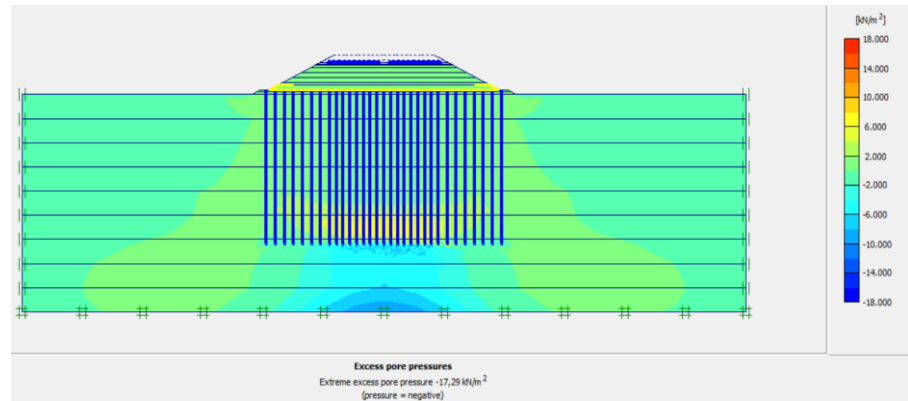


**Gambar 4.113** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan Air Pori Berlebih setelah diberi beban perkerasan LTP 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -17,29 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.114.





**Gambar 4.114** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

**d. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

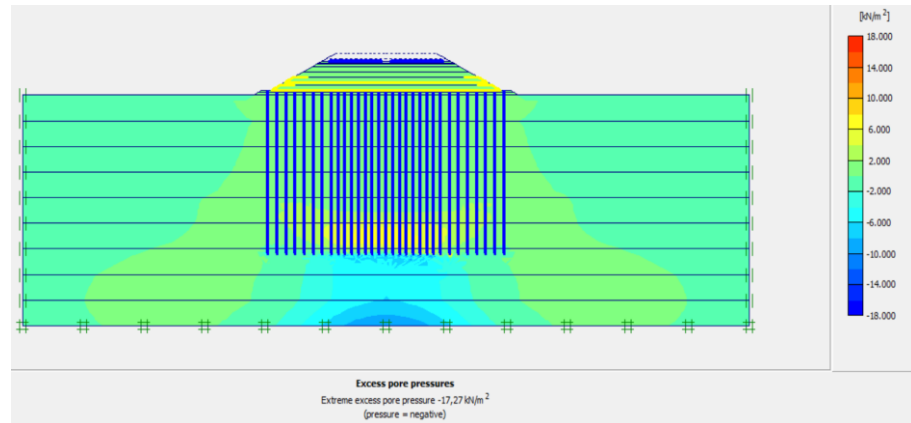
Tekanan air pori berlebih setelah diberi beban perkerasan dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 15,88 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.115.



**Gambar 4.115** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah diberi beban perkerasan dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -17,27kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.116.

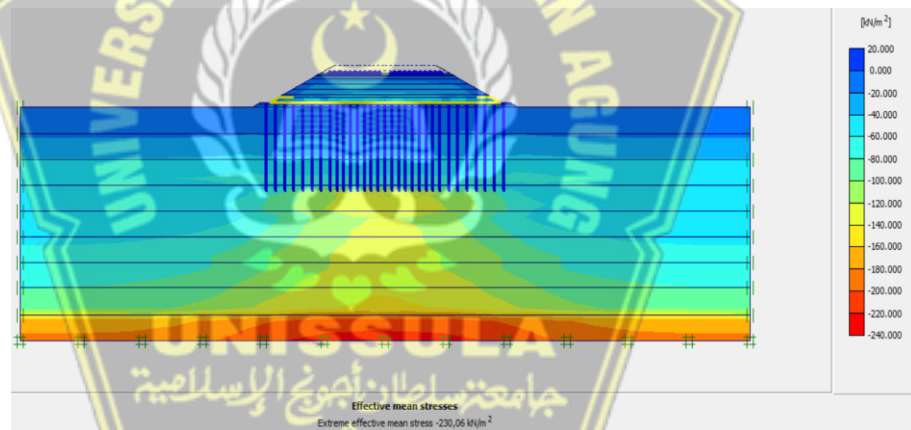


**Gambar 4.116** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**e. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

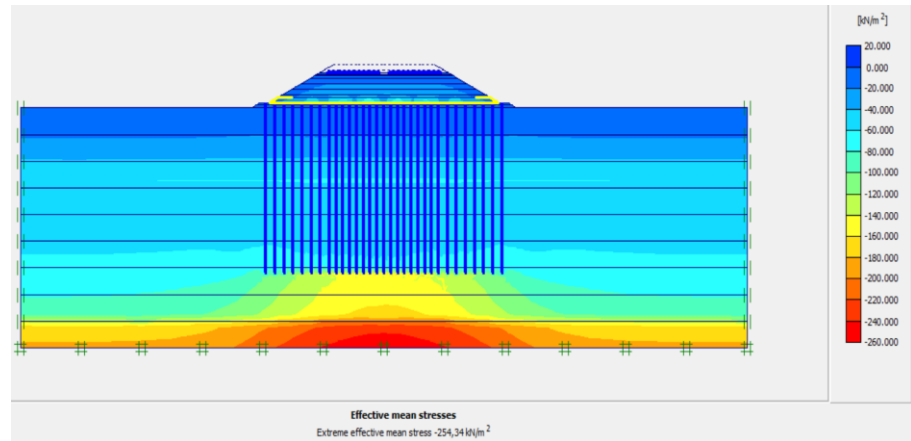
Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban perkerasan pada LTP tebal 1,5m dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -230,06 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.117.



**Gambar 4.117** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban perkerasan pada LTP tebal 1,5m dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -254,34 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.118.

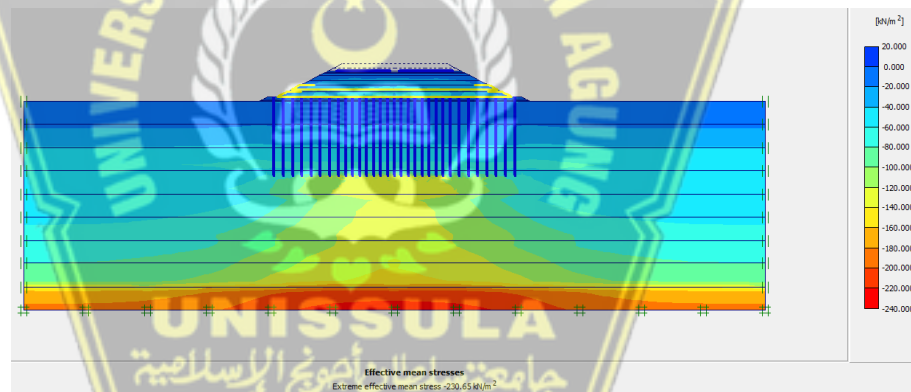


**Gambar 4.118** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**f. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

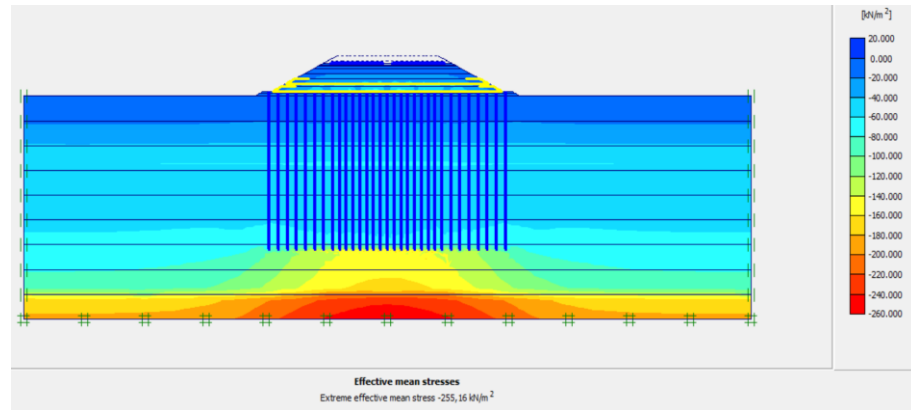
Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban perkerasan pada LTP tebal 3m dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -230.65 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.119.



**Gambar 4.119** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban perkerasan pada LTP tebal 3m dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -255,16 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.120.

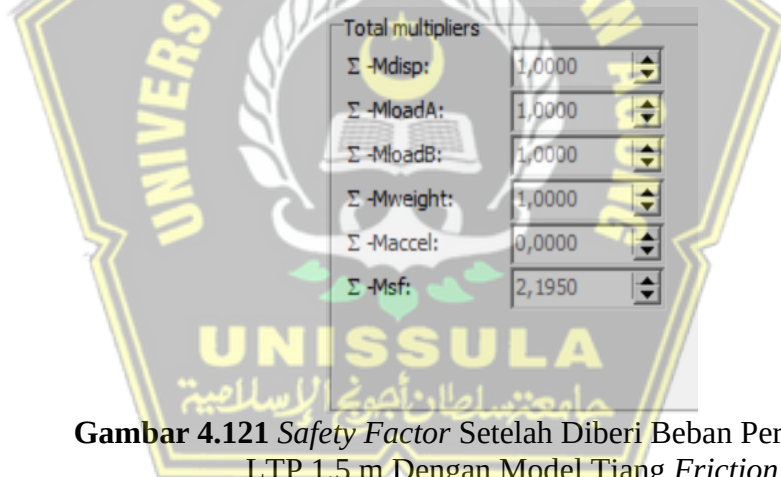


**Gambar 4.120** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**g. Safety Factor Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah diberi beban perkerasan pada LTP tebal 1,5 meter dengan model tiang *friction* adalah sebanyak 2,1950. Dapat dilihat pada Gambar 4.121.



**Gambar 4.121** *Safety Factor* Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah diberi beban perkerasan pada LTP tebal 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* adalah sebanyak 2,2696. Dapat dilihat pada Gambar 4.122.

| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,2696 |

**Gambar 4.122** *Safety Factor* Setela Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### h. *Safety Factor* Pada LTP Tebal 3 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah diberi timbunan sirtu 1 meter dan geotextile 100 kPa pada LTP tebal 3 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,2033. Dapat dilihat pada gambar 4.123.

| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,2033 |

**Gambar 4.123** *Safety Factor* Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah diberi beban perkerasan pada LTP tebal 3m dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2,3513. Dapat dilihat pada gambar 4.124.



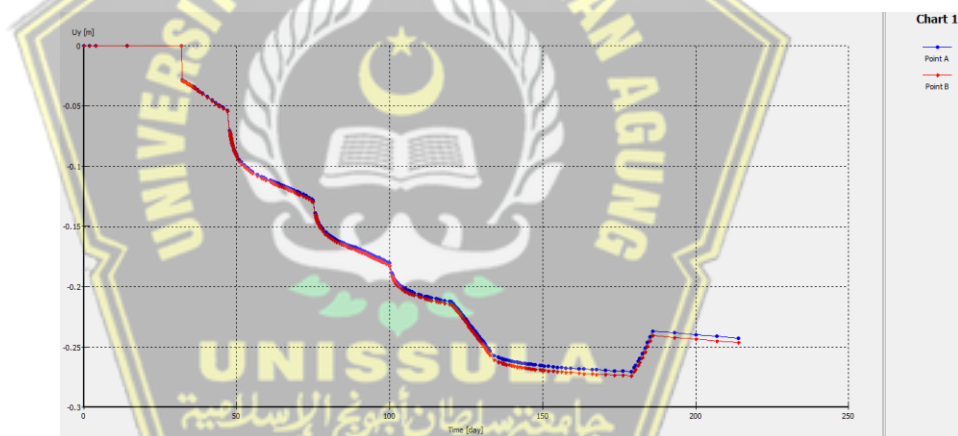
|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,3513 |

**Gambar 4.124** *Safety Factor* Setelah Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**i. Grafik Penurunan Perkerasan Jalan Pada LTP Tebal 1,5m**

- Dengan Model Tiang *Friction*

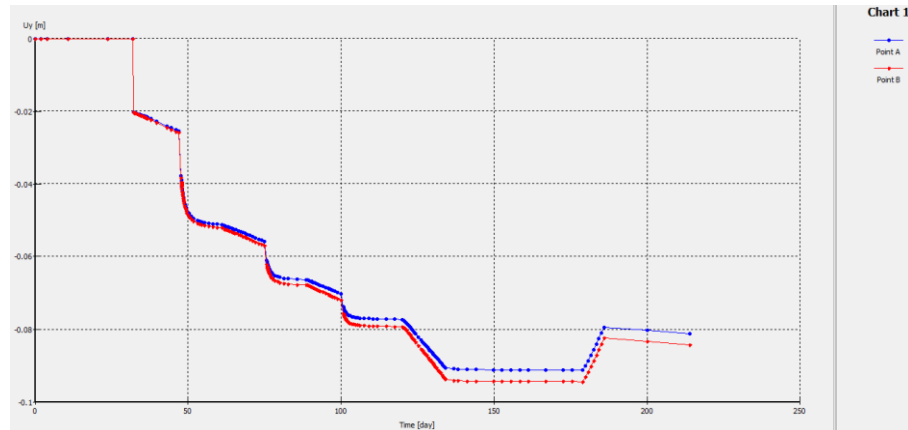
Setelah diberi beban perkerasan pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction* total penurunan pada Titik A sebesar -24,2 cm, Titik B sebesar -24,6 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.125.



**Gambar 4.125** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban perkerasan pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* total penurunan pada Titik A sebesar -8,1 cm dan Titik B sebesar -8,4 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.126.

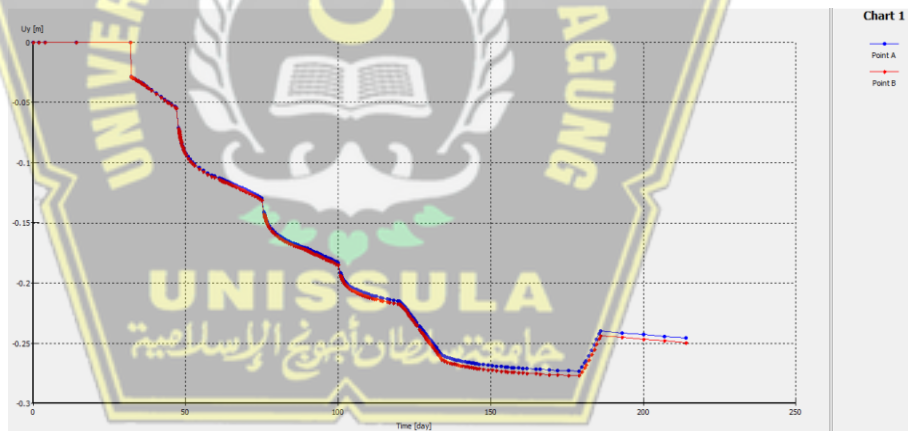


**Gambar 4.126** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**j. Grafik Penurunan Perkerasan Jalan Pada LTP Tebal 3m**

- Dengan Model Tiang *Friction*

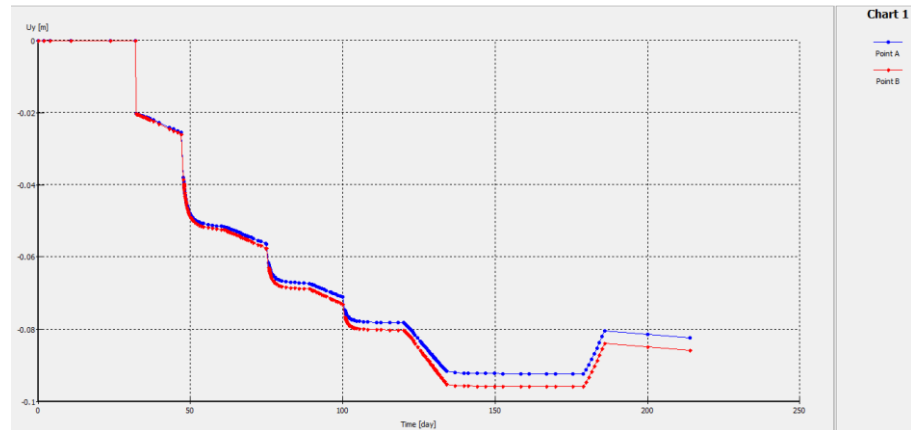
Setelah diberi beban perkerasan pada LTP 3 meter dengan model tiang *friction* total penurunan pada Titik A sebesar -24,5 cm dan Titik B sebesar -24,9 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.127.



**Gambar 4.127** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban perkerasan total penurunan pada LTP 3 meter pada LTP 3 meter total penurunan pada Titik A sebesar -8,2 cm, Titik B sebesar -8,6 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.128.



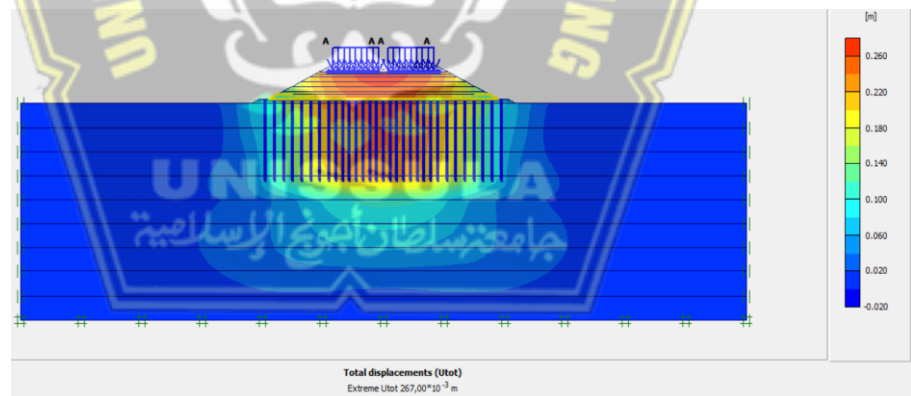
**Gambar 4.128** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Perkerasan Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### 4.5.2. Output Setelah Diberi Beban Lalu Lintas 15 kN/m<sup>2</sup>

##### a. Total Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

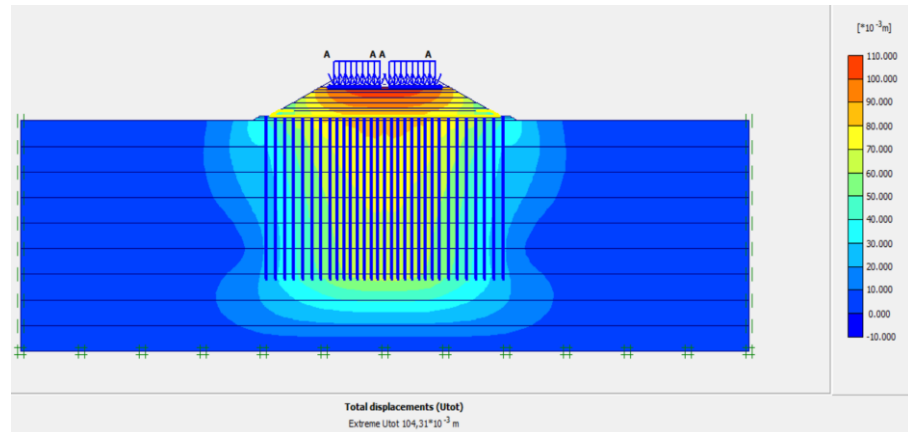
Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 1,5 meter total penurunan tanah sebesar  $267 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.129.



**Gambar 4.129** Total Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 1,5 meter total penurunan tanah sebesar  $104,31 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.130.

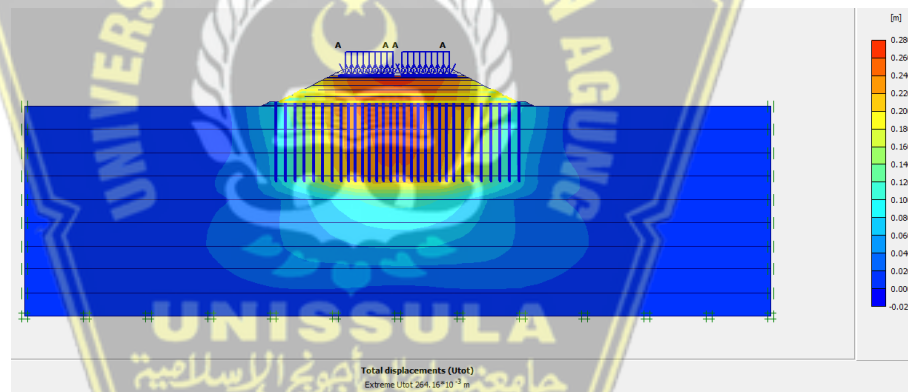


**Gambar 4.130** Total Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

**b. Total Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

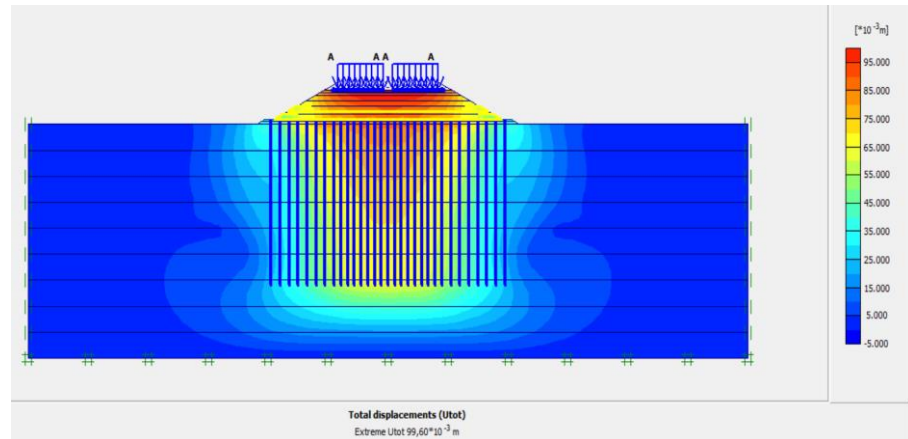
Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 3 meter total penurunan tanah sebesar  $264,16 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.131.



**Gambar 4.131** Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 3 meter total penurunan tanah sebesar  $99,60 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada Gambar 4.132.

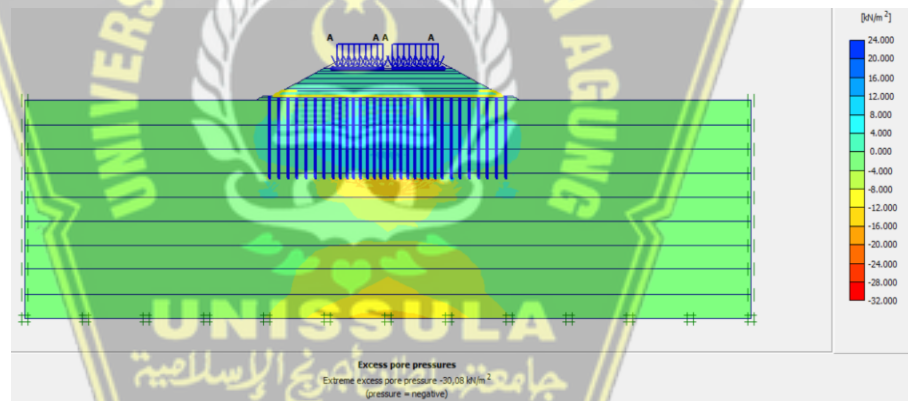


**Gambar 4.132** Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**c. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Tekanan air pori berlebih setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-30,08 \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.133.

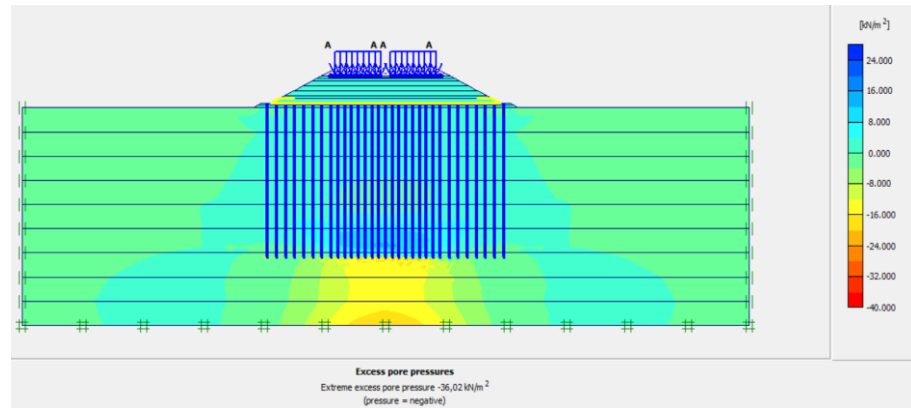


**Gambar 4.133** Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar  $-36,02 \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.134.





**Gambar 4.134** Total Penurunan Tanah Setelah Diberi Beban Lalu Lintas pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**d. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

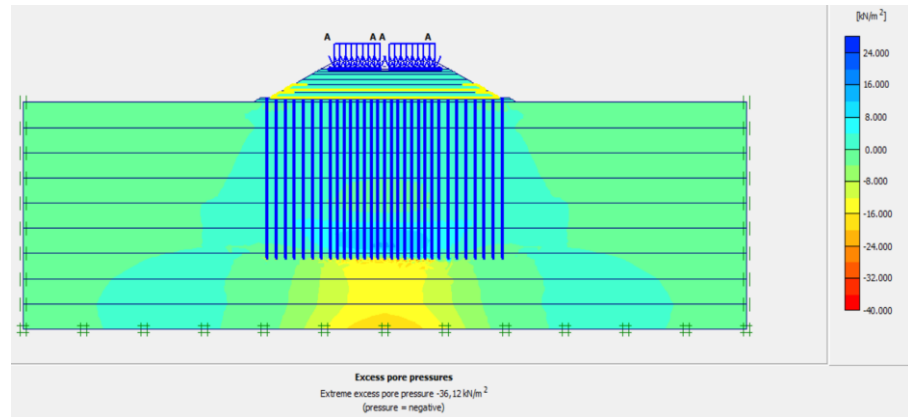
Tekanan air pori berlebih setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 3 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-29,92 \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.135.



**Gambar 4.135** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 3 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar  $-36,12 \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.136.

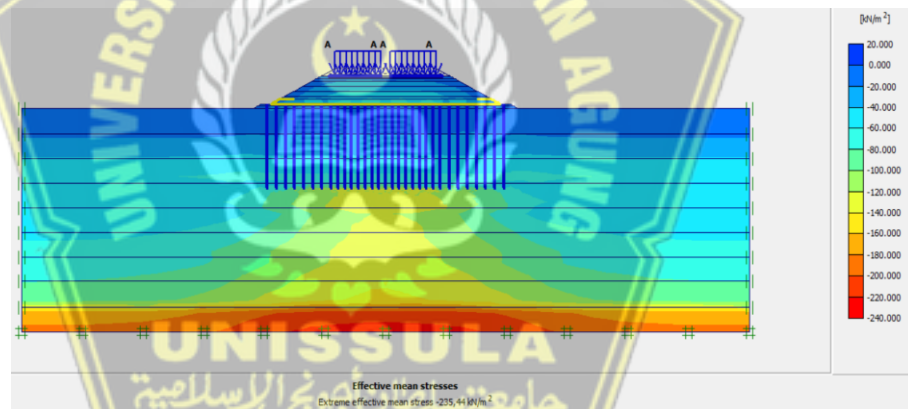


**Gambar 4.136** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**e. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

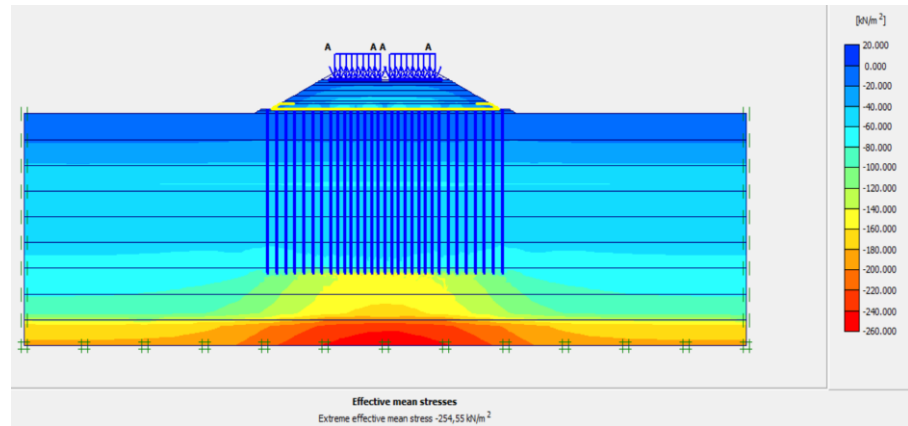
Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -235,44 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.137.



**Gambar 4.137** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -254,55 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.138.

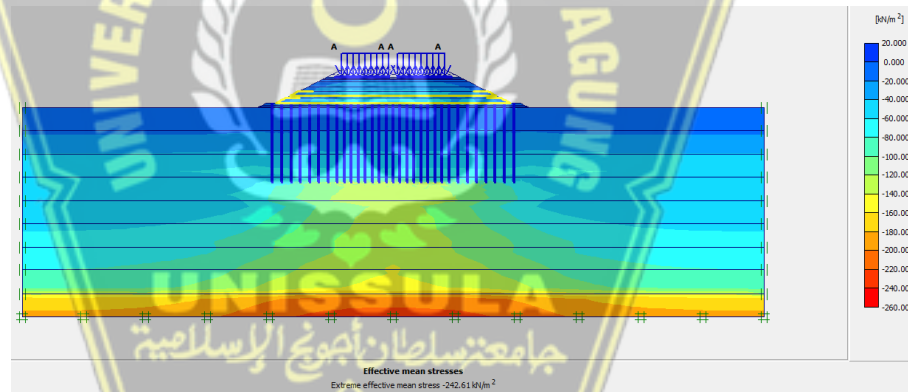


**Gambar 4.138** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**f. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

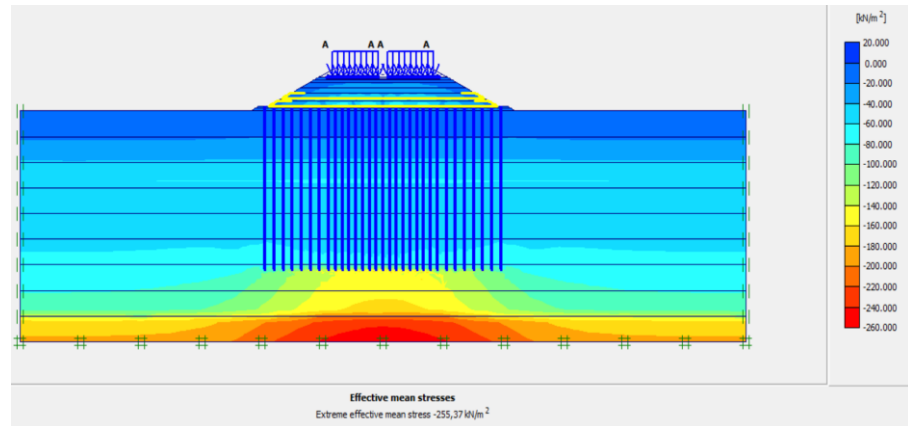
Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 3 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -242,61 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.139.



**Gambar 4.139** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Besar tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 3 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -255,37 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada Gambar 4.140.

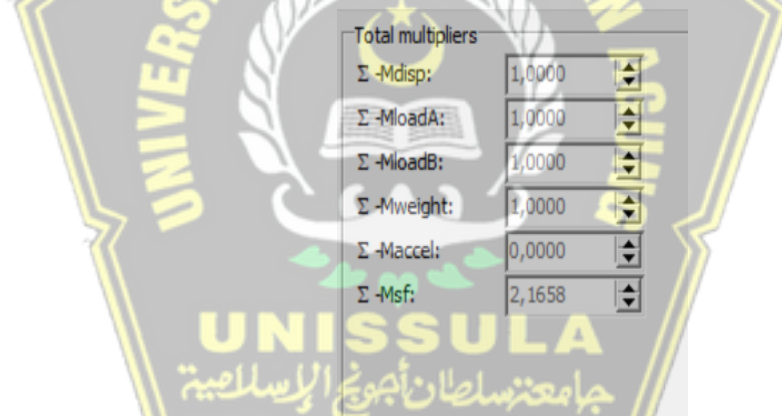


**Gambar 4.140** *Effective Means Stresses* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**g. Safety Factor Pada LTP 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,1658. Dapat dilihat pada Gambar 4.141.



**Gambar 4.141** Angka *Safety Factor* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2,2930. Dapat dilihat pada Gambar 4.142.

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,2930 |

**Gambar 4.142** Angka *Safety Factor* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### h. *Safety Factor* Pada LTP 3 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah diberi beban lalu lintas pada LTP tebal 3 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,1063. Dapat dilihat pada Gambar 4.143.

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,1063 |

**Gambar 4.143** Angka *Safety Factor* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah diberi beban lalu lintas dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,4099. Dapat dilihat pada Gambar 4.144.



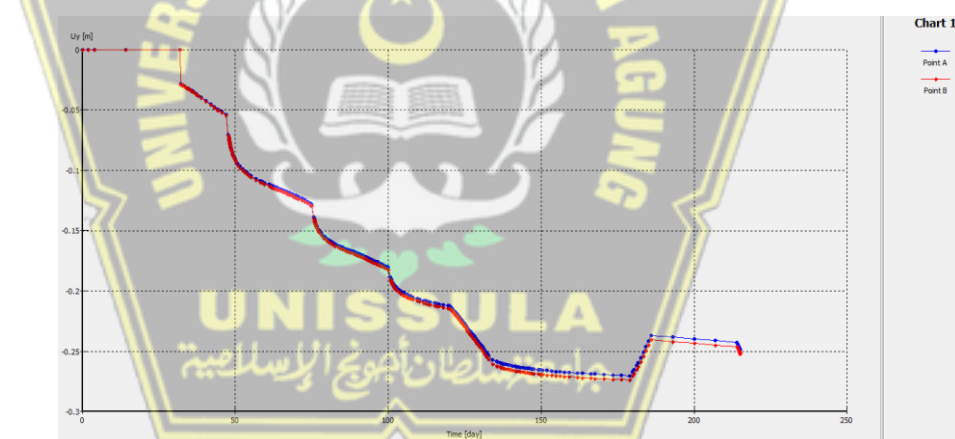
| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,4099 |

**Gambar 4.144** Angka *Safety Factor* Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**i. Grafik Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

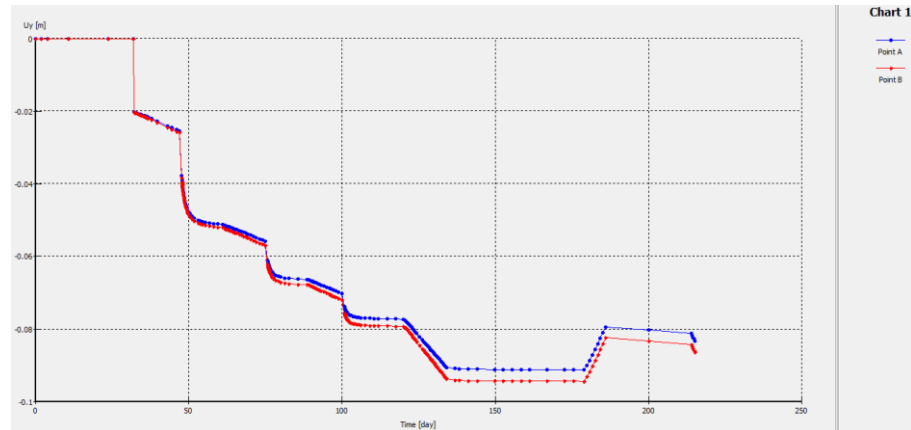
Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction*, terjadi penurunan pada Titik A -24,8 cm dan Titik B sebesar -25,2 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.145.



**Gambar 4.145** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction*, terjadi penurunan pada Titik A -8,3 cm dan Titik B sebesar -8,7 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.146.

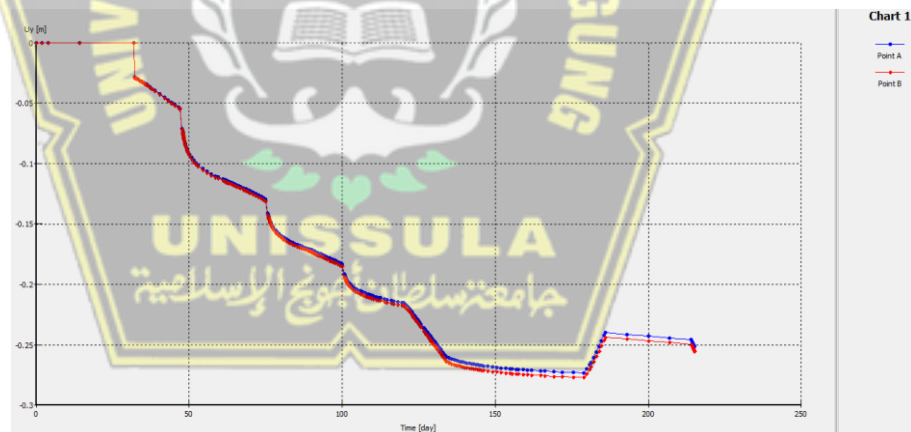


**Gambar 4.146** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**j. Grafik Penurunan Setelah Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

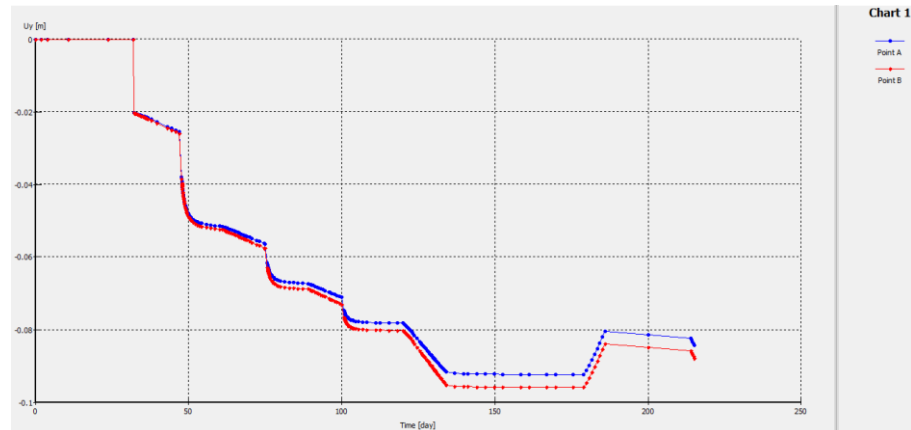
Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 3 meter dengan model tiang *friction*, terjadi penurunan pada Titik A -25,1 cm dan Titik B sebesar -25,5 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.147.



**Gambar 4.147** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah diberi beban lalu lintas pada LTP 3 meter dengan model tiang *end bearing* yang terjadi penurunan pada Titik A sebesar -8,4 cm dan Titik B sebesar -8,8 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.148.



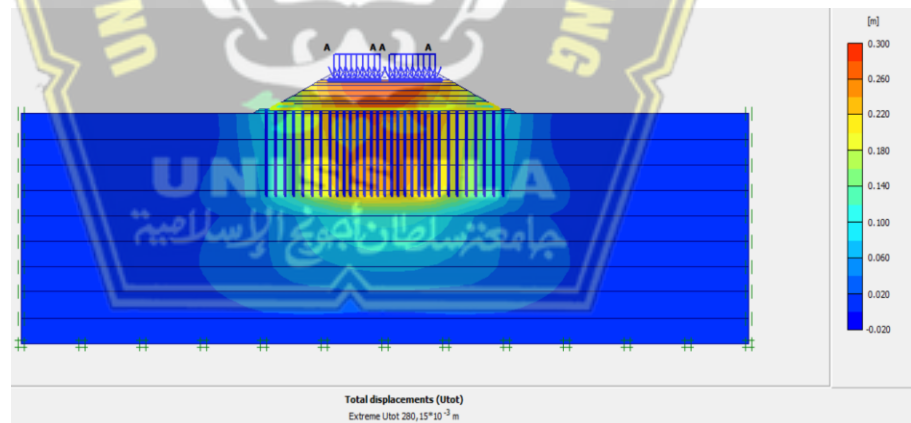
**Gambar 4.148** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Diberi Beban Lalu Lintas Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### 4.5.3. Output Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun

##### a. Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

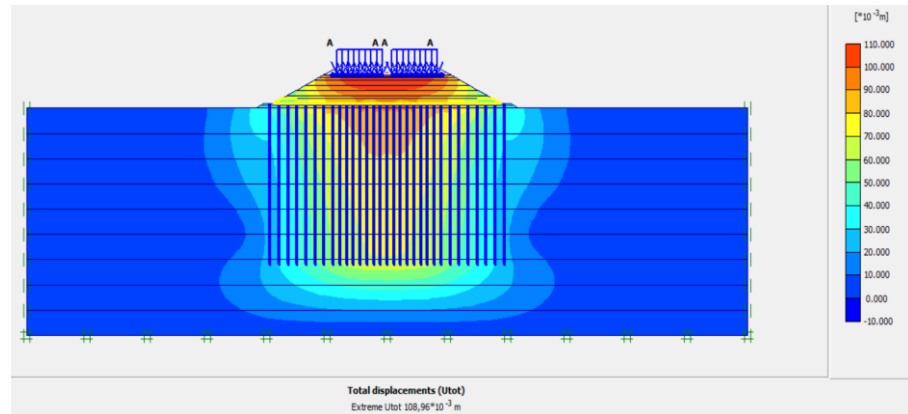
Besar penurunan tanah setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $280,15 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.149.



**Gambar 4.149** Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

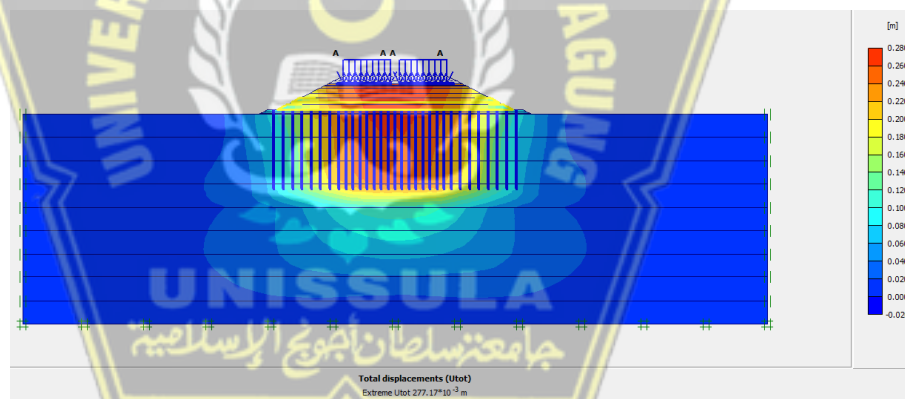
Besar penurunan tanah setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar  $108,96 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.150.



**Gambar 4.150** Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

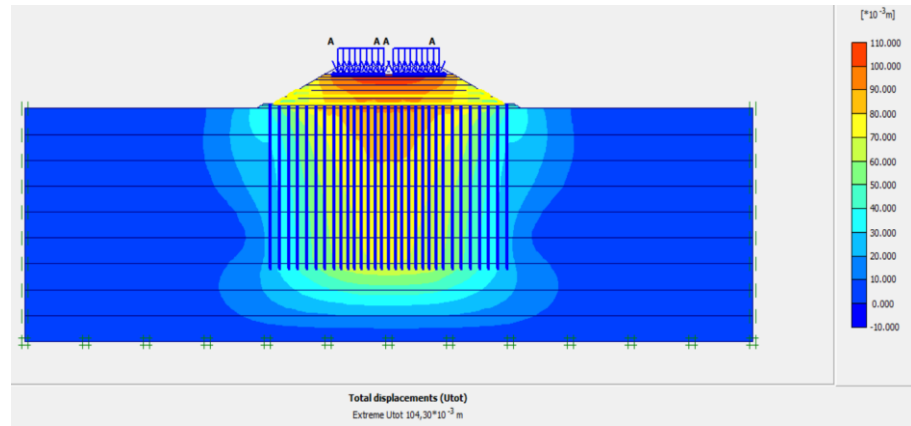
**b. Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*  
 Besar penurunan tanah setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 277,17 x 10<sup>-3</sup> meter. Dapat dilihat pada gambar 4.151.



**Gambar 4.151** Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*  
 Besar penurunan tanah setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 104,30x10<sup>-3</sup> meter. Dapat dilihat pada gambar 4.152.

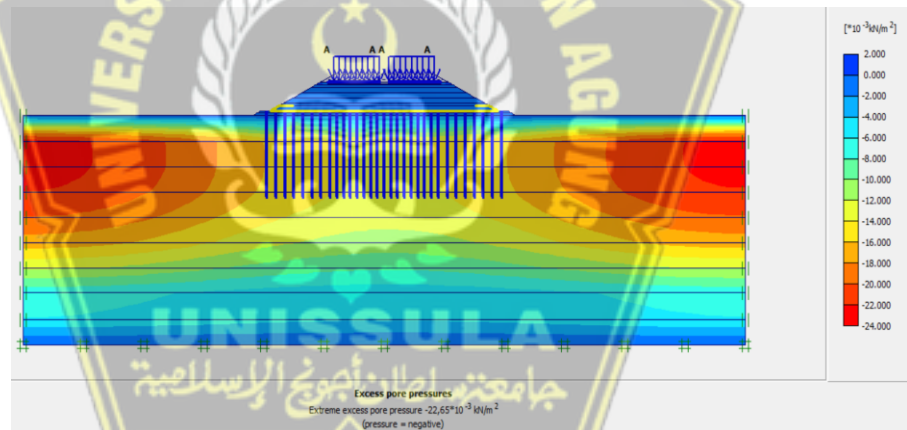


**Gambar 4.152** Total Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**c. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Besar tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-22,65 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.153.

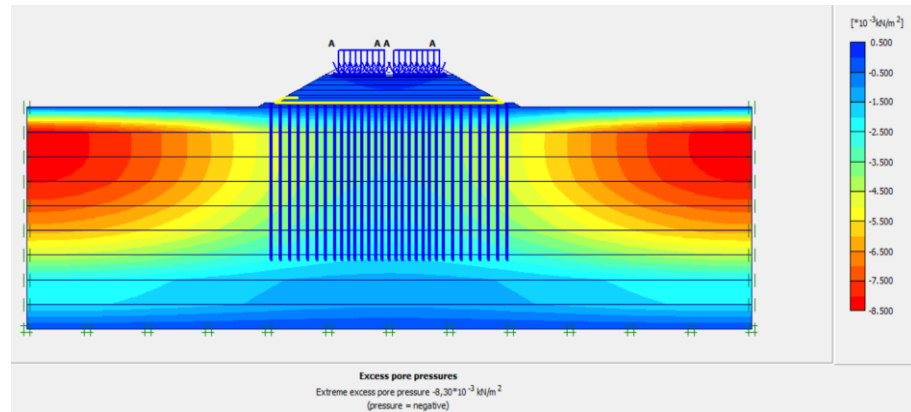


**Gambar 4.153** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Besar tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar  $-8,30 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.154.



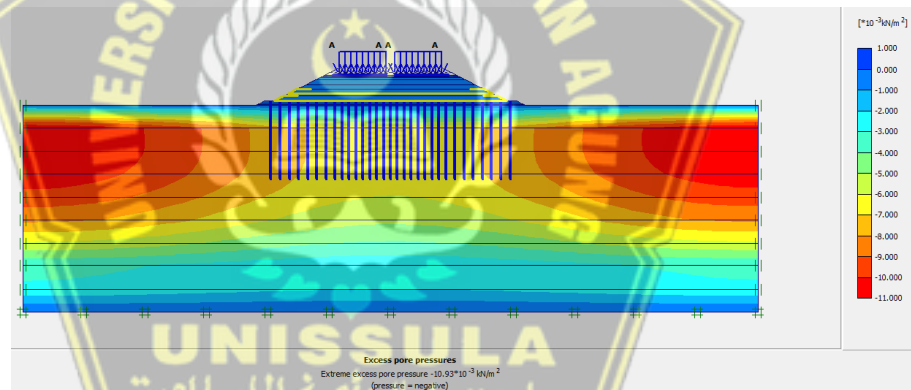


**Gambar 4.154** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**d. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

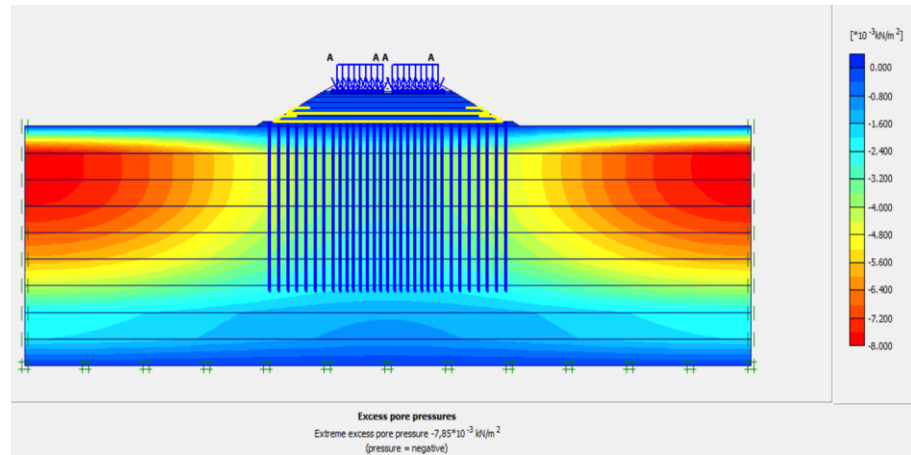
Besar tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-10,93 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.155.



**Gambar 4.155** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Besar tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi 1 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar  $-7,85 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada Gambar 4.156.

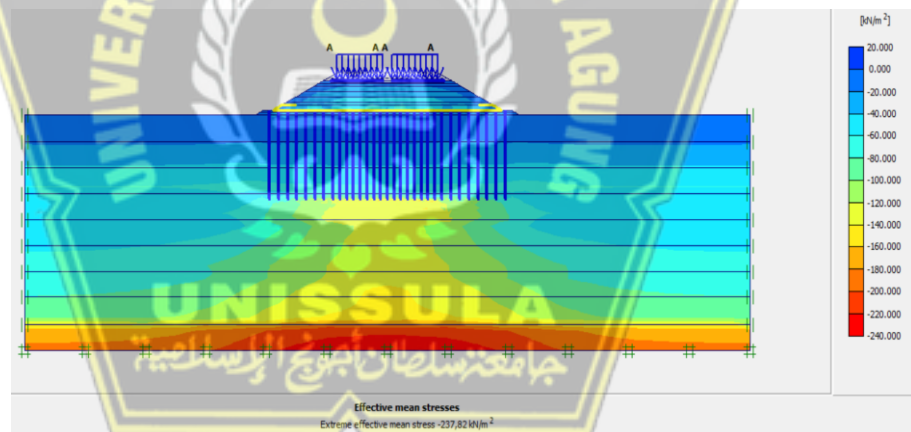


**Gambar 4.156** Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**e. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

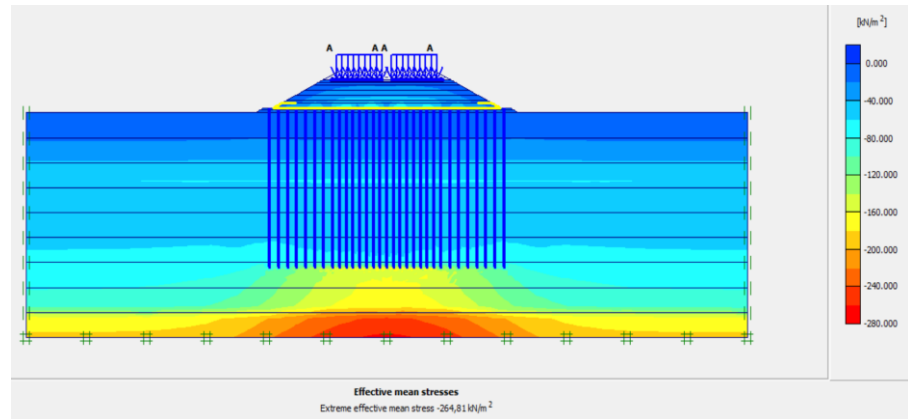
Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan metode tiang *friction* yaitu sebesar -237,82 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.157.



**Gambar 4.157** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan metode tiang *end bearing* yaitu sebesar -264,81 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.158.

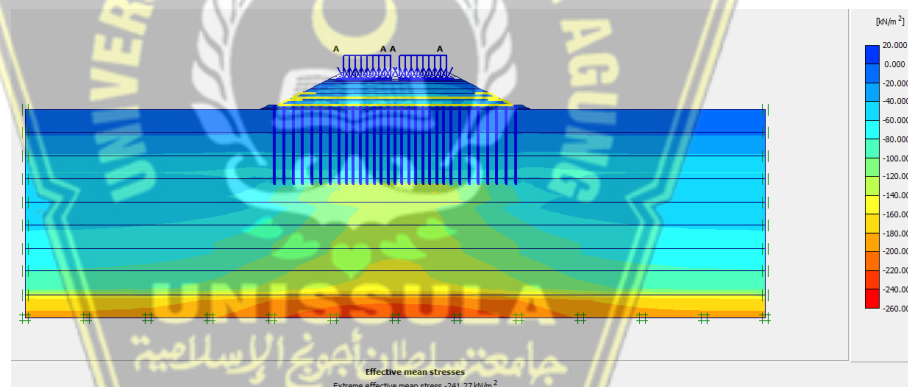


**Gambar 4.158** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**f. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

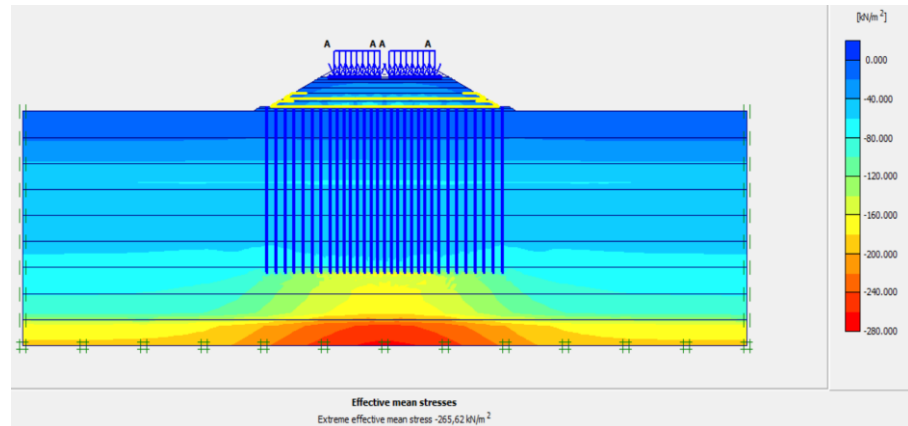
Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan metode tiang *friction* yaitu sebesar -241,27 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.159.



**Gambar 4.159** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan metode tiang *end bearing* yaitu sebesar -265,62 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.160.



**Gambar 4.160** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**g. Safety Factor Pada LTP 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,1839. Dapat dilihat pada Gambar 4.161.



**Gambar 4.161** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 1,5 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,2934. Dapat dilihat pada Gambar 4.162.

| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,2934 |

**Gambar 4.162** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### h. *Safety Factor* Pada LTP 3 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,1984. Dapat dilihat pada Gambar 4.163.

| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,1984 |

**Gambar 4.163** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

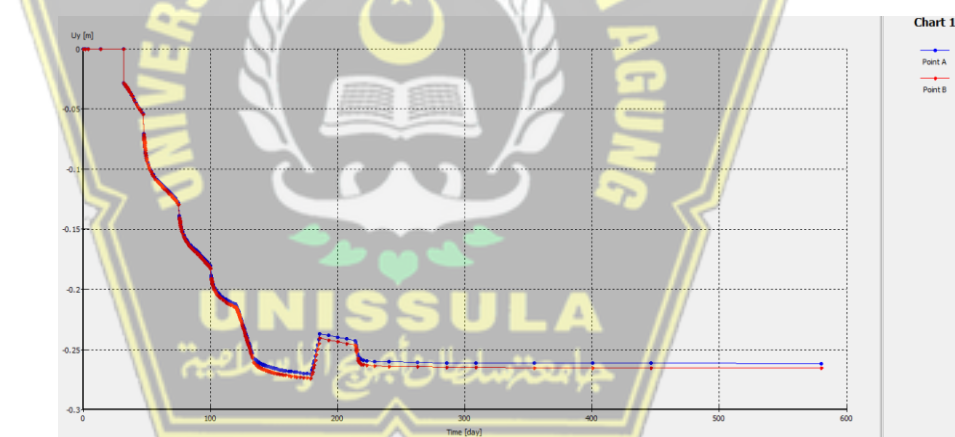
Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2,4093. Dapat dilihat pada Gambar 4.164.

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1,0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0,0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2,4093 |

**Gambar 4.164** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**i. Grafik Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 meter**

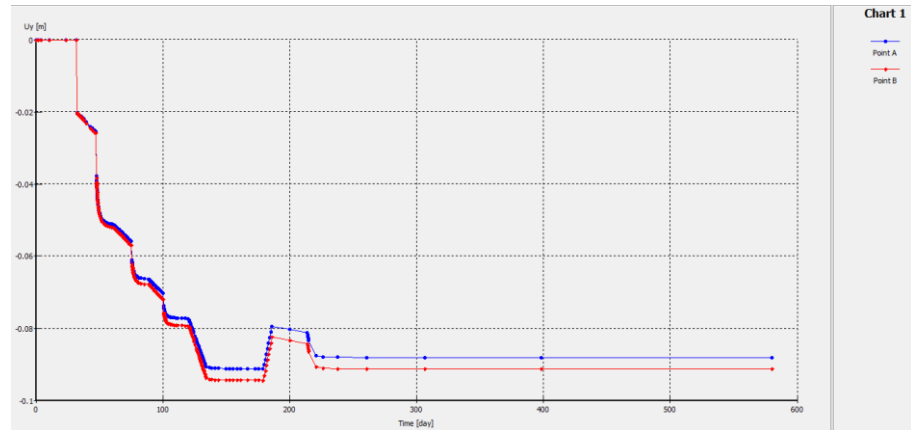
- Dengan Model Tiang *Friction*  
Setelah terkonsolidasi 1 tahun dengan model tiang *friction* pada LTP 1,5 meter total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -26,1 cm dan Titik B sebesar -26,5 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.165.



**Gambar 4.165** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*  
Setelah terkonsolidasi 1 tahun dengan model tiang *friction* pada LTP 1,5 meter total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -8,8 cm dan Titik B sebesar -9,1 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.166.



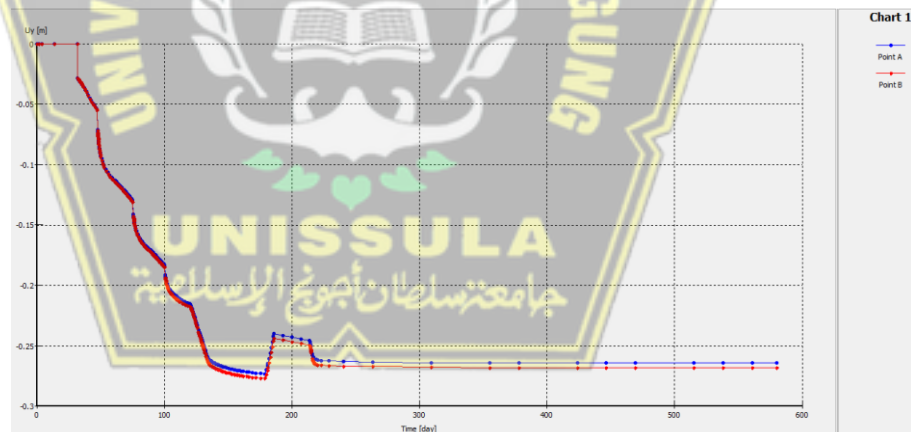


**Gambar 4.166** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**j. Grafik Penurunan Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

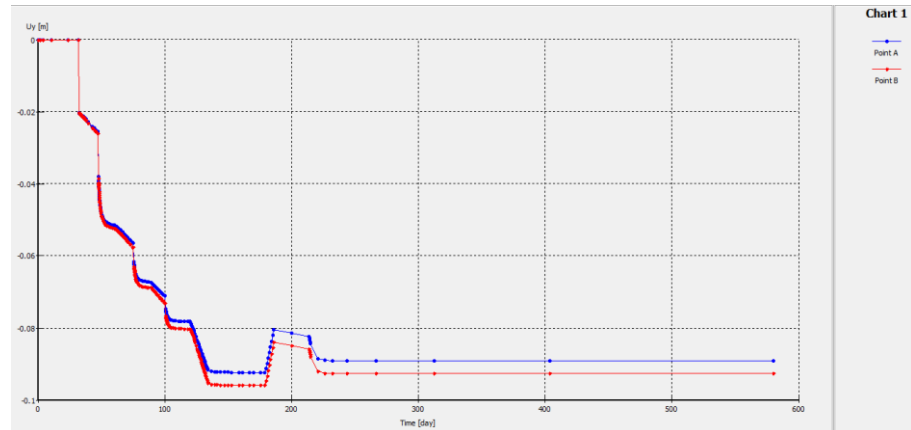
Setelah terkonsolidasi 1 tahun dengan model tiang *friction* pada LTP 3 meter, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -26,4 cm dan Titik B sebesar -26,8 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.167.



**Gambar 4.167** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi 1 tahun pada LTP 3 meter dengan model tiang *end bearing*, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -8,9 cm dan Titik B sebesar -9,3 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.168.



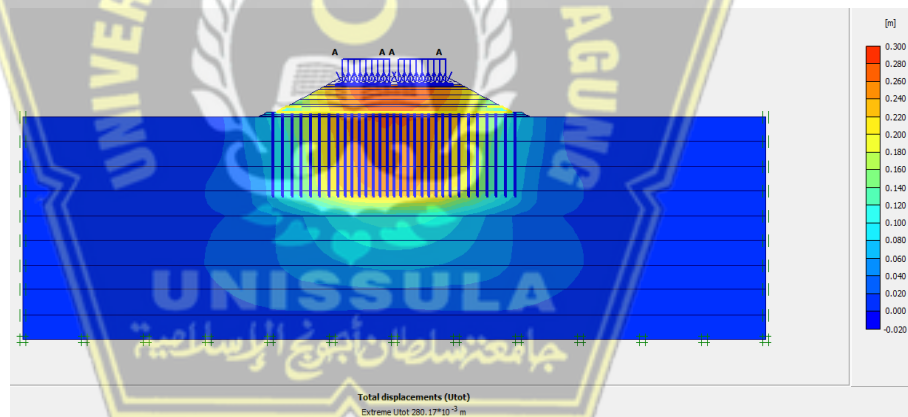
**Gambar 4.168** Grafik Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Saat Setelah Terkonsolidasi 1 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### 4.5.4. Output Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun

##### a. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 1,5 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

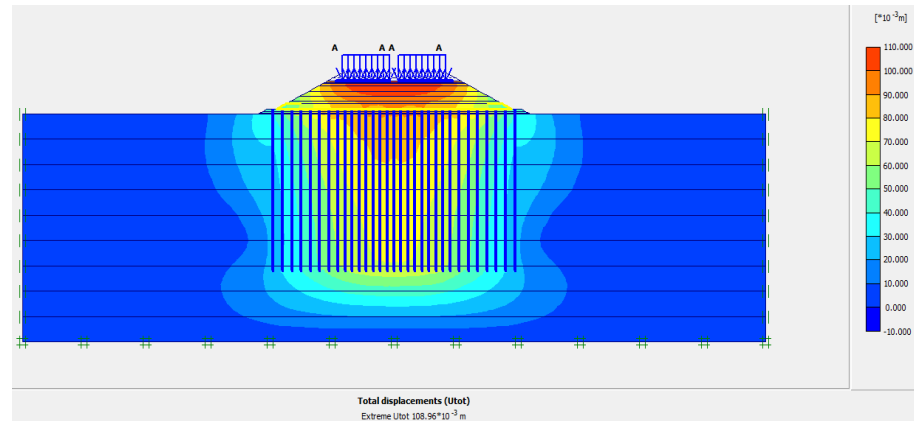
Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun terjadi penurunan sebesar  $280,17 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.169.



**Gambar 4.169** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun terjadi penurunan sebesar  $108,96 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.170.



**Gambar 4.170** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**b. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

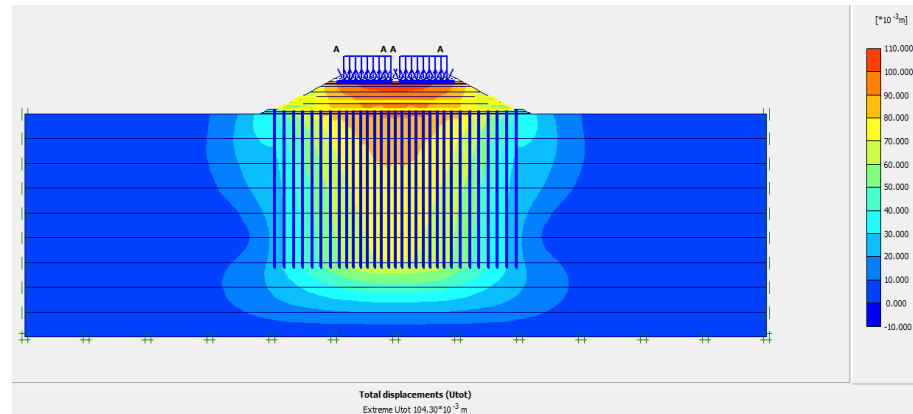
Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun terjadi penurunan sebesar  $277,18 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.171.



**Gambar 4.171** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun terjadi penurunan sebesar  $104,30 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.172.

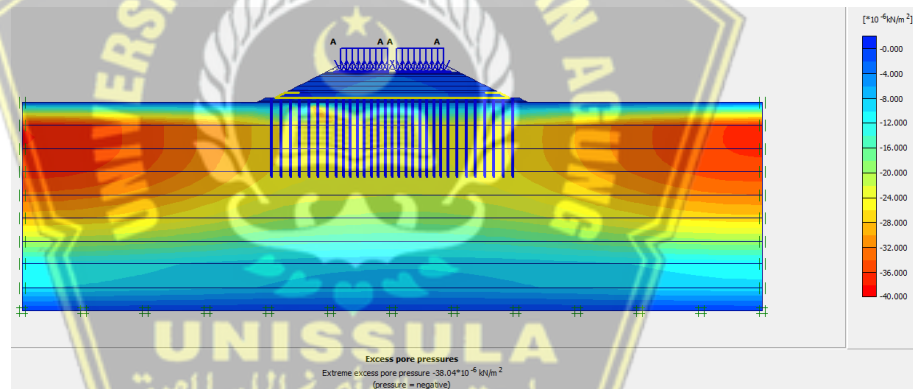


**Gambar 4.172** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**c. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

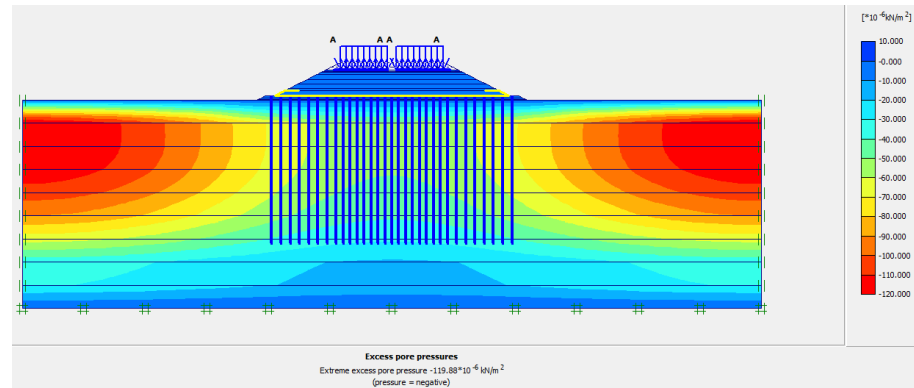
Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-38,04 \times 10^{-6} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.173.



**Gambar 4.173** Tekanan Air Berlebih setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model Tiang *End Bearing* yaitu sebesar  $-119,88 \times 10^{-6} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.174.

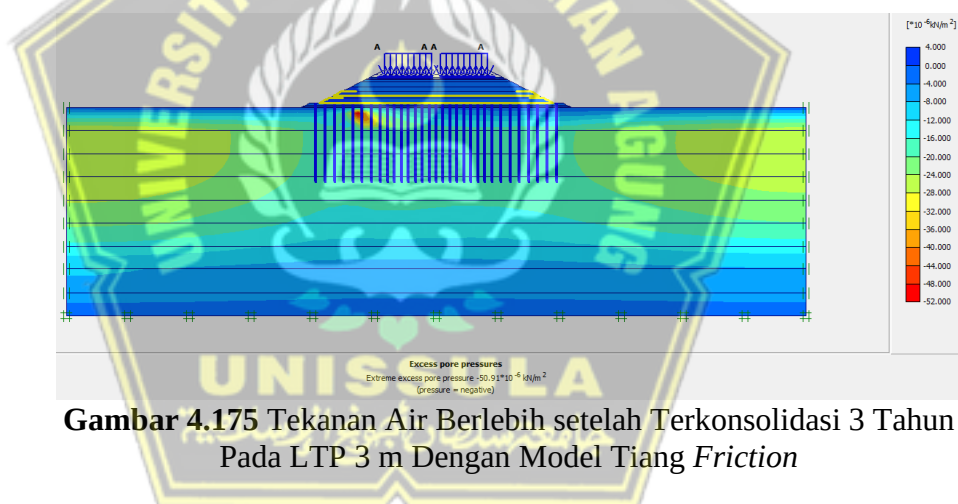


**Gambar 4.174** Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Tiang *End Bearing*

**d. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

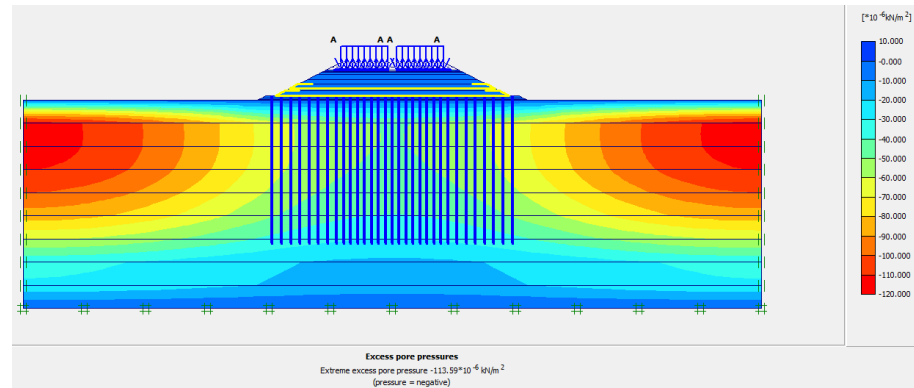
Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-50,91 \times 10^{-6} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.175.



**Gambar 4.175** Tekanan Air Berlebih setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model Tiang *End Bearing* yaitu sebesar  $-113,59 \times 10^{-6} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.176.

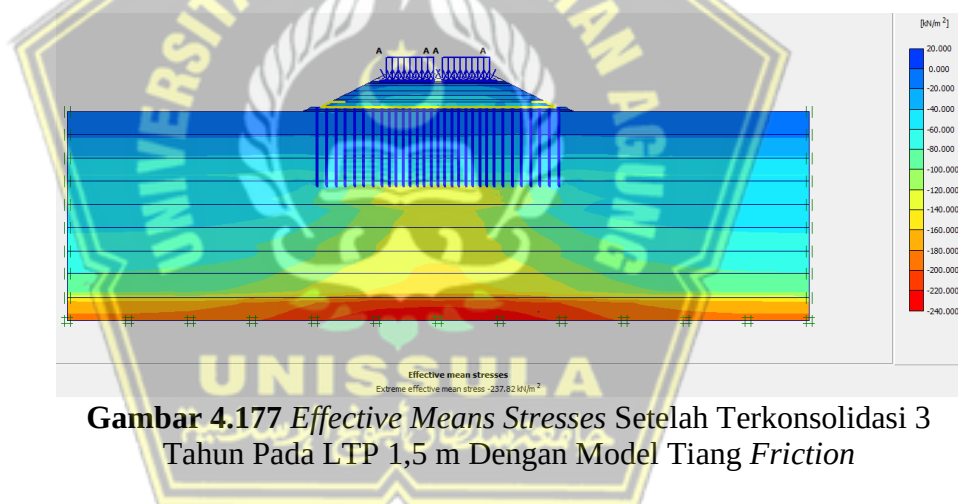


**Gambar 4.176** Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Tiang *End Bearing*

**e. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -237,82 kN/m². Dapat dilihat pada gambar 4.177.

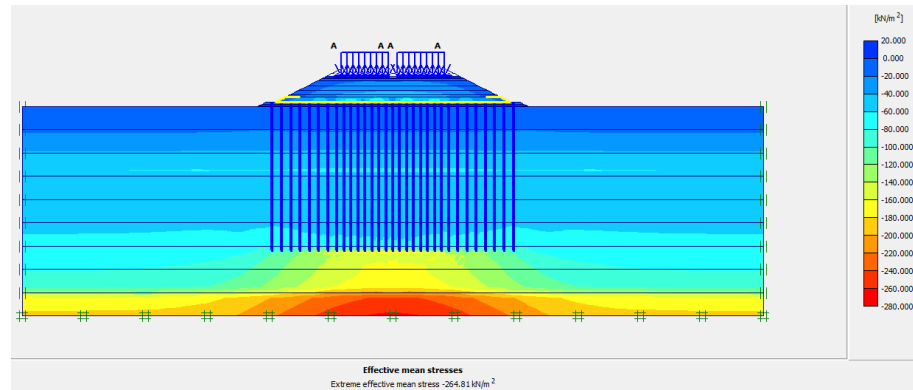


**Gambar 4.177** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -264,81 kN/m². Dapat dilihat pada gambar 4.178.





**Gambar 4.178** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**f. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

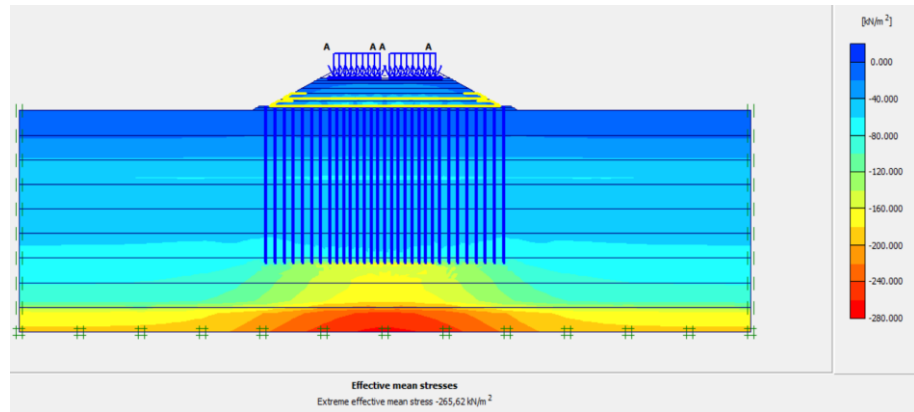
Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -241,27 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.179.



**Gambar 4.179** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -265,62 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.180.



**Gambar 4.180** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**g. Safety Factor Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2.1885. Dapat dilihat pada gambar 4.181.



**Gambar 4.181** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Model Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2,2839. Dapat dilihat pada gambar 4.182.

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.2839 |

**Gambar 4.182** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### h. Safety Factor Pada LTP Tebal 3 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2,2418. Dapat dilihat pada gambar 4.183.

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.2418 |

**Gambar 4.183** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 3 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2,3942. Dapat dilihat pada gambar 4.184.

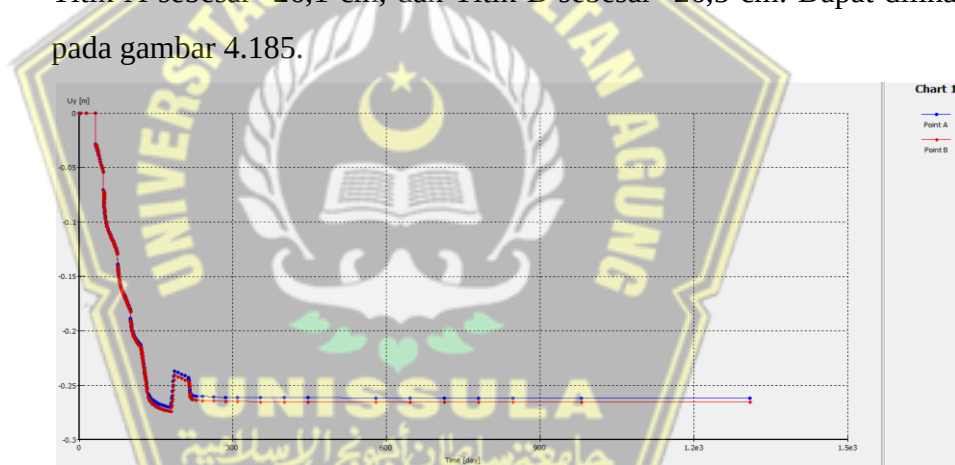
|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.3942 |

**Gambar 4.184** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**i. Output Grafik Penurunan Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

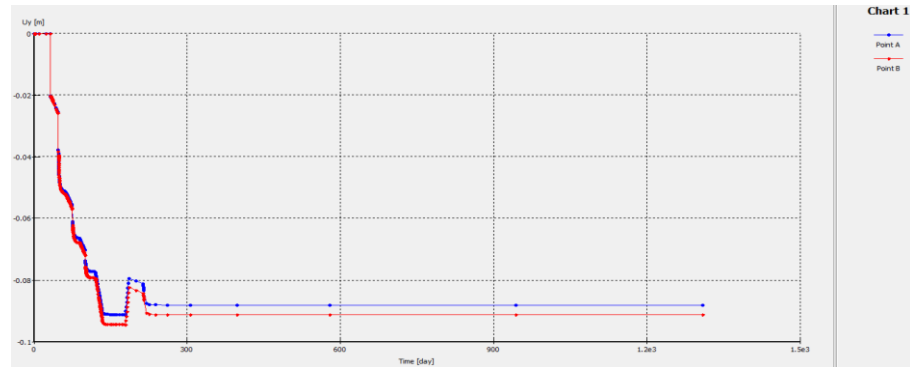
Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -26,1 cm, dan Titik B sebesar -26,5 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.185.



**Gambar 4.185** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -8,8 cm, dan Titik B sebesar -9,1 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.186.

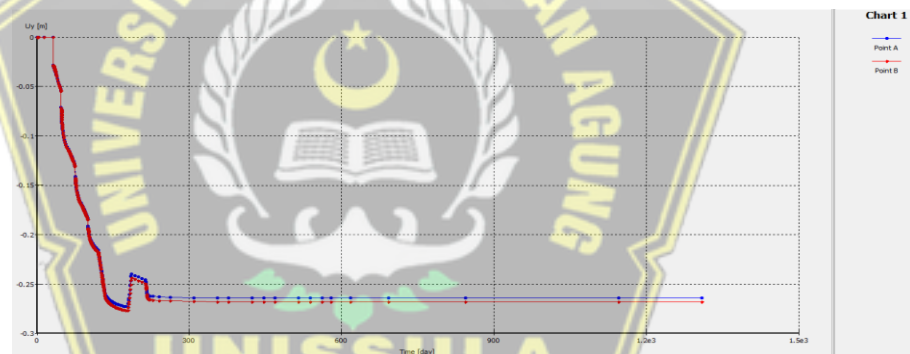


**Gambar 4.186** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**j. Output Grafik Penurunan Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

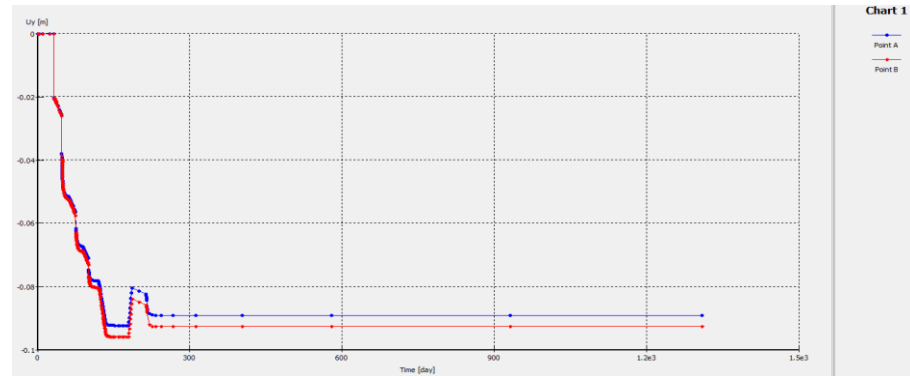
Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -26,4 cm, dan Titik B sebesar -26,8 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.187.



**Gambar 4.187** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 3 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -8,9 cm, dan Titik B sebesar -9,3 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.188.



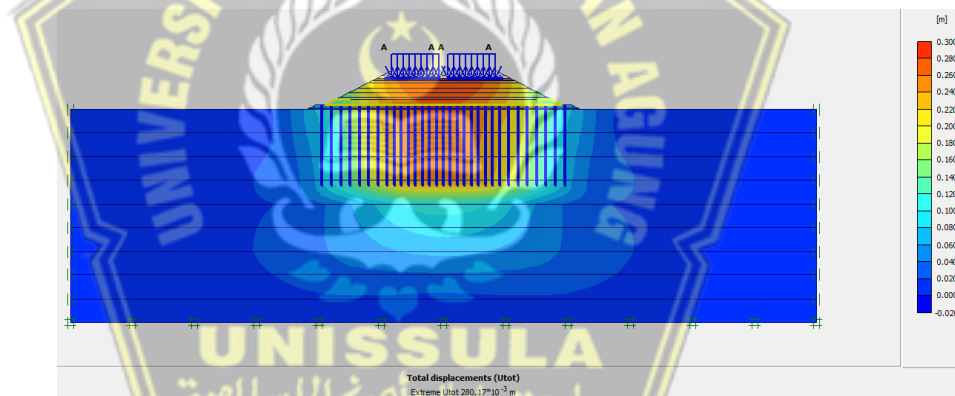
**Gambar 4.188** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 3 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### 4.5.5. Output Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun

##### a. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 1,5 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun terjadi penurunan sebesar  $280.17 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.189.

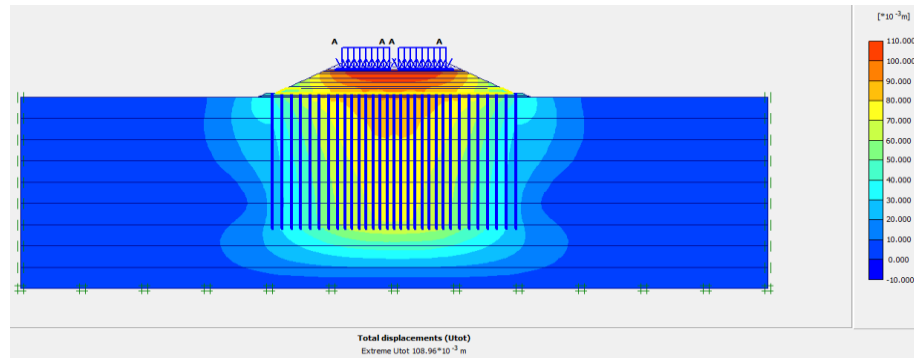


**Gambar 4.189** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun terjadi penurunan sebesar  $108.96 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.190.



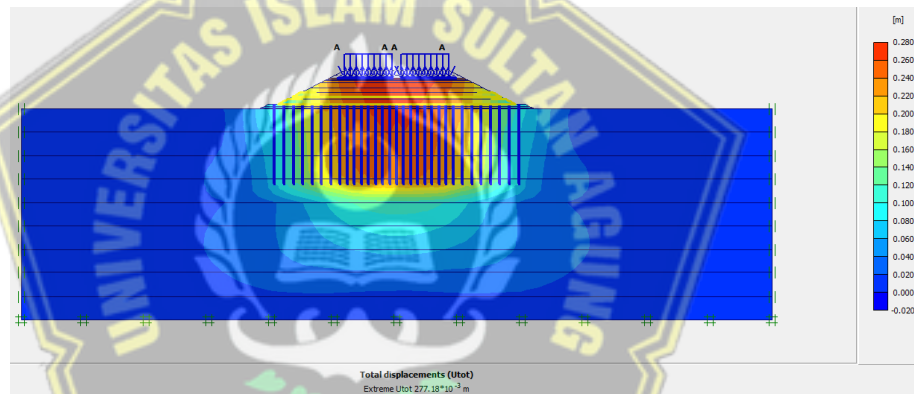


**Gambar 4.190** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**b. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

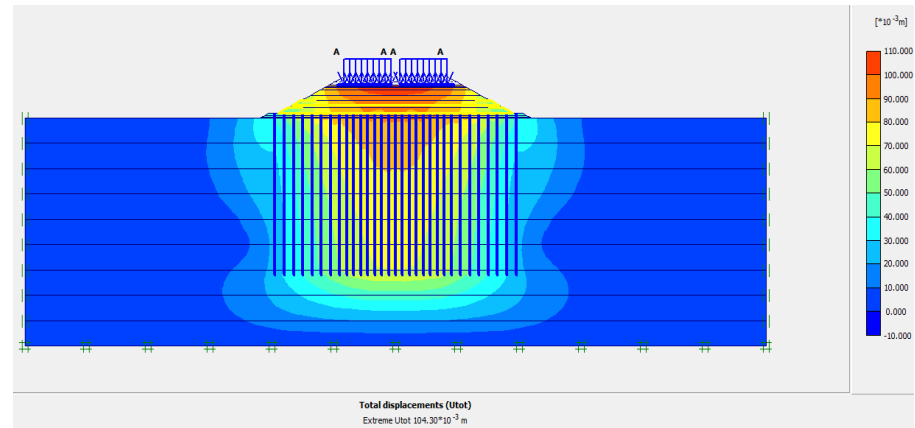
Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun terjadi penurunan sebesar  $277.18 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.191.



**Gambar 4.191** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun terjadi penurunan sebesar  $104.30 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.192.

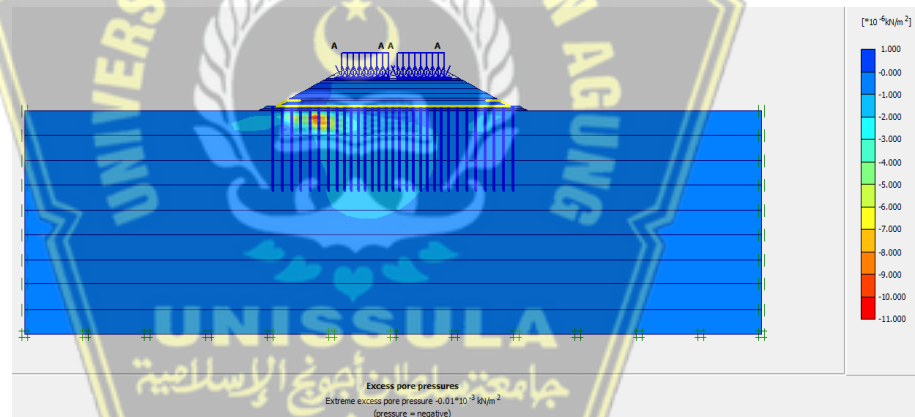


**Gambar 4.192** Total Penurunan Tanah Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**c. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

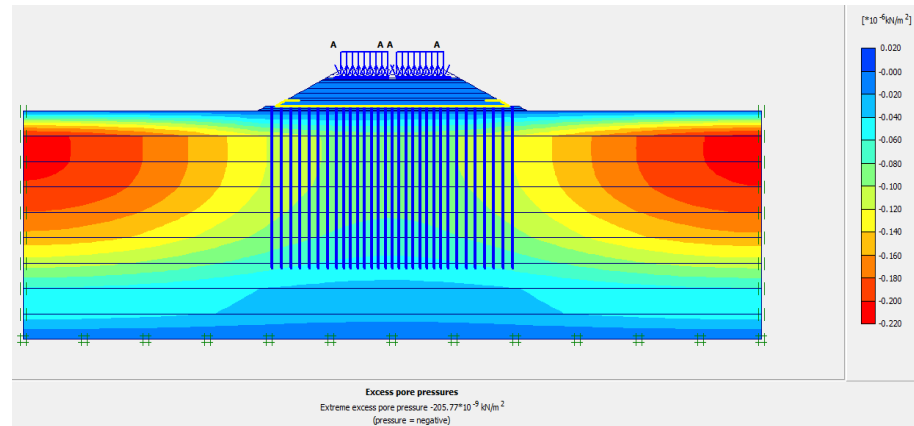
Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-0.01 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.193.



**Gambar 4.193** Tekanan Air Berlebih setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model Tiang *End Bearing* yaitu sebesar  $-205.77 \times 10^{-9} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.194.

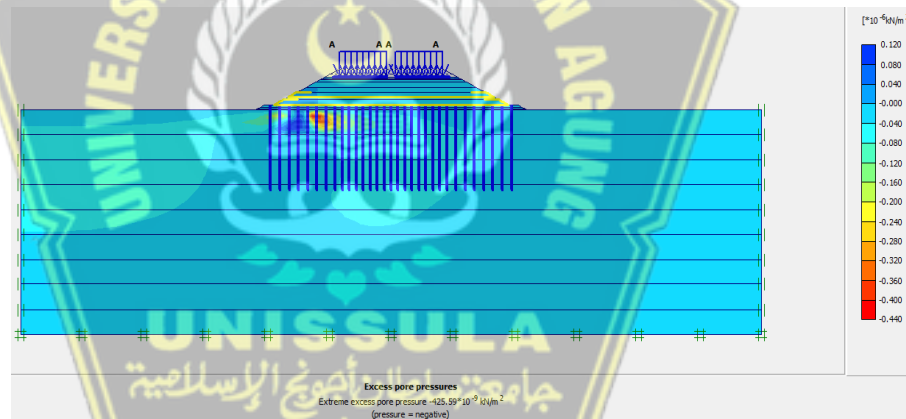


**Gambar 4.194** Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Tiang *End Bearing*

**d. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

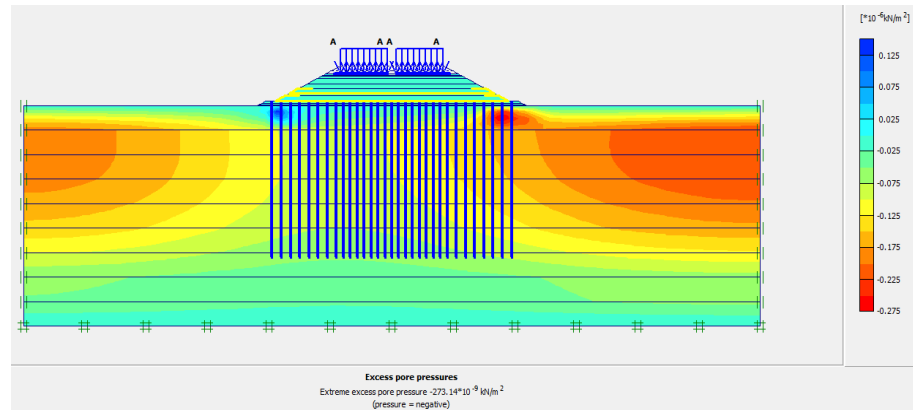
Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-425.59 \times 10^{-9} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.195.



**Gambar 4.195** Tekanan Air Berlebih setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model Tiang *End Bearing* yaitu sebesar  $-273.14 \times 10^{-9} \text{ kN/m}^2$ . Dapat dilihat pada gambar 4.196.

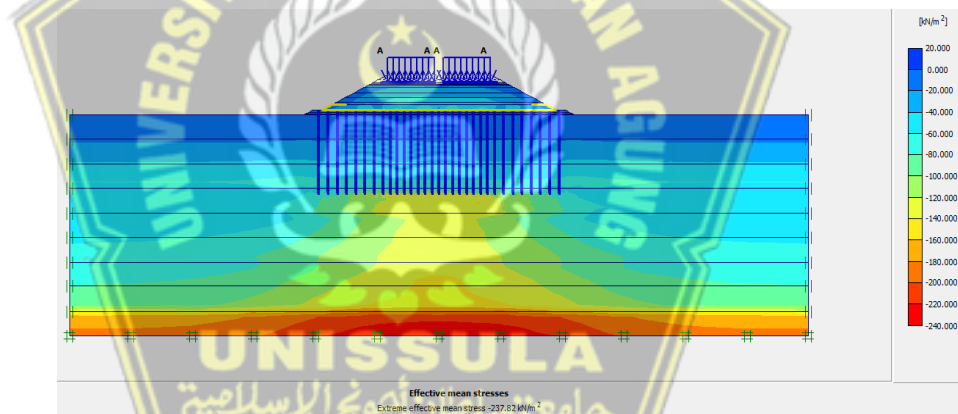


**Gambar 4.196** Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Tiang *End Bearing*

**e. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

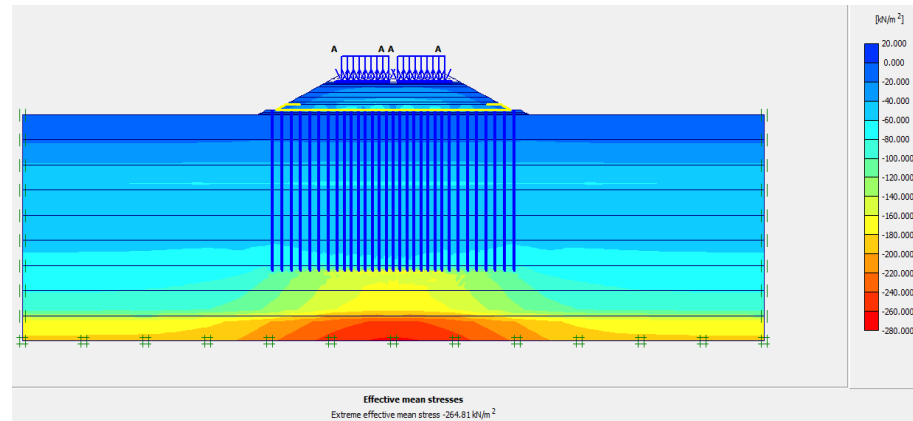
Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -237.82 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.197.



**Gambar 4.197** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -264.81 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.198.

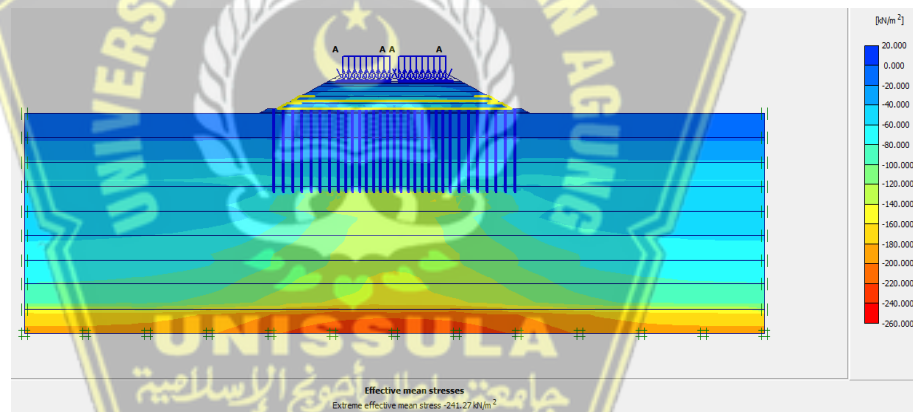


**Gambar 4.198** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**f. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

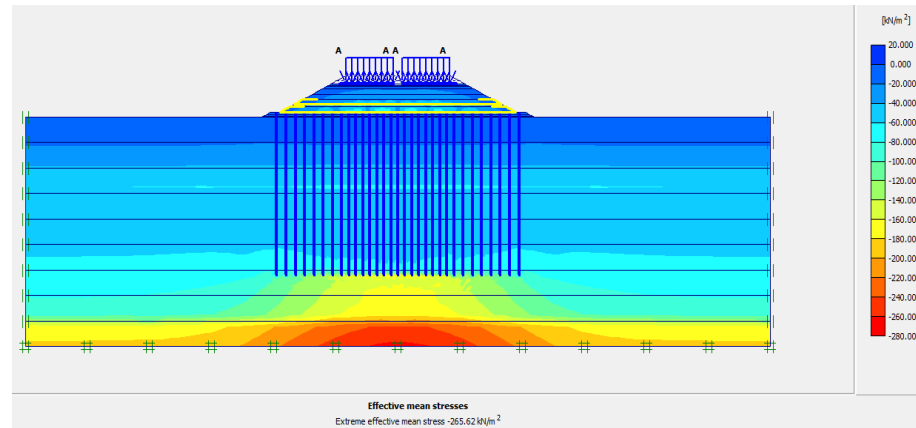
Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -241.27 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.199.



**Gambar 4.199** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -265.62 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.200.

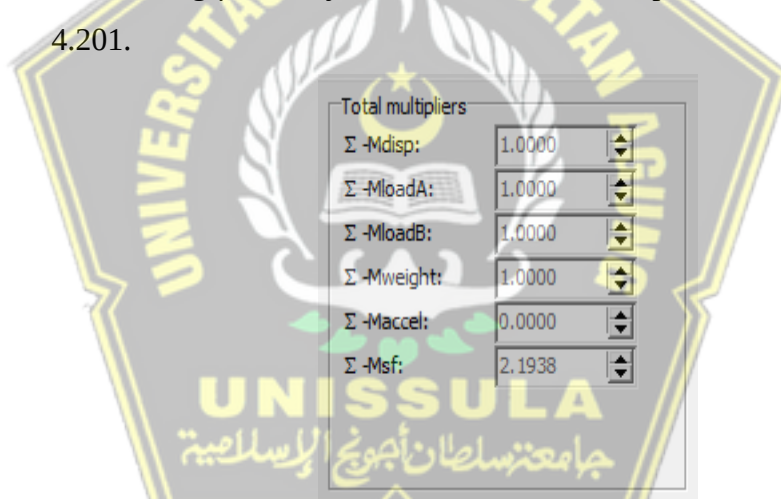


**Gambar 4.200** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**g. Safety Factor Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2.1938. Dapat dilihat pada gambar 4.201.



**Gambar 4.201** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2.2835. Dapat dilihat pada gambar 4.202.



| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.2835 |

**Gambar 4.202** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### h. Safety Factor Pada LTP Tebal 3 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2.2382. Dapat dilihat pada gambar 4.203.

| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.2382 |

**Gambar 4.203** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 10 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2.3845. Dapat dilihat pada gambar 4.204.

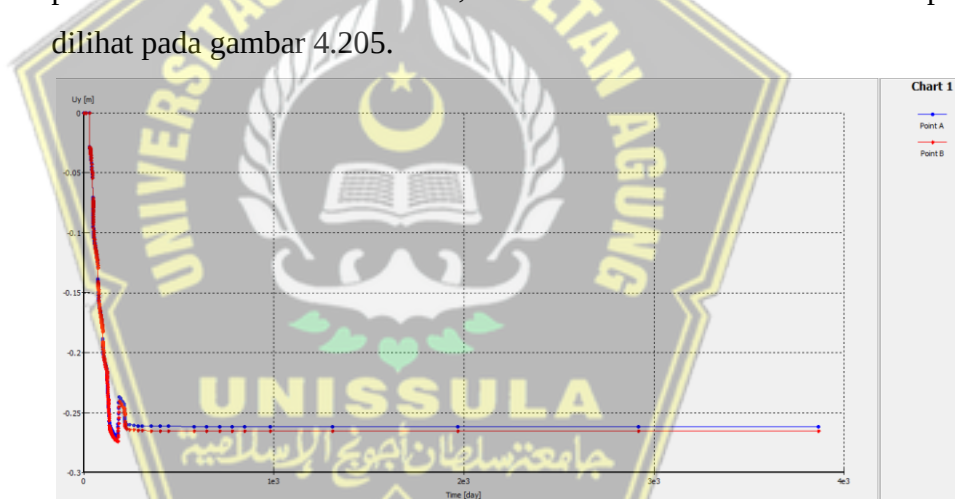
|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.3845 |

**Gambar 4.204** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Dengan Model Tiang *End Bearing*

**i. Output Grafik Penurunan Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

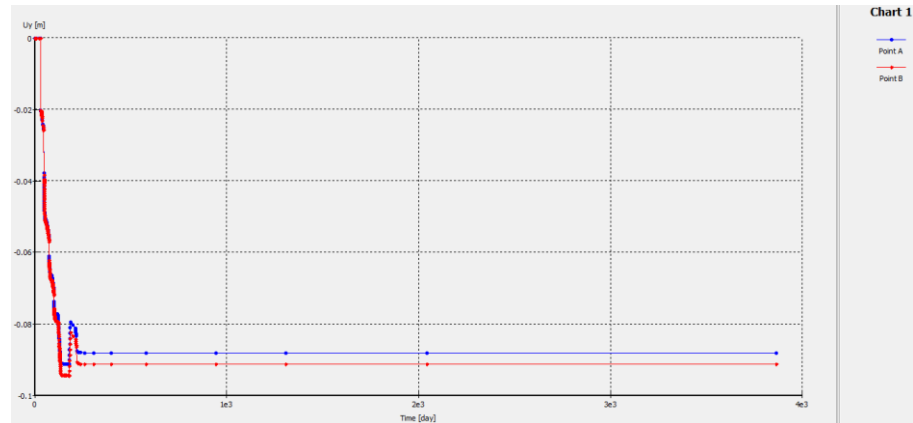
Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -26.1 cm, dan Titik B sebesar -26.5 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.205.



**Gambar 4.205** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -8.8 cm, dan Titik B sebesar -9.1 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.206.

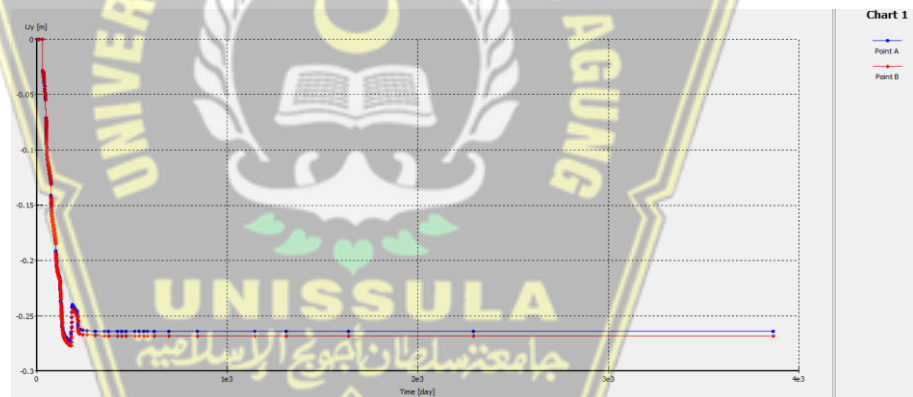


**Gambar 4.206** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**j. Output Grafik Penurunan Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

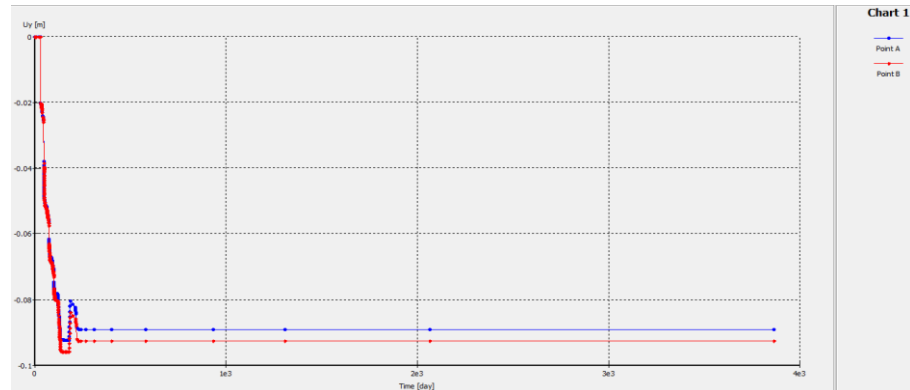
Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -26.4 cm, dan Titik B sebesar -26.8 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.207.



**Gambar 4.207** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 10 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -8.9 cm, dan Titik B sebesar -9.3 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.208.



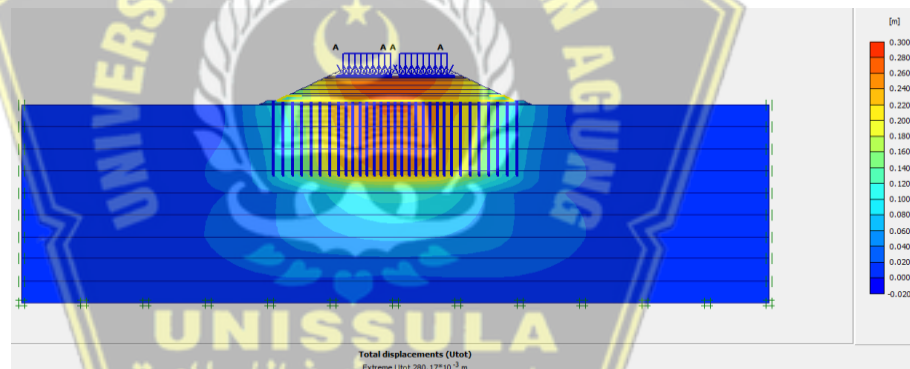
**Gambar 4.208** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 10 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### 4.5.6. Output Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun

##### a. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 1,5 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

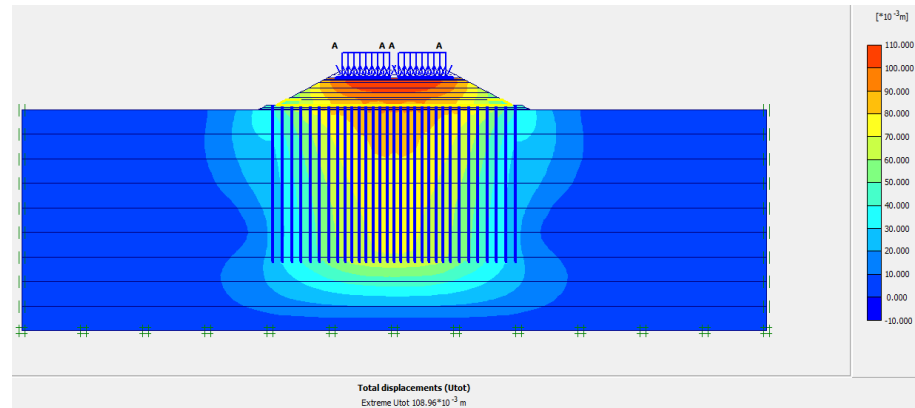
Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun terjadi penurunan sebesar  $280.17 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.209.



**Gambar 4.209** Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun terjadi penurunan sebesar  $108.96 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.210.

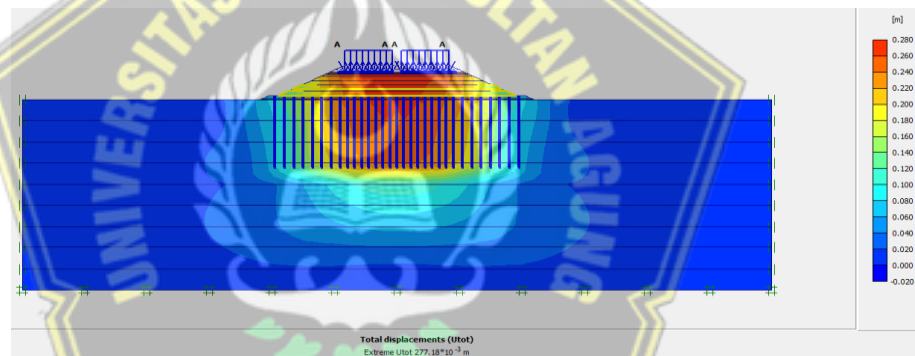


**Gambar 4.210** Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**b. Total Penurunan Tanah Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

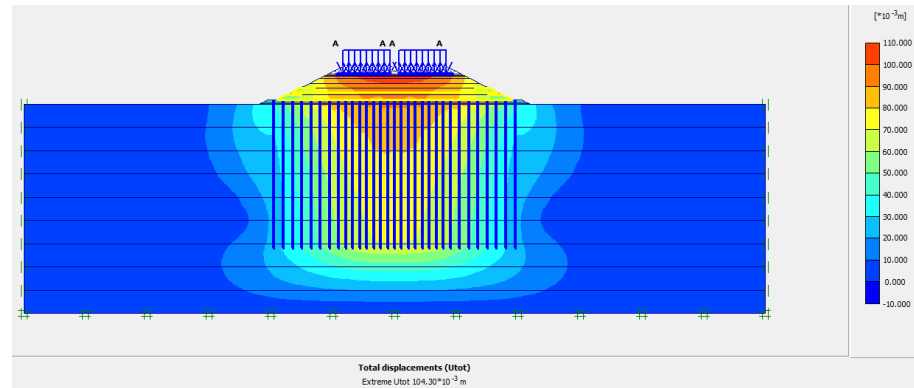
Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun terjadi penurunan sebesar  $277.18 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.211.



**Gambar 4.211** Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun terjadi penurunan sebesar  $104.30 \times 10^{-3}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.212.



**Gambar 4.212** Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**c. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-1.70 \times 10^{-6}$  kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.213.

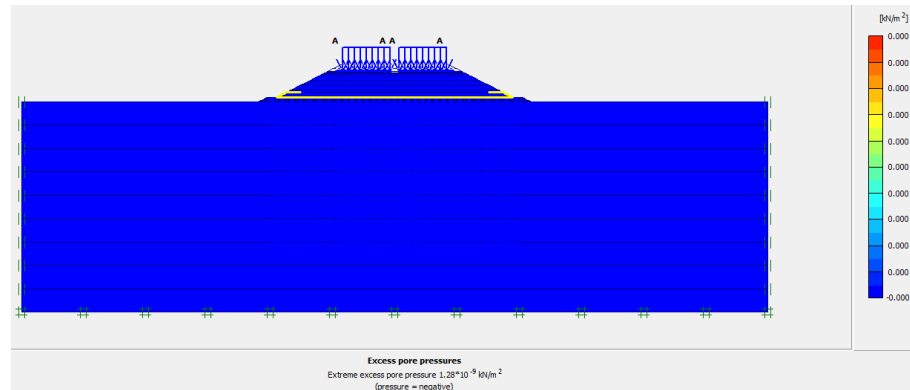


**Gambar 4.213** Tekanan Air Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model Tiang *End Bearing* yaitu sebesar  $1.28 \times 10^{-9}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.214.





**Gambar 4.214** Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Tiang *End Bearing*

**d. Tekanan Air Pori Berlebih Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

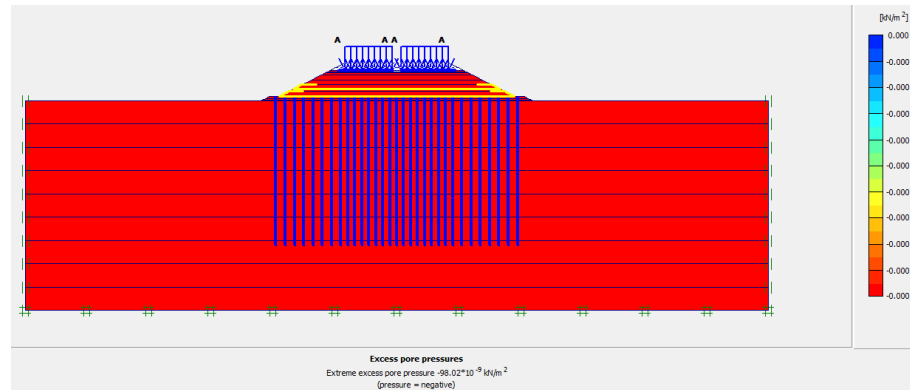
Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar  $-125.69 \times 10^{-9}$  kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.215.



**Gambar 4.215** Tekanan Air Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tekanan air pori berlebih setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model Tiang *End Bearing* yaitu sebesar  $-98.02 \times 10^{-9}$  meter. Dapat dilihat pada gambar 4.216

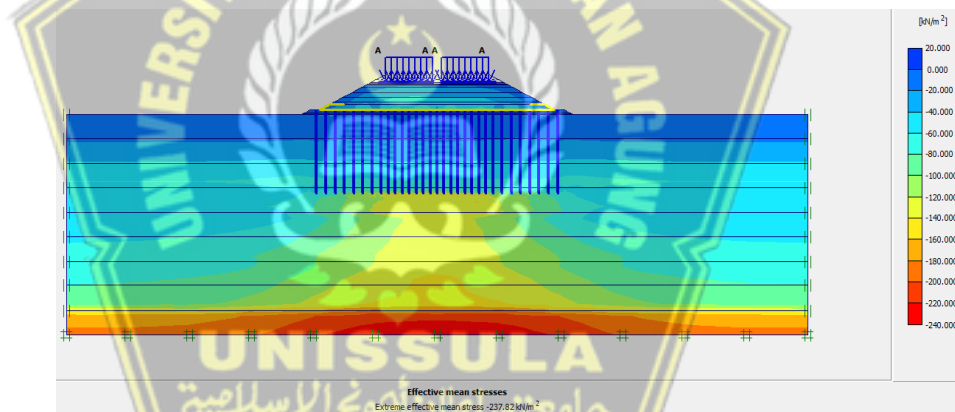


**Gambar 4.216** Tekanan Air Pori Berlebih setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Tiang *End Bearing*

**e. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

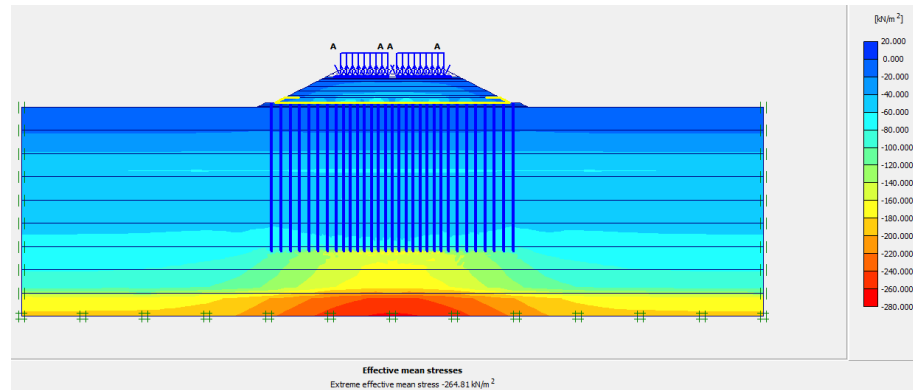
Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -237.82 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.217.



**Gambar 4.217** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -264.81 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.218.



**Gambar 4.218** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**f. Tegangan Efektif Rata – Rata Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

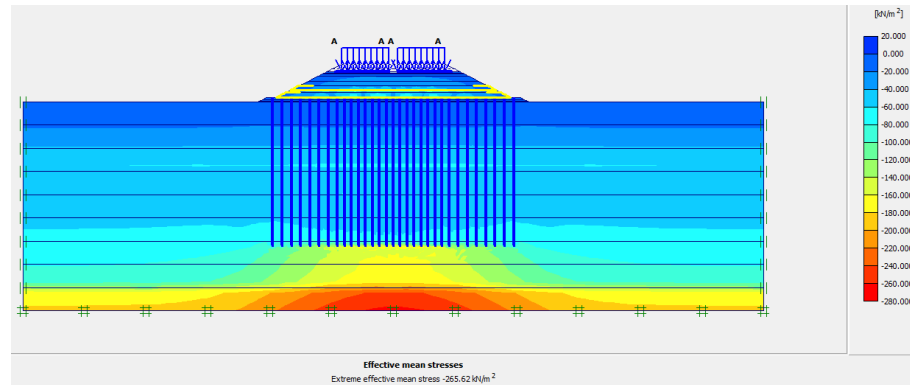
Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar -241.27 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.219.



**Gambar 4.219** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Tegangan efektif rata-rata (*effective means stresses*) setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar -265.62 kN/m<sup>2</sup>. Dapat dilihat pada gambar 4.220.



**Gambar 4.220** *Effective Means Stresses* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**g. Safety Factor Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2.1927. Dapat dilihat pada gambar 4.221.



**Gambar 4.221** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2.2835. Dapat dilihat pada gambar 4.222.

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.2835 |

**Gambar 4.222** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

#### h. Safety Factor Pada LTP Tebal 3 meter

- Dengan Model Tiang *Friction*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *friction* yaitu sebesar 2.2343. Dapat dilihat pada gambar 4.223.

|                    |        |
|--------------------|--------|
| Total multipliers  |        |
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.2343 |

**Gambar 4.223** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Angka *safety factor* setelah terkonsolidasi selama 50 tahun dengan model tiang *end bearing* yaitu sebesar 2.3941. Dapat dilihat pada gambar 4.224.

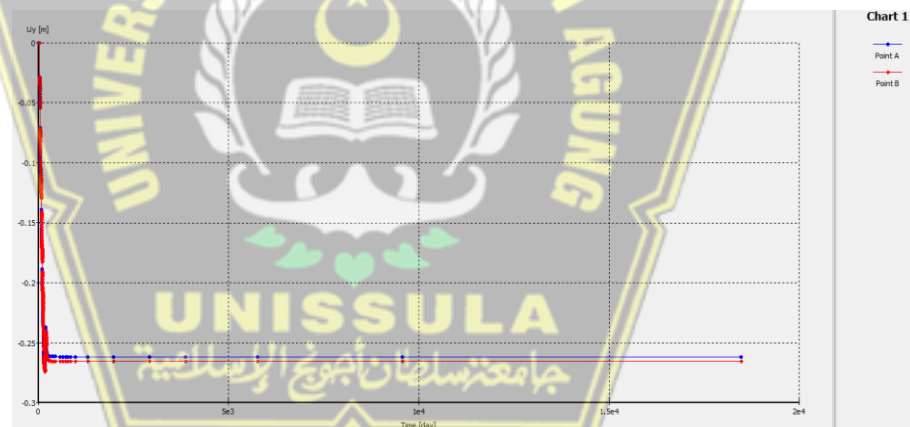
| Total multipliers  |        |
|--------------------|--------|
| $\Sigma$ -Mdisp:   | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadA:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -MloadB:  | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Mweight: | 1.0000 |
| $\Sigma$ -Maccel:  | 0.0000 |
| $\Sigma$ -Msf:     | 2.3941 |

**Gambar 4.224** *Safety Factor* Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**i. Output Grafik Penurunan Pada LTP Tebal 1,5 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun, total penurunan yang terjadi pada Titik A sebesar -26.1 cm, dan Titik B sebesar -26.5 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.225.

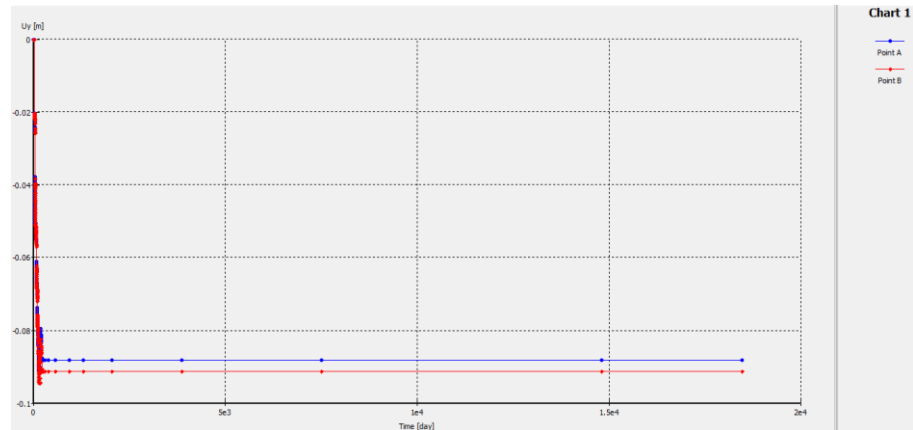


**Gambar 4.225** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun, total penurunan yang terjadi di Titik A sebesar -8.8 cm, dan Titik B sebesar -9.1 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.226.





**Gambar 4.226** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 1,5 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

**j. Output Grafik Penurunan Pada LTP Tebal 3 meter**

- Dengan Model Tiang *Friction*

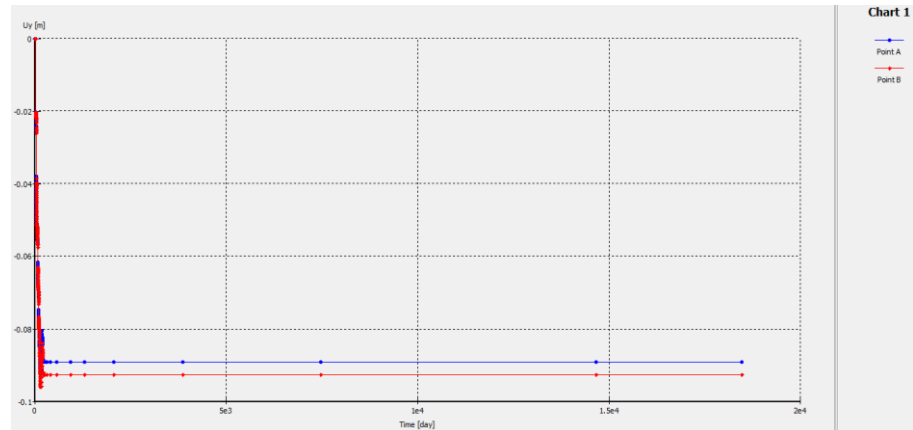
Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun, total penurunan yang terjadi di Titik A sebanyak -26.4 cm, dan Titik B sebanyak -26.8 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.227.



**Gambar 4.227** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *Friction*

- Dengan Model Tiang *End Bearing*

Setelah terkonsolidasi selama 50 tahun, total penurunan yang terjadi di Titik A sebanyak -8.9 cm, dan Titik B sebanyak -9.3 cm. Dapat dilihat pada gambar 4.228.

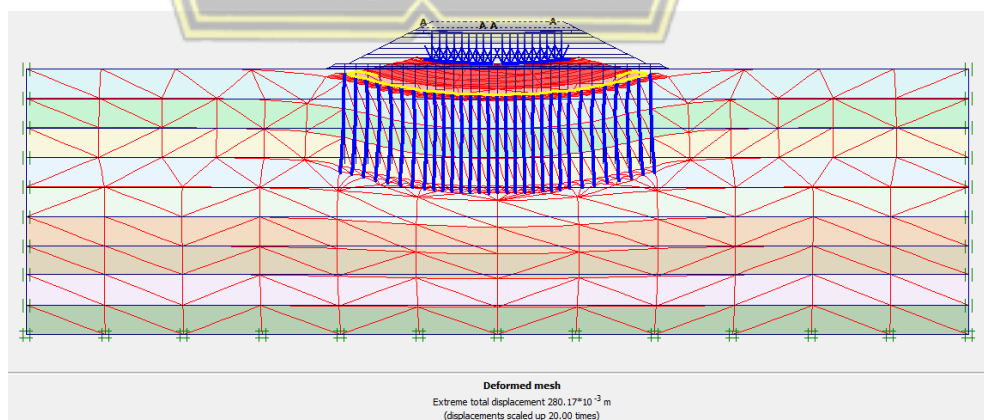


**Gambar 4.228** Hubungan Angka Penurunan dan Waktu Setelah Terkonsolidasi 50 Tahun Pada LTP 3 m Dengan Model Tiang *End Bearing*

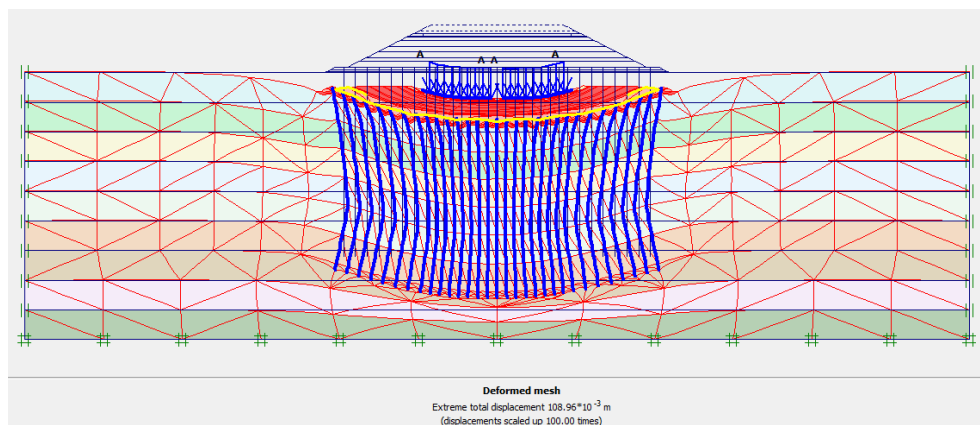
#### 4.6. Besar Penurunan Setelah Konstruksi Selesai pada Permodelan dengan Kondisi *Friction Pile* dan *End Bearing Pile* dengan Variasi Ketebalan LTP (*Load Transfer Platform*) dan Jarak Antar Tiang Tetap 1,5 Meter

##### 4.6.1. Besar Penurunan Setelah Konstruksi Selesai dengan Variasi Ketebalan LTP 1,5 Meter

Besar penurunan pada LTP (*Load Transfer Platform*) tebal 1,5 meter pada permodelan dengan kondisi *friction pile* setelah konstruksi selesai dalam jangka waktu 50 tahun yaitu sebesar 28.017 cm, dan pada permodelan dengan kondisi *end bearing pile* setelah konstruksi berakhir dalam jangka waktu 50 tahun yaitu sebesar 10.896 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.219 untuk permodelan dengan kondisi *friction pile* dan Gambar 4.220 untuk permodelan dengan kondisi *end bearing pile*.



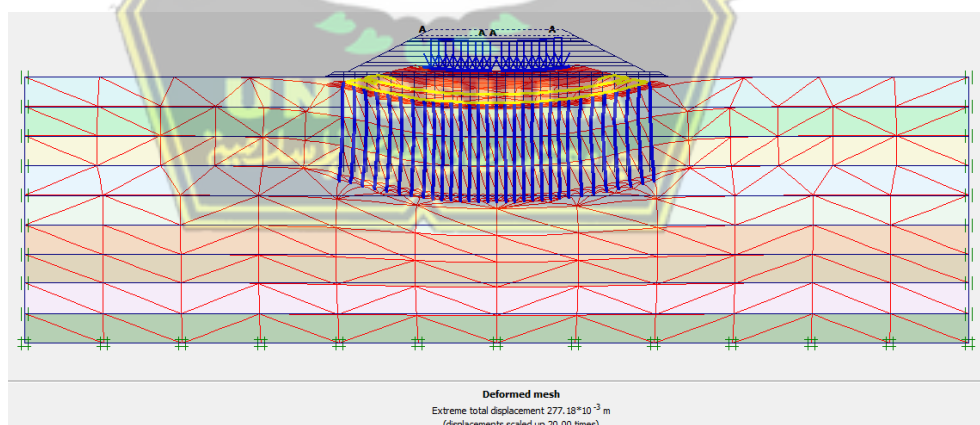
**Gambar 4.229** Penurunan LTP (*Load Transfer Platform*) ketebalan 1,5 m pada permodelan dengan kondisi *Friction Pile* Setelah 50 Tahun



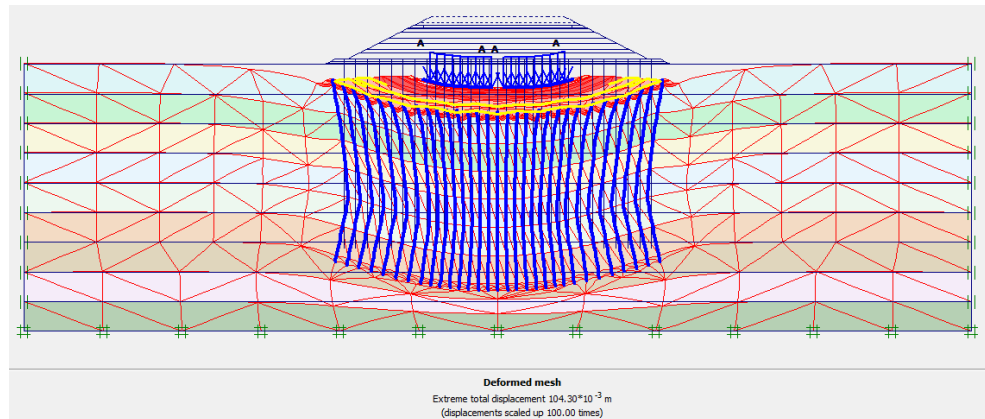
**Gambar 4.230** Penurunan LTP (*Load Transfer Platform*) ketebalan 1,5 m pada permodelan dengan kondisi *End Bearing Pile* Setelah 50 Tahun

#### 4.6.2. Besar Penurunan Setelah Konstruksi Selesai dengan Variasi Ketebalan LTP 3 Meter

Besar penurunan pada LTP (*Load Transfer Platform*) tebal 3 meter pada permodelan dengan kondisi *friction pile* setelah konstruksi selesai dalam jangka waktu 50 tahun yaitu sebesar 27.718 cm, dan pada permodelan dengan kondisi *end bearing pile* setelah konstruksi berakhir dalam jangka waktu 50 tahun yaitu sebesar 10.430 cm. Dapat dilihat pada Gambar 4.231 untuk permodelan dengan kondisi *friction pile* dan Gambar 4.232 untuk permodelan dengan kondisi *end bearing pile*.



**Gambar 4.231** Penurunan LTP (*Load Transfer Platform*) ketebalan 3 m pada permodelan dengan kondisi *Friction Pile* Setelah 50 Tahun



**Gambar 4.232** Penurunan LTP (*Load Transfer Platform*) ketebalan 3 m pada permodelan dengan kondisi *End Bearing Pile* Setelah 50 Tahun



Dari hasil pembahasan analisis dengan program PLAXIS 8.6 diatas dapat dibuat tabel seperti pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 dibawah ini :

**Tabel 4.9** Hasil Perhitungan (Output) Permodelan dengan Variasi Ketebalan LTP (*Load Transfer Platform*) 1,5 Meter

| No | Tahapan                               | Total Penurunan (m) |             | Tekanan Air Pori Berlebih (kN/m <sup>2</sup> ) |             | Safety factor |             | Tegangan Efektif Rata-Rata (kN/m <sup>2</sup> ) |             |
|----|---------------------------------------|---------------------|-------------|------------------------------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------------------------------------------|-------------|
|    |                                       | Friction            | End Bearing | Friction                                       | End Bearing | Friction      | End Bearing | Friction                                        | End Bearing |
| 1  | Lantai Kerja 0.5                      | 0.01824             | 0.01840     | -10.46                                         | -7.63       | 5.3358        | 5.3255      | -184.10                                         | -184.10     |
| 2  | Pekerjaan Tiang                       | 0.02866             | 0.02087     | 40.16                                          | 66.31       | 5.4476        | 5.3929      | -184.31                                         | -184.75     |
| 3  | Timbunan Sirtu 0.5                    | 0.03487             | 0.02299     | 78.43                                          | 115.49      | 3.1014        | 3.0669      | -184.42                                         | -184.95     |
| 4  | Timbunan Ltp 1 m & Geotextile 100 kPa | 0.04821             | 0.02610     | 97.49                                          | 141.90      | 3.1434        | 3.0945      | -184.64                                         | -185.34     |
| 5  | Timbunan Tanah 0.5 m                  | 0.05501             | 0.02763     | 99.28                                          | 144.87      | 3.1563        | 3.0530      | -184.74                                         | -185.52     |
| 6  | Masa Tunggu 14 hari                   | 0.11366             | 0.05255     | -15.87                                         | -4.73       | 3.6586        | 3.7635      | -204.77                                         | -223.89     |
| 7  | Timbunan Tanah 1 m                    | 0.12187             | 0.05599     | -42.41                                         | 37.72       | 3.7917        | 3.6617      | -205.00                                         | -224.23     |
| 8  | Timbunan Tanah 1 m                    | 0.13340             | 0.06128     | -69.33                                         | 79.16       | 2.8136        | 2.6645      | -205.20                                         | -224.57     |
| 9  | Masa Tunggu 14 hari                   | 0.17244             | 0.07180     | -14.17                                         | -2.92       | 2.8050        | 2.7571      | -218.86                                         | -241.78     |
| 10 | Timbunan Tanah 1 m                    | 0.18384             | 0.07826     | -41.20                                         | 35.54       | 2.5632        | 2.6388      | -219.10                                         | -242.10     |
| 11 | Timbunan 0.5 m                        | 0.19114             | 0.08207     | -54.63                                         | 53.46       | 2.3831        | 2.4395      | -219.20                                         | -242.26     |
| 12 | Masa Tunggu 20 hari                   | 0.22258             | 0.08915     | -9.16                                          | -1.58       | 2.3309        | 2.4475      | -228.81                                         | -254.04     |
| 13 | Timbunan Preloading 1 m               | 0.25018             | 0.10240     | -13.24                                         | -2.56E+00   | 2.0903        | 2.1669      | -235.06                                         | -262.03     |
| 14 | Timbunan Preloading 1 m               | 0.27920             | 0.11693     | -13.62                                         | -2.26       | 1.9528        | 2.0122      | -243.94                                         | -268.32     |
| 15 | Masa Tunggu 45 hari                   | 0.29242             | 0.11777     | -2.77                                          | -5.76E+02   | 1.9660        | 2.0162      | -247.40                                         | -268.48     |
| 16 | Unloading Preloading 2m               | 0.248.46            | 0.09291     | 8.62                                           | 3.43E+00    | 2.4779        | 2.4834      | -229.89                                         | -254.11     |
| 17 | Pekerjaan Perkerasan                  | 0.25772             | 0.09871     | 15.63                                          | -17.29      | 2.1950        | 2.2696      | -230.06                                         | -254.34     |
| 18 | Beban Lalu Lintas                     | 0.26700             | 0.10431     | -30.08                                         | -36.02      | 2.1658        | 2.2930      | -235.44                                         | -254.55     |
| 19 | Konsolidasi 1 tahun                   | 0.28015             | 0.10896     | -2.27E+01                                      | -8.30E-03   | 2.1839        | 2.2934      | -237.82                                         | -264.81     |
| 20 | Konsolidasi 3 tahun                   | 0.28017             | 0.10896     | -3.80E+01                                      | -1.20E-04   | 2.1885        | 2.2839      | -237.82                                         | -264.81     |
| 21 | Konsolidasi 10 tahun                  | 0.28017             | 0.10896     | -1.00E-05                                      | -2.06E-07   | 2.1938        | 2.2835      | -237.82                                         | -264.81     |
| 22 | Konsolidasi 50 tahun                  | 0.28017             | 0.10896     | -1.70E-06                                      | 1.28E-09    | 2.1927        | 2.2835      | -237.82                                         | -264.81     |



**Tabel 4.10** Hasil Perhitungan (Output) Permodelan dengan Variasi Ketebalan LTP (*Load Transfer Platform*) 3 Meter

| No | Tahapan                               | Total Penurunan (m) |             | Tekanan Air Pori Berlebih (kN/m <sup>2</sup> ) |             | Safety factor |             | Tegangan Efektif Rata-Rata (kN/m <sup>2</sup> ) |             |
|----|---------------------------------------|---------------------|-------------|------------------------------------------------|-------------|---------------|-------------|-------------------------------------------------|-------------|
|    |                                       | Friction            | End Bearing | Friction                                       | End Bearing | Friction      | End Bearing | Friction                                        | End Bearing |
| 1  | Lantai Kerja 0.5                      | 0.01824             | 0.01840     | -10.46                                         | -7.63       | 5.3358        | 5.3255      | -184.10                                         | -184.10     |
| 2  | Pekerjaan Tiang                       | 0.02866             | 0.02087     | 40.16                                          | 66.31       | 5.4476        | 5.3929      | -184.31                                         | -184.75     |
| 3  | Timbunan Sirtu 0.5                    | 0.03487             | 0.02299     | 78.43                                          | 115.49      | 3.1014        | 3.0669      | -184.42                                         | -184.95     |
| 4  | Timbunan Ltp 1 m & Geotextile 100 kPa | 0.04821             | 0.02610     | 97.49                                          | 141.90      | 3.1434        | 3.0945      | -184.64                                         | -185.34     |
| 5  | Timbunan Sirtu 0.5 m                  | 0.05541             | 0.02778     | 99.63                                          | 145         | 3.1353        | 3.0785      | -184.75                                         | -185.53     |
| 6  | Masa Tunggu 14 hari                   | 0.11475             | 0.05294     | -15.99                                         | -4.68       | 3.6500        | 3.6721      | -204.92                                         | -224.14     |
| 7  | Timbunan Ltp 1 m & Geotextile 100 kPa | 0.12273             | 0.05582     | -44.47                                         | 41.23       | 3.6834        | 3.6508      | -205.16                                         | -224.51     |
| 8  | Timbunan Tanah 1 m                    | 0.13298             | 0.05968     | -71.63                                         | 82.69       | 3.0405        | 3.1949      | -205.36                                         | -224.85     |
| 9  | Masa Tunggu 14 hari                   | 0.17351             | 0.07121     | -14.34                                         | -2.89       | 3.0851        | 4.0795      | -219.28                                         | -242.62     |
| 10 | Timbunan Tanah 1 m                    | 0.18349             | 0.07583     | -41.70                                         | 35.80       | 2.6871        | 3.1048      | -219.53                                         | -242.95     |
| 11 | Timbunan 0.5 m                        | 0.19002             | 0.07901     | -55.24                                         | 54          | 2.2817        | 2.8065      | -219.64                                         | -243.10     |
| 12 | Masa Tunggu 20 hari                   | 0.22175             | 0.08610     | -9.21                                          | -1.58       | 2.4564        | 2.7801      | -229.33                                         | -254.91     |
| 13 | Timbunan Preloading 1 m               | 0.24808             | 0.09820     | -13.32                                         | -2.58E+00   | 2.2027        | 2.3254      | -236.30                                         | -262.91     |
| 14 | Timbunan Preloading 1 m               | 0.27566             | 0.11175     | -13.70                                         | -2.27       | 2.0028        | 2.0843      | -255.27                                         | -269.20     |
| 15 | Masa Tunggu 45 hari                   | 0.28905             | 0.11252     | -2.79                                          | -5.78E-01   | 2.0371        | 2.0880      | -255.02                                         | -269.36     |
| 16 | Unloading Preloading 2m               | 0.24773             | 0.09051     | 8.67                                           | 3.47E+00    | 2.5112        | 2.8048      | -230.49                                         | -254.93     |
| 17 | Pekerjaan Perkerasan                  | 0.25595             | 0.09512     | 15.88                                          | -17.27      | 2.2033        | 2.3513      | -230.65                                         | -255.16     |
| 18 | Beban Lalu Lintas                     | 0.26416             | 0.09960     | -29.92                                         | -36.12      | 2.1063        | 2.4099      | -242.61                                         | -255.37     |
| 19 | Konsolidasi 1 tahun                   | 0.27717             | 0.10430     | -1.09E-02                                      | -7.85E-03   | 2.1984        | 2.4093      | -241.27                                         | -265.62     |
| 20 | Konsolidasi 3 tahun                   | 0.27718             | 0.10430     | -5.09E-05                                      | -1.14E-04   | 2.2418        | 2.3942      | -241.27                                         | -265.62     |
| 21 | Konsolidasi 10 tahun                  | 0.27718             | 0.10430     | -4.26E-07                                      | -2.73E-07   | 2.2382        | 2.3845      | -241.27                                         | -265.62     |
| 22 | Konsolidasi 50 tahun                  | 0.27718             | 0.10430     | -1.26E-07                                      | -9.80E-08   | 2.2343        | 2.3941      | -241.27                                         | -265.62     |



**Tabel 4.11** Hasil Penurunan Pada Preloading 2m dan Konsolidasi 10 Tahun

| No | Diameter (cm) | Variasi LTP (m) | Total Penurunan (m)  |                      |
|----|---------------|-----------------|----------------------|----------------------|
|    |               |                 | <i>Preloading 2m</i> | Konsolidasi 10 Tahun |
| 1  | 20 x 20       | 1,5 m           | 0.44347              | 0.44317              |
| 2  |               | 3 m             | 0.44441              | 0.44406              |
| 3  | 25 x 25       | 1,5 m           | 0.11693              | 0.10896              |
| 4  |               | 3 m             | 0.11175              | 0.10430              |
| 5  | 30 x 30       | 1,5 m           | 0.12174              | 0.11387              |
| 6  |               | 3 m             | 0.11626              | 0.10904              |

#### 4.7. Pembahasan

Penggunaan variasi ketebalan LTP (*Load Transfer Platform*) dengan jarak antar tiang tetap 1,5 meter berpengaruh dalam mengurangi penurunan tanah, Permodelan dengan variasi yang dianalisis yaitu dengan perbandingan  $LTP = \text{lebar jarak pile}$  dan  $LTP > \text{lebar jarak pile}$ . Pada perbandingan  $LTP = \text{lebar jarak pile}$  yaitu tebal LTP 1.5 meter = 1.5 meter jarak pile dan pada  $LTP > \text{lebar jarak pile}$  yaitu tebal LTP 3 meter  $> 1.5$  meter jarak pile.

Permodelan yang digunakan yaitu permodelan dengan kondisi *friction pile* dan kondisi *end bearing pile*. Dimana untuk kedalaman tiang pada kondisi *friction pile* sedalam 16 meter dan kedalaman tiang pada kondisi *end bearing pile* yaitu sedalam 31 meter. Pada kedua permodelan yang telah dianalisa didapatkan hasil penurunan yang berbeda. Dalam permodelan kondisi *friction pile* dengan perbandingan  $LTP = \text{lebar jarak pile}$  mempunyai penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi *friction pile* dengan perbandingan  $LTP > \text{lebar jarak pile}$  yang mempunyai penurunan lebih kecil. Sedangkan untuk permodelan kondisi *end bearing pile* dengan perbandingan  $LTP = \text{lebar jarak pile}$  juga mempunyai penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi *end bearing pile* dengan perbandingan  $LTP > \text{lebar jarak pile}$  yang mempunyai penurunan lebih kecil. Dengan perbandingan  $LTP > \text{lebar jarak pile}$  bisa mengurangi penurunan tanah daripada penggunaan perbandingan  $LTP = \text{lebar jarak pile}$ .

Permodelan yang dilakukan menggunakan dimensi tiang dengan ukuran 25cm x 25cm pada LTP (*Load Transfer Platform*) tebal 1.5 meter dan

tebal 3 meter, penggunaan dimensi tiang 25cm x 25cm dipilih karena dengan dimensi tersebut memiliki penurunan tanah yang paling kecil, baik dengan kondisi *friction pile* maupun *end bearing pile* dibandingkan dengan penggunaan dimensi tiang lainya yaitu 20cm x 20cm dan 30cm x 30cm. Dengan penggunaan dimensi 20cm x 20cm memiliki penurunan yang paling besar sehingga tidak efisien untuk digunakan dalam permodelan, sedangkan penggunaan dimensi 30cm x 30cm memiliki penurunan tanah yang lebih besar juga dibandingkan dengan penggunaan dimensi 25cm x 25cm, sehingga dimensi 25cm x 25cm lebih efisien digunakan untuk permodelan dibandingkan dua dimensi lainya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.11.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis pada bab pembahasan sebelumnya dengan dua kondisi pemodelan yaitu *Friction Pile* dan *End Bearing Pile* yang dipengaruhi variasi ketebalan *Load Transfer Platform* (LTP) pada daerah pasar Waru dengan menggunakan Program *Softwere* PLAXIS 8.6 dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dalam penggunaan variasi ketebalan *Load Transfer Platform* (LTP) **sangat berpengaruh** terhadap penurunan tanah. Dengan perbandingan LTP lebih besar lebih dari lebar jarak pile bisa mengurangi penurunan tanah daripada penggunaan perbandingan LTP yang tebalnya sama dengan lebar jarak pile.
2. Berdasarkan hasil perhitungan dengan program Plaxis 8.6 yang sudah dilakukan, didapatkan penurunan terbesar didalam penggunaan variasi LTP pada kondisi tiang *Friction Pile* sebesar 28.017 cm pada tebal LTP 1,5 m dan sebesar 10.896 cm pada kondisi tiang *End Bearing Pile* dengan tebal LTP 1,5 m
3. Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan penurunan terkecil didalam penggunaan variasi LTP pada kondisi *Friction Pile* sebesar 27.718 cm pada tebal LTP 3 m dan sebesar 10.430 cm pada kondisi tiang *End Bearing Pile* dengan tebal LTP 3 m

#### 5.2. Saran

Dari Tugas Akhir yang sudah kami kerjakan, dapat memberikan masukan serta saran antara lain :

1. Dalam memulai analisis dan studi yang menggunakan program numerik alangkah baiknya data-data yang digunakan harus jelas, lengkap dan jelas darimana sumber didapatkannya data serta dapat dipertanggungjawabkan keaslian dan kebenarannya. Kurang lengkapnya data-data yang didapat untuk analisis dapat menghambat proses analisis yaitu dalam proses

penginputan data, sehingga dapat mengakibatkan kesalahan pada perhitungan program numerik yang dilakukan.

2. Program PLAXIS 8.6 adalah program yang digunakan untuk menganalisis pada Tugas Akhir ini. Pemahaman serta penguasaan program PLAXIS 8.6 adalah hal penting yang harus dilakukan sebelum memulai analisis. Penggunaan program PLAXIS 8.6 dilakukan untuk membantu serta mempermudah didalam proses analisis.
3. Dalam proses analisis hendaknya mengikuti dan melakukan sesuai prosedur perencanaan, syarat-syarat dan ketentuan-ketentuan dalam perencanaan. Hal-hal tersebut sebagai hal utama yang harus dilakukan. Sehingga dapat menghasilkan hasil yang maksimal dan dapat dipertanggungjawabkan kebenarannya.



## DAFTAR PUSTAKA

Aribudiman, I Nyoman., Tjerita, A.A.Ketut Ngurah., Baskara, I Bagus Gede. 2015. Pengaruh Penambahan *Fiber* Terhadap Parameter Daya Dukung Tanah Lempung. *Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil*.Bali.

Ariyanto, Muhammad Luthfi. 2018. *Pengaruh Tebal Load Transfer Platform Pada Tanah Timbunan Diatas Kolom Grout Modular*. Fakultas Teknik Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.

Binamarga. 2010. “*Dokumen Pelelangan Nasional*”. Kementrian Pekerjaan Umum.

Darwis. 2017. *Dasar-Dasar Teknik Perbaikan Tanah*. Penerbit Pustaka AQ. Yogyakarta.

Das, Braja M.. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Fahriana, Nina., Ismida, Yulina., Lydia, Ellida Novita., dan Ariesta, Hendra. 2019. *Analisis Klasifikasi Tanah Dengan Metode Usce (Meurandeh Kota Langsa)*. Jurnal Ilmiah Jurutera. Aceh.

Fitriyana, Lisa., Rochim, Abdul., Ramandana, Rahadyan Widya., Fawaid, Vicky Alif. 2020. *Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Penambahan Limbah Kertas*. Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering. Semarang.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2018. *Mekanika Tanah 2 Edisi Keenam*. Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Heriyadi, Bambang. 2021. *Pedoman Penyelidikan Tanah*. Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Padang.

Pratama, Ade Wahyu Yassin., Rekardi, Hikmah., Karlinasari, Rinda. 2019. *Studi Kasus Soil Treatment Minipile dengan Platform Sebagai Zona Transisi Vacuum Consolidation Method dengan Area Box Jalan pada Jalan Tol Pemalang Batang*. 23rd Annual National Conference on Geotechnical Engineering. Jakarta.

Pratikso. 2008. *Mekanika Tanah I*. Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Semarang.

Pratikso. 2013. *Mekanika Tanah I*. Penerbit Unissula Press. Semarang.

Santoso, Heri. And Widhiarto, Herry. 2019. *Analisis Tanah Lempung Ekspansif Pamekasan Menggunakan Bahan Abu Jerami*. Undergraduated Thesis, Universitas 17 Agustus 1945. Surabaya.

Saragih, Dini Anita. 2018. *Teknik Perbaikan Tanah Lunak Sebagai Lapisan Tanah Dasar*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

Yapeter, Arnold., Tanujaya, david., Suwono, Johanes I.. dan Tjandra, Daniel. 2016. Korelasi Nilai *Mackintosh* Dengan *N-Spt* Pada Tanah Urugan. Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. Surabaya.

Yulianto, Dimas. & Fakhry, Farhan. 2018. *Studi Perbaikan Tanah Lunak Dengan Variasi Ketebalan Platform Pada Metode Load Transfer Platform*. Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung. Semarang.

