

TUGAS AKHIR
STUDI PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN
***LOAD TRANSFER PLATFORM* DENGAN VARIASI JARAK**
ANTAR TIANG

Disusun Dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan Penyelesaian
Pendidikan Program Sarjana Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Dikerjakan Oleh :

Hikmah Royani

3.02.018.00080

Lia Nabila

3.02.018.00104

FAKULTAS TEKNIK JURUSAN TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

2022



**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

HALAMAN PENGESAHAN

“STUDI PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN *LOAD TRANSFER PLATFORM* DENGAN VARIASI JARAK ANTAR TIANG”

Oleh :



Hikmah Rovani

30.2018.00.080



Lia Nabila

30.2018.00.104

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

Disahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik UNISSULA

Muhammad Rusli Ahvar, ST., 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 : 20/A.2/SA-T/VII/2022

10/A.2/SA-T/1/2022

Pada hari ini, tanggal 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 : Hikmah Royani Nama : Lia Nabila

NIM : 30.2018.00.080 NIM : 30.2018.00.104

Judul : "Studi Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Load Transfer Platform Dengan Variasi Jarak Antar Tiang"

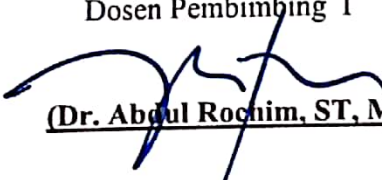
Dengan tahapan sebagai berikut:

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

Dosen Pembimbing II


(Dr. Abdul Rochim, ST, MT)


(Lisa Fitriyana, ST, M.Eng)

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNISSULA


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

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hikmah Royani

Nama : Lia Nabila

NIM : 30.2018.00.080

NIM : 30.2018.00.104

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul : **“STUDI PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN *LOAD TRANSFER PLATFORM* DENGAN VARIASI JARAK ANTAR TIANG”**

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

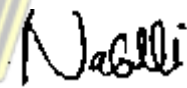
Yang membuat Pernyataan

Semarang, Januari 2022

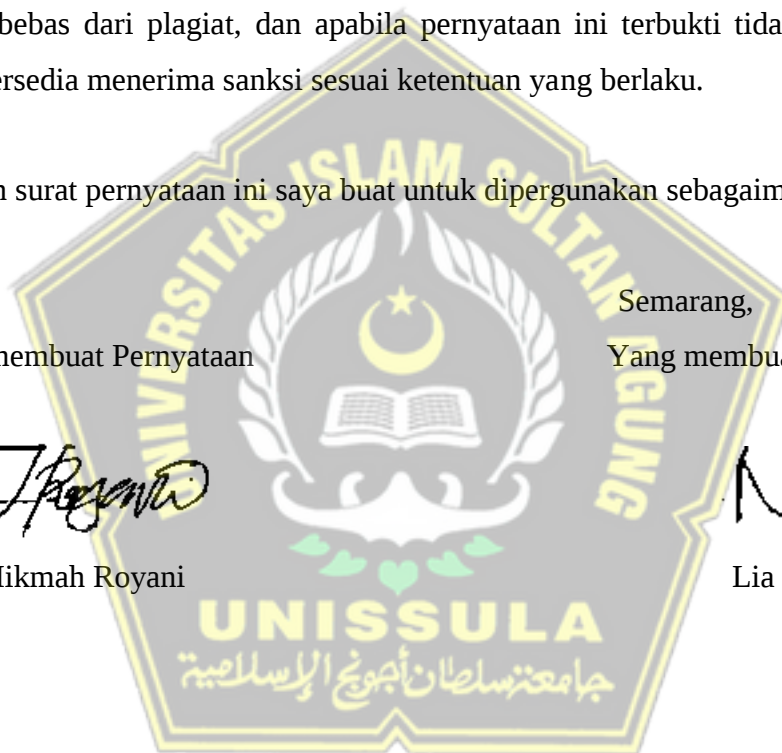
Yang membuat Pernyataan



Hikmah Royani



Lia Nabila



PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda – tangan di bawah ini :

NAMA : Hikmah Royani

NAMA : Lia Nabila

NIM : 30201800080

NIM : 30201800104

JUDUL : “STUDI PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN
LOAD TRANSFER PLATFORM DENGAN VARIASI JARAK
ANTAR TIANG”

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini adalah hasil penelitian, pemikiran dan presentasi saya sendiri. Saya tidak akan menambahkan materi yang telah diterbitkan atau dibuat oleh orang lain tanpa sepengetahuan saya atau sebagai materi yang diajukan untuk memperoleh gelar atau diploma di Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, atau universitas lain. Kedepannya, Apabila ada kejanggalan atau ketidaktepatan dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini saya buat..

Semarang, Januari 2022

Yang membuat pernyataan

Yang membuat pernyataan



Hikmah Royani



Lia Nabila

MOTO

- Hikmah Royani

وَسْأَلُونَكَ عَنِ الرُّوحِ قُلِ الرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّي وَمَا أُوتِيتُمْ مِنَ الْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا

“Dan mereka bertanya kepadamu (Muhammad) tentang ruh. Katakanlah, “Ruh itu termasuk urusan Tuhanku, sedangkan kamu diberi pengetahuan hanya sedikit.”

(Al-Isra Ayat 85)

- Lia Nabila

شَهِدَ اللَّهُ أَنَّهُ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ وَالْمَلَائِكَةُ وَأُولُوا الْعِلْمِ قَانِمًا بِالْقِسْطِ ۚ لَا إِلَهَ إِلَّا هُوَ الْعَزِيزُ الْحَكِيمُ

“Allah menyatakan bahwasanya tidak ada Tuhan melainkan Dia (yang berhak disembah), Yang menegakkan keadilan. Para Malaikat dan orang-orang yang berilmu (juga menyatakan yang demikian itu). Tak ada Tuhan melainkan Dia (yang berhak disembah), Yang Maha Perkasa lagi Maha Bijaksana”

(Ali Imran Ayat 18)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Dr. Abdul Rochim, ST, MT. dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
2. Lisa Fitriyana, ST, M. Eng. dosen pembimbing yang senantiasa memberikan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
3. Kepada kedua orang tua, yang senantiasa selalu support serta memberikan dukungan tenaga, materiil dan lantunan - lantunan d'oa yang selalu ada dalam permohonannya kepada Allah SWT . Semoga selalu tercurahkan rahmat, taufiq, hidayah dan selalu dilindungi Allah SWT.
4. Kepada teman-teman saya dari maba Lina Rosniwati, Hutami Kusuma Wardhani, Intan Rismayanti, Inkaana Bi Haqqi dan Lia Nabila yang membantu memberikan support, arahan dan semangat. Serta Elis Melindawati dan Dina Nadhilah.
5. Lia Nabila, sebagai partner Tugas Akhir.
6. Teman - teman Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang Jurusan Teknik Sipil angkatan 2018 yang telah menemani berjuang dari awal penulis memulai studi;

Hikmah Royani

30201800080

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Dr. Abdul Rochim, ST, MT. dosen pembimbing yang selalu memberikan arahan dan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
2. Lisa Fitriyana, ST, M. Eng. dosen pembimbing yang senantiasa memberikan ilmunya serta membimbing penulis sampai akhir terselesaikan tugas akhir ini.
3. Kepada kedua orang tua, yang senantiasa selalu support serta memberikan dukungan tenaga, materiil dan lantunan - lantunan d'oa yang selalu ada dalam permohonannya kepada Allah SWT . Semoga selalu tercurahkan rahmat, taufiq, hidayah dan selalu dilindungi Allah SWT.
4. Kepada teman-teman saya dari maba Lina Rosniwati, Hutami Kusuma Wardhani, Intan Rismayanti, Inkaana Bi Haqqi dan Hikmah Royani yang membantu memberikan support, arahan, semangat, dan selalu membawa kayu bakar dalam setiap pembicaraan.
5. Hikmah Royani, sebagai partner Tugas Akhir.
6. Teman - teman Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang Jurusan Teknik Sipil angkatan 2018 yang telah menemani berjuang dari awal penulis memulai studi;

Lia Nabila
30201800104

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa tercurah kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik tentang “Studi Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan *Load Transfer Platform* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang”

Penyelesaian laporan ini dimaksudkan untuk menyelesaikan Program studi Strata 1 (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Laporan Tugas Akhir ini semata-mata tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak yang sangat membantu. Untuk itu tiada kata-kata yang lebih tepat selain ucapan terima kasih kepada:

1. Orang tua saya yang telah menyediakan sarana dan prasarana selama ini selama di perkuliahan.
2. Dr.Abdul Rochim, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan kepada kami dengan penuh kesabaran dan memberikan dorongan semangat untuk kami serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan tugas akhir.
3. Lisa Fitriyana, ST, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir, yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan kepada kami dengan penuh kesabaran dan memberikan dorongan semangat untuk kami serta memberikan kritik dan saran mengenai laporan tugas akhir.
4. Semua pihak yang telah membantu sehingga tugas laporan ini terselesaikan dengan baik dan lancar.

Semoga jasa yang telah diberikan kepada kami dengan hati yang tulus ikhlas tersebut mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT. Kami menyadari bahwa penyelesaian tugas ini masih jauh dari kesempurnaan, Oleh karena itu dengan rendah hati kami mohon saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak agar menjadi lebih sempurna. Akhir kata semoga tugas ini bermanfaat dan menambah wawasan bagi kita semua.

Semarang, Januari 2022

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIBINGAN 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.....	xxviii
ABSTRAK	xxxx
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II STUDI PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Klasifikasi Tanah.....	6
2.2.1 Sistem Klasifikasi AASTHO	6
2.2.2 Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> (USCS).....	9
2.3 Parameter Tanah.....	11
2.3.1 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	11
2.3.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan <i>Standart Penetration Test</i> (N-SPT).....	12
2.3.3 Permeabilitas (<i>Permeability</i>).....	15
2.3.4 <i>Modulus Young</i> dan <i>Poisson Ration</i> (ν)	16
2.3.5 Sudut Geser Tanah Dalam	16
2.3.6 Kohesi	17
2.4 Tanah Lunak.....	18
2.4.1 Deskripsi Tanah Lunak.....	18
2.4.2 Karakteristik Tanah Lunak	19
2.4.3 Masalah yang Timbul Pada Tanah Lunak	20
2.4.4 Penanganan Tanah Lunak	20
2.5 Tanah Keras	21

2.5.1	Deskripsi Tanah Keras.....	21
2.5.2	Karakteristik Tanah Keras	22
2.6	Pondasi Tiang Pancang.....	22
2.7	Daya Dukung Pondasi	23
2.7.1	Analisis Kapasitas Daya Dukung Tanah	23
2.7.2	Daya Dukung Pondasi Ujung (<i>End Bearing</i>).....	24
2.7.3	Daya Dukung Selimut (<i>Friction Pile</i>).....	24
2.7.4	Perencanaan Pondasi (<i>End Bearing</i>)	25
2.7.5	Perencanaan Pondasi (<i>Full Friction</i>)	25
2.8	Penurunan Tanah.....	25
2.8.1	Penurunan Seketika (<i>Immediate Settlement – Si</i>).....	26
2.8.2	Penurunan Konsolidasi/Primer (<i>Primary Consolidation-Sc</i>).....	27
2.8.3	Konsolidasi Sekunder (<i>Secondary Consolidation</i>)	29
2.9	Stabilitas Lereng.....	30
2.9.1	Definisi Stabilitas Lereng	30
2.9.2	Analisa Stabilitas Lereng	31
2.10	Pemadatan Tanah	32
2.11	LTP (<i>Load Transfer Platform</i>)	34
2.11.1	LTP (<i>Load Transfer Platform</i>).....	34
2.11.2	Material Granular	34
2.11.3	Penguatan Geosintetik	34
2.11.4	Desain LTP	35
2.11.5	Penguatan Total Desain Beban	36
2.12	Hubungan Tebal Platform (LTP) dengan Jarak Antar Pile	36
2.12.1	Metode Beam	36
2.12.2	Metode Baru Jerman.....	37
BAB III	METODOLOGI	38
3.1	Pendahuluan	38
3.2	Identifikasi Masalah	39
3.3	Studi Literatur	39
3.4	Permodelan dengan Program Plaxis 8.6	40
3.4.1	Teknik Pengolahan Data.....	40
3.4.2	Penginputan Data	46
3.4.3	Perhitungan	57
3.4.4	Hasil Analisis Permodelan Menggunakan Program Plaxis 8.6.....	57
3.5	Kesimpulan dan Saran	57
3.6	Penyusunan Laporan	57
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	58
4.1	Pembahasan	58
4.2	Parameter Desain	59
4.2.1	Parameter Tanah	59
4.2.2	Parameter Timbunan dan Perkerasan	59
4.2.3	Parameter Tiang Pancang	60
4.2.4	Parameter LTP dan Geosintetik	61
4.3	Pembebanan	62
4.4	Tahap Perhitungan	62
4.5	Hasil Perhitungan Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	85

4.5.1	Output Setelah Perkerasan Jalan Bekerja	85
4.5.2	Output Setelah Beban Lalu Lintas Bekerja.....	90
4.5.3	Output Setelah Ter- Konsolidasi 1 Tahun	95
4.5.4	Output Setelah Ter- Konsolidasi 3 Tahun	100
4.5.5	Output Setelah Ter- Konsolidasi 10 Tahun	105
4.5.6	Output Setelah Ter- Konsolidasi 50 Tahun	110
4.6	Hasil Perhitungan Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	115
4.6.1	Output Setelah Perkerasan Jalan Bekerja	115
4.6.2	Output Setelah Beban Lalu Lintas Bekerja.....	120
4.6.3	Output Setelah Ter- Konsolidasi 1 Tahun	125
4.6.4	Output Setelah Ter- Konsolidasi 3 Tahun	130
4.6.5	Output Setelah Ter- Konsolidasi 10 Tahun	135
4.6.6	Output Setelah Ter- Konsolidasi 50 Tahun	140
4.7	Hasil Perhitungan Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	145
4.7.1	Output Setelah Perkerasan Jalan Bekerja	145
4.7.2	Output Setelah Beban Lalu Lintas Bekerja.....	150
4.7.3	Output Setelah Ter- Konsolidasi 1 Tahun	155
4.7.4	Output Setelah Ter- Konsolidasi 3 Tahun	160
4.7.5	Output Setelah Ter- Konsolidasi 10 Tahun	165
4.7.6	Output Setelah Ter- Konsolidasi 50 Tahun	170
4.8	Penurunan Setelah Selesai Konstruksi Dengan Variasi Jarak Antar Tiang dan Ketebalan LTP 1,5 Meter	175
4.8.1	Output Setelah Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	175
4.8.2	Output Setelah Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	176
4.8.3	Output Setelah Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	177
4.9	Variasi Diameter Tiang Pancang	181
4.10	Hasil	181
BAB V PENUTUP		183
5.1	Kesimpulan	183
5.2	Saran	183
DAFTAR PUSTAKA		xxxii
LAMPIRAN		xxxiv

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi tanah AASHTO.....	8
Tabel 2.2	Sistem klasifikasi Unified Soil Classification System (USCS)	10
Tabel 2.3	Klasifikasi Tanah Unified Soil Classification System (USCS)	10
Tabel 2.4	Klasifikasi Tanah dari Data Sondir	11
Tabel 2.5	Hubungan antara kepadatan, berat jenis tanah kering, nilai N-SPT,dll.....	13
Tabel 2.6	Hubungan antara nilai N-SPT dengan berat jenis tanah jenuh	13
Tabel 2.7	Hubungan Antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering.....	14
Tabel 2.8	Klasifikasi kelas situs tanah	14
Tabel 2.9	Nilai Permeabilitas (k) dalam satuan (m/s).....	15
Tabel 2.10	Hubungan Modulus Elastisitas (Es) dan Nilai poisson ratio.....	16
Tabel 2.11	Hubungan Antara Sudut Geser Dalam dengan Jenis Tanah	17
Tabel 2.12	Hubungan antara sudut geser dalam, dengan tingkat plastisitas dan Φ	17
Tabel 2.13	Tipe Tanah Lunak berdasarkan Kadar Organik	18
Tabel 2.14	Kuat Geser Lempung Lunak	19
Tabel 2.15	Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah Lempung Lunak ...	20
Tabel 2.16	Berat Jenis Tanah	21
Tabel 2.17	Nilai Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah	22
Tabel 3.1	Deskripsi Data Tanah	40
Tabel 3.2	Parameter Tanah.....	43
Tabel 3.3	Variasi Jarak Tiang.....	43
Tabel 3.4	Parameter Tiang, Perkerasan Jalan dan Geogrid.....	48
Tabel 3.5	Parameter Tiang Pancang Perkerasan Jalan dan Geogrid.....	49
Tabel 4.1	Parameter Tanah.....	59
Tabel 4.2	Parameter Timbunan.....	59
Tabel 4.3	Parameter Perkerasan.....	59
Tabel 4.4	Parameter Tiang Pancang.....	60
Tabel 4.5	Parameter LTP dan Geosintetik	61
Tabel 4.6	Beban Lalu Lintas.....	62
Tabel 4.7	Tahap Perhitungan.....	62
Tabel 4.8	Hasil Perhitungan (<i>Output</i>) Permodelan Dengan Variasi Jarak Antar Pile 1 Meter	178
Tabel 4.9	Hasil Perhitungan (<i>Output</i>) Permodelan Dengan Variasi Jarak Antar Pile 1,5 Meter	179
Tabel 4.10	Hasil Perhitungan (<i>Output</i>) Permodelan Dengan Variasi Jarak Antar Pile 2 Meter	180
Tabel 4.11	Parameter Variasi Tiang Pancang Minipile	181
Tabel 4.12	Hasil Preloading dan Konsolidasi 10 Tahun Minipile.....	181

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Grafik Plastisitas Untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO .	9
Gambar 2.2	Grafik Hubungan Tekanan Conus Dengan Perlawanan Geser.	12
Gambar 2.3	Grafik Plastisitas Unified Soil Classification System.....	19
Gambar 2.4	Tiang Ditinjau Dari Cara Mendukung Bebannya	24
Gambar 2.5	Variasi Tegangan Total, Tegangan Air Pori, Dan Tegangan Efektif Lempung.....	28
Gambar 2.6	Variasi Angka Pori Dan Waktu Untuk Penambahan Beban	29
Gambar 2.7	Kelongsoran Lereng.....	30
Gambar 2.8	Gaya - Gaya Yang Bekerja Pada Irisan.....	32
Gambar 2.9	Prinsip Pemadatan Tanah	33
Gambar 2.10	Distribusi Tegangan Vertikal Khas Dari Timbunan Mengisi Tiang	35
Gambar 2.11	Distribusi Tegangan Vertikal Khas Dari Timbunan Mengisi Sepanjang Pusat Penumpukan Tiang Dengan Model <i>Multi-Arch</i>	37
Gambar 3.1	Diagram Alir.....	39
Gambar 3.2	Kotak Dialog Toolbar	44
Gambar 3.3	Kotak Dialog General Settings – Tab Project	44
Gambar 3.4	Kotak Dialog General Settings – Tab Dimensions	45
Gambar 3.5	Model Geometri Penampang Melintang <i>Friction Pile</i>	45
Gambar 3.6	Model Geometri Penampang Melintang <i>End Bearing Pile</i>	46
Gambar 3.7	Material Sets	47
Gambar 3.8	Properties Lapisan Tanah –Tab General	47
Gambar 3.9	Properties Lapisan Tanah –Tab Parameters	48
Gambar 3.10	Properties Lapisan Tanah –Tab Interfaces	48
Gambar 3.11	Material Sets Tiang	49
Gambar 3.12	Properties Tiang.....	49
Gambar 3.13	Material Sets Perkerasan Jalan	50
Gambar 3.14	Properties Perkerasan Jalan	51
Gambar 3.15	Material Geogrid.....	51
Gambar 3.16	Properties Geotextil.....	52
Gambar 3.17	Mesh Generation Penampang Melintang <i>Friction Pile</i>	52
Gambar 3.18	Mesh Generation Penampang Melintang <i>End Bearing Pile</i>	52
Gambar 3.19	Tinggi Permukaan Air Tanah (Phreatic Level) <i>Friction Pile</i> ...	53
Gambar 3.20	Tinggi Permukaan Air Tanah (Phreatic Level) <i>End Bearing Pile</i>	53
Gambar 3.21	Phreatic Level	54
Gambar 3.22	Tekanan Air Aktif	54
Gambar 3.23	Tekanan Air Aktif	54
Gambar 3.24	Mengaktifkan Konfigurasi Geometri <i>Friction Pile</i>	55
Gambar 3.25	Mengaktifkan Konfigurasi Geometri <i>End Bearing Pile</i>	55
Gambar 3.26	K0 – Procedure	56
Gambar 3.27	Generate Initial Stress <i>Friction Pile</i>	56
Gambar 3.28	Generate Initial Stress <i>End Bearing Pile</i>	57
Gambar 4.1	Potongan Melintang Permodelan <i>Friction Pile</i>	58

Gambar 4.2	Potongan Melintang Permodelan <i>End Bearing Pile</i>	58
Gambar 4.3	Input Phase Lantai Kerja 0.5 m	64
Gambar 4.4	Define Phase Lantai Kerja 0.5 m	64
Gambar 4.5	Input Phase Tiang Pada Tab General Dan Parameters.....	65
Gambar 4.6	Define Phase Tiang	65
Gambar 4.7	Input Phase LTP 0.5 m Pada Tab General Dan Parameters	66
Gambar 4.8	Define Phase LTP 0.5 m.....	66
Gambar 4.9	Input Phase LTP Dan Geosintetik 1 m Pada Tab General Dan Parameters	67
Gambar 4.10	Define Phase LTP Dan Geosintetik 1 m	67
Gambar 4.11	Input Phase Timbunan 0.5 m Pada Tab General Dan Parameters	68
Gambar 4.12	Define Phase Timbunan 0.5 m.....	68
Gambar 4.13	Input Phase Masa Tunggu 14 Hari Pada Tab General Dan Parameters.....	69
Gambar 4.14	Input Phase Timbunan 1 m Pada Tab General Dan Parameters	69
Gambar 4.15	Define Phase Timbunan 1 m	70
Gambar 4.16	Input Phase Timbunan 1 m Pada Tab General Dan Parameters	70
Gambar 4.17	Define Phase Timbunan 1 m	71
Gambar 4.18	Input Phase Masa Tunggu 14 Hari Pada Tab General Dan Parameters	71
Gambar 4.19	Input Phase Timbunan 1 m Pada Tab General Dan Parameters.....	72
Gambar 4.20	Define Phase Timbunan 1 m	72
Gambar 4.21	Input Phase Timbunan 0.5 m Pada Tab General Dan Parameters	73
Gambar 4.22	Define Phase Timbunan 0.5 m.....	73
Gambar 4.23	Input Phase Masa Tunggu 20 Hari Pada Tab General Dan Parameters.....	74
Gambar 4.24	Input Phase Timbunan Preloading 1 m Pada Tab General Dan Parameters.....	75
Gambar 4.25	Define Phase Timbunan Preloading 1 m.....	75
Gambar 4.26	Input Phase Timbunan Preloading 1 m Pada Tab General Dan Parameters	76
Gambar 4.27	Define Phase Timbunan Preloading 1 m.....	76
Gambar 4.28	Input Phase Masa Tunggu 45 Hari Pada Tab General Dan Parameters.....	77
Gambar 4.29	Input Phase Unloading Preloading Pada Tab General Dan Parameters	78
Gambar 4.30	Define Phase Unloading Timbunan Preloading 2 m.....	78
Gambar 4.31	Input Phase Beban Perkerasan Jalan Pada Tab General Dan Parameters	79
Gambar 4.32	Define Phase Beban Perkerasan Jalan.....	79
Gambar 4.33	Input Phase Beban Lalu Lintas Pada Tab General Dan Parameters	80
Gambar 4.34	Define Phase Beban Lalu Lintas.....	80

Gambar 4.35	Input Phase Konsolidasi 1 Tahun Pada Tab General Dan Parameters	81
Gambar 4.36	Input Phase Konsolidasi 3 Tahun Pada Tab General Dan Parameters	81
Gambar 4.37	Input Phase Konsolidasi 10 Tahun Pada Tab General Dan Parameters	82
Gambar 4.38	Input Phase Konsolidasi 50 Tahun Pada Tab General Dan Parameters	83
Gambar 4.39	Input Phase SF (Safety Factor) Pada Tab General Dan Parameters	83
Gambar 4.40	Penentuan Titik Tinjauan Displacement	84
Gambar 4.41	Penentuan Titik Tinjauan Stresses	84
Gambar 4.42	<i>Displacement</i> Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	85
Gambar 4.43	<i>Displacement</i> Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	85
Gambar 4.44	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	86
Gambar 4.45	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing</i> <i>Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	86
Gambar 4.46	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	87
Gambar 4.47	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	87
Gambar 4.48	<i>Safety Factor</i> Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	88
Gambar 4.49	<i>Safety Factor</i> Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	88
Gambar 4.50	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	89
Gambar 4.51	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	89
Gambar 4.52	<i>Displacement</i> Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	90
Gambar 4.53	<i>Displacement</i> Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	90
Gambar 4.54	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i>	

	Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	91
Gambar 4.55	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	91
Gambar 4.56	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	92
Gambar 4.57	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	92
Gambar 4.58	<i>Safety Factor</i> Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	93
Gambar 4.59	<i>Safety Factor</i> Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	93
Gambar 4.60	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	94
Gambar 4.61	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	94
Gambar 4.62	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	95
Gambar 4.63	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	95
Gambar 4.64	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	96
Gambar 4.65	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	96
Gambar 4.66	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	97
Gambar 4.67	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	97
Gambar 4.68	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	98
Gambar 4.69	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	98
Gambar 4.70	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	99
Gambar 4.71	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i>	

	Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	99
Gambar 4.72	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	100
Gambar 4.73	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	100
Gambar 4.74	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	101
Gambar 4.75	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	101
Gambar 4.76	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	102
Gambar 4.77	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	102
Gambar 4.78	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	103
Gambar 4.79	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	103
Gambar 4.80	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	104
Gambar 4.81	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	104
Gambar 4.82	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	105
Gambar 4.83	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	105
Gambar 4.84	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	106
Gambar 4.85	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	106
Gambar 4.86	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	107
Gambar 4.87	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	107
Gambar 4.88	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	108

Gambar 4.89	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	108
Gambar 4.90	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	109
Gambar 4.91	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	109
Gambar 4.92	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	110
Gambar 4.93	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	110
Gambar 4.94	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	111
Gambar 4.95	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter.....	111
Gambar 4.96	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	112
Gambar 4.97	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	112
Gambar 4.98	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	113
Gambar 4.99	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter .	113
Gambar 4.100	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	114
Gambar 4.101	Grafik Hubungan Antara Penurunan Dan Waktu Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	114
Gambar 4.102	<i>Displacement</i> Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter...	115
Gambar 4.103	<i>Displacement</i> Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	115
Gambar 4.104	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	116
Gambar 4.105	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	116
Gambar 4.106	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan	

	Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	117
Gambar 4.107	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	117
Gambar 4.108	<i>Safety Factor</i> Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter..	118
Gambar 4.109	<i>Safety Factor</i> Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	118
Gambar 4.110	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	119
Gambar 4.111	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	119
Gambar 4.112	<i>Displacement</i> Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	120
Gambar 4.113	<i>Displacement</i> Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	120
Gambar 4.114	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	121
Gambar 4.115	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	121
Gambar 4.116	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	122
Gambar 4.117	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	122
Gambar 4.118	<i>Safety Factor</i> Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter..	123
Gambar 4.119	<i>Safety Factor</i> Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	123
Gambar 4.120	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	124
Gambar 4.121	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	124
Gambar 4.122	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter..	125
Gambar 4.123	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan	

	<i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	125
Gambar 4.124	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	126
Gambar 4.125	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	126
Gambar 4.126	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	127
Gambar 4.127	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	127
Gambar 4.128	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter..	128
Gambar 4.129	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	128
Gambar 4.130	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	129
Gambar 4.131	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	129
Gambar 4.132	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter...	130
Gambar 4.133	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	130
Gambar 4.134	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	131
Gambar 4.135	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	131
Gambar 4.136	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	132
Gambar 4.137	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	132
Gambar 4.138	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter...	133
Gambar 4.139	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	133
Gambar 4.140	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 3 Tahun	

	Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	134
Gambar 4.141	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	134
Gambar 4.142	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	135
Gambar 4.143	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	135
Gambar 4.144	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	136
Gambar 4.145	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	136
Gambar 4.146	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	137
Gambar 4.147	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	137
Gambar 4.148	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter...	138
Gambar 4.149	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	138
Gambar 4.150	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	139
Gambar 4.151	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	139
Gambar 4.152	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	140
Gambar 4.153	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	140
Gambar 4.154	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	141
Gambar 4.155	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	141
Gambar 4.156	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar	

	Tiang 1,5 Meter	142
Gambar 4.157	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	142
Gambar 4.158	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter...	143
Gambar 4.159	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	143
Gambar 4.160	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	144
Gambar 4.161	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter	144
Gambar 4.162	<i>Displacement</i> Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	145
Gambar 4.163	<i>Displacement</i> Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	145
Gambar 4.164	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	146
Gambar 4.165	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	146
Gambar 4.166	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	147
Gambar 4.167	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	147
Gambar 4.168	<i>Safety Factor</i> Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	148
Gambar 4.169	<i>Safety Factor</i> Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	148
Gambar 4.170	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	149
Gambar 4.171	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	149
Gambar 4.172	<i>Displacement</i> Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	150
Gambar 4.173	<i>Displacement</i> Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar	

	Tiang 2 Meter	150
Gambar 4.174	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	151
Gambar 4.175	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	151
Gambar 4.176	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	152
Gambar 4.177	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	152
Gambar 4.178	<i>Safety Factor</i> Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	153
Gambar 4.179	<i>Safety Factor</i> Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	153
Gambar 4.180	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	154
Gambar 4.181	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	154
Gambar 4.182	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter....	155
Gambar 4.183	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	155
Gambar 4.184	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	156
Gambar 4.185	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	156
Gambar 4.186	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	157
Gambar 4.187	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	157
Gambar 4.188	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	158
Gambar 4.189	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	158
Gambar 4.190	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan	

	Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	159
Gambar 4.191	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	159
Gambar 4.192	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	160
Gambar 4.193	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	160
Gambar 4.194	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	161
Gambar 4.195	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	161
Gambar 4.196	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	162
Gambar 4.197	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	162
Gambar 4.198	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	163
Gambar 4.199	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	163
Gambar 4.200	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	164
Gambar 4.201	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	164
Gambar 4.202	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	165
Gambar 4.203	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	165
Gambar 4.204	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	166
Gambar 4.205	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	166
Gambar 4.206	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	167
Gambar 4.207	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 10 Tahun	

	Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	167
Gambar 4.208	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	168
Gambar 4.209	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	168
Gambar 4.210	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	169
Gambar 4.211	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	169
Gambar 4.212	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	170
Gambar 4.213	<i>Displacement</i> Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	170
Gambar 4.214	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	171
Gambar 4.215	Tekanan Air Pori Berlebih (<i>Excess Pore Water Preassure</i>) Saat Konsolidasi 10 Tahun Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	171
Gambar 4.216	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	172
Gambar 4.217	Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	172
Gambar 4.218	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter.....	173
Gambar 4.219	<i>Safety Factor</i> Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	173
Gambar 4.220	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	174
Gambar 4.221	Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	174
Gambar 4.222	Penurunan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP) Untuk Permodelan <i>Friction Pile</i> Setelah 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction</i> Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	175
Gambar 4.223	Penurunan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP) Untuk Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Setelah 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction</i> Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter	175

Gambar 4.224	Penurunan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP) Untuk Permodelan <i>Friction Pile</i> Setelah 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction</i> Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	176
Gambar 4.225	Penurunan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP) Untuk Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Setelah 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction</i> Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter.....	176
Gambar 4.226	Penurunan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP) Untuk Permodelan <i>Friction Pile</i> Setelah 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction</i> Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	177
Gambar 4.227	Penurunan <i>Load Transfer Platform</i> (LTP) Untuk Permodelan <i>End Bearing Pile</i> Setelah 50 Tahun Pada Permodelan <i>Friction</i> Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter	177



DAFTAR NOTASI

Q_u	= Daya dukung ultimate (kPa)
ϕ	= Sudut Geser Dalam (°)
e	= Angka Pori
FK	= Faktor Keamanan
q_c	= Tekanan Konus (kg/cm ²)
f_s	= Hambatan Pelekat (kg/cm)
C_u	= Undrained Shear Strength
C_c	= Kompresibilitas
E_s	= Elastisitas Tanah (kN/m ²)
w	= Kadar Air (%)
γ	= Berat Jenis Tanah (kN/m ³)
ϕ'	= Sudut geser dalam efektif (°)
c	= Kohesi (kN/m ²)
c'	= Kohesi Efektif (kN/m ²)
S_i	= Penurunan Segera (m)
ν	= Poisson's ratio
B	= Lebar atau diameter timbunan (m)
I_p	= non – dimensional influence factor
$\Delta\sigma$	= Penambahan Tegangan Total (kN/m ²)
$\Delta\sigma'$	= Penambahan Tegangan Efektif (kN/m ²)
$\Delta\mu$	= Penambahan Tegangan Air Pori (kN/m ²)
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 ²)
τ	= Tegangan Total pada Bidang Geser (kN/m ²)
μ	= Tegangan Air Pori (kN/m ²)
τ_f	= Kekuatan Geser Rata-rata dari Tanah (kN/m ²)

τ_d = Tegangan Geser Rata-rata yang Bekerja pada Bidang Longsor (kN/m²)
 w_{opt} = Kadar Air Optimum (%)
 γ_{sat} = Berat Tanah Jenuh Air (kN/m³)
 γ_{unsat} = Berat Tanah Kering (kN/m³)
 u_{soil} = Perpindahan Vertikal
 s_{oil} = Penurunan Tanah (m)
 k_x = Permeabilitas arah x (m/hari)
 k_y = Permeabilitas arah y (m/hari)
 ψ = Sudut Dilatansi (°)
 A = Luas Penampang (m²)
 γ = Berat jenis tanah (kN/m³)
 σ = Tegangan normal (kN/m²)
 τ = Kekuatan geser tanah (kN/m²)
 c = Kohesi tanah (kN/m²)
 ϕ = Sudut geser dalam tanah (°)



STUDI PERBAIKAN TANAH LUNAK MENGGUNAKAN LOAD TRANSFER PLATFORM DENGAN VARIASI JARAK ANTAR TIANG

Abstrak

Oleh :

Hikmah Royani ¹⁾, Lia Nabila ¹⁾, Abdul Rochim ²⁾, Lisa Fitriyana ²⁾

Pembangunan jalan pada tanah timbunan dasar lunak menimbulkan berbagai permasalahan seperti penurunan dan keruntuhan badan jalan karena daya dukung yang rendah dan nilai kompresibilitas yang tinggi. Usaha yang dilakukan untuk perbaikan tanah lunak yaitu dengan memberikan Load Transfer Platform (LTP) yang berfungsi sebagai transfer beban timbunan melalui lapisan tanah lunak sampai ke lapisan tanah keras terletak sangat dalam

Metode ini menggunakan program numerik Plaxis v8.6 dengan kondisi tiang friction pile sedalam 16 meter dan end bearing pile sedalam 31 meter. Variasi jarak yang digunakan pada daerah lereng konstan dengan jarak 2 meter dan perbandingan jarak yang digunakan yaitu 1 meter pada bagian tengah timbunan, 1,5 meter pada bagian tengah timbunan dan 2 meter pada seluruh bagian bawah timbunan. Dimana LTP yang digunakan setebal 1,5 meter dengan nilai geotextile sebesar 50 kPa.

Dari hasil analisa yang digunakan dapat diketahui penurunan yang terjadi setelah digunakannya LTP pada tanah lunak yaitu semakin besar jarak antar tiang maka penurunan yang terjadi semakin kecil, dan semakin kecil jarak antar tiang maka penurunan yang terjadi semakin besar. Penurunan yang besar pada jarak 1 meter ini dikarenakan jaraknya dekat tanah sehingga memengaruhi tanah disekitar tiang

Kata kunci : Penurunan, LTP, Perbaikan Tanah, Plaxis.

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

²⁾ Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

STUDY OF SOFT SOIL IMPROVEMENT USING LOAD TRANSFER PLATFORM WITH VARIATION IN THE DISTANCES BETWEEN PILE

Abstract

By :

Hikmah Royani ², Lia Nabila ¹, Abdul Rochim ², Lisa Fitriyana ²

Road construction on soft subgrade soil causes various problems such as subsidence and collapse of the road body due to low carrying capacity and high compressibility value. Efforts are being made to improve the soft soil by providing a Load Transfer Platform (LTP) which functions as a transfer of embankment load through the soft soil layer to the very deep hard soil layer.

This method uses the numerical program Plaxis v8.6 with friction pile piles as deep as 16 meters and end bearing piles as deep as 31 meters. The distance variation used in the slope area is constant with a distance of 2 meters and the distance ratio used is 1 meter in the center of the embankment, 1.5 meters in the center of the embankment and 2 meters at the bottom of the embankment. Where the LTP used is 1.5 meters thick with a geotextile value of 50 kPa.

From the results of the analysis used, it can be seen that the decrease that occurs after the use of LTP on soft soil is that the greater the distance between the piles, the smaller the settlement, and the smaller the distance between the piles, the greater the settlement. This large drop at a distance of 1 meter is due to its proximity to the ground so that it affects the soil around the pile

Keywords : Subsidence, LTP, Soil Improvement, Plaxis.

¹⁾ Students of the Faculty of Engineering, UNISSULA Civil Engineering Study Program.

²⁾ Lecturer of the Faculty of Engineering, UNISSULA Civil Engineering Study Program

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan ekonomi yang terus berkembang pesat di kota-kota besar di Indonesia mengakibatkan pembangunan infrastruktur penunjang kegiatan perekonomian juga semakin ditingkatkan. Infrastruktur merupakan roda penggerak pertumbuhan ekonomi dan juga dibutuhkan untuk pemerataan ekonomi, pembangunan tidak lagi berfokus di Pulau Jawa saja melainkan di seluruh daerah di Indonesia yang diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Dalam lima tahun terakhir pembangunan infrastruktur terus meningkat tetapi Indonesia harus terus mengejar ketertinggalan dengan negara di Asia Tenggara, sehingga banyak pengembang melakukan berbagai inovasi teknologi dalam melaksanakan pembangunan infrastruktur yang berkualitas.

Jalan merupakan infrastruktur yang sangat penting peranannya dalam pertumbuhan ekonomi, Ketersediaan infrastruktur jalan dapat memperpendek jarak tempuh dan waktu tempuh serta memperlancar pergerakan orang dan barang, Jalan mencakup seluruh bagian jalan, termasuk darat, darat dan bawah tanah, bangunan penunjang dan peralatan transportasi. Prasarana transportasi. Atau di permukaan air, tidak hanya di permukaan air, kecuali rel kereta api, truk dan jalan kabel.

Dalam pembangunan jalan pada tanah timbunan dengan tanah dasar lunak akan timbul beberapa permasalahan yaitu penurunan dan keruntuhan badan jalan akibat menurunnya stabilitas timbunan karena daya dukung yang rendah dan nilai kompresibilitas yang tinggi. Masalah lain yang dapat terjadi pada pembangunan jalan diatas tanah lunak yaitu keruntuhan yang menimbulkan gerakan lateral sehingga berdampak pada pengangkatan tanah disekitarnya.

Salah satu penyebab tingginya kompresibilitas Tanah lunak merupakan jenis tanah dengan porositas yang tinggi. Selain itu, tanah lunak memiliki kandungan air yang tinggi, sehingga daya dukungnya rendah, dan

muka air tanah turun tajam selama dan setelah konstruksi. Kekuatan dan keawetan struktur permukaan jalan terutama ditentukan oleh jenis daya dukung tanah dasar (Sukirman, 1999).

Tugas Akhir ini hanya digunakan untuk penelitian. Penelitian ini menggunakan *Load Transfer Platform* digunakan untuk memperbaiki tanah dasar *load transfer platform* adalah lapisan yang terdiri dari material granular yang dipadatkan dengan diperkuat oleh keberadaan lapisan horizontal berkekuatan tinggi (*geotekstil/geogrid*) yang ditempatkan diantara bagian atas tiang pancang dan bagian bawah timbunan, diaplikasikan untuk meratakan penurunan dan meminimalkan deformasi keseluruhan, kombinasi LTP dengan geosintetik yang diletakkan secara horizontal akan memberikan dukungan tambahan. Geosintetik memiliki beberapa fungsi yaitu meningkatkan tekanan pada tiang pancang, mengurangi sebaran lateral pada tepi timbunan dan memisahkan timbunan dari tanah dasar. Dalam beberapa penelitian penggunaan LTP yang diperkuat geosintetik yang didukung oleh tiang, penurunan antara kepala tiang dan lapisan tanah kurang dari 50 mm. Dalam penggunaan LTP ada beberapa metode yang dapat digunakan yaitu LTP *cetenary* merupakan penggunaan LTP dengan satu lapisan atau paling banyak dua lapisan geosintetik dan balok LTP yaitu terdapat tiga atau lebih lapisan geosintetik/geogrid, untuk penelitian ini menggunakan metode LTP *cetenary* dengan dua lapisan geosintetik/geogrid.

Tiang pancang digunakan untuk mentransfer beban timbunan melalui lapisan tanah lunak sampai ke tanah yang lebih kompeten untuk menahan beban, tiang pancang biasanya dipakai untuk mendukung konstruksi bila lapisan tanah keras terletak sangat dalam. Indikator yang diteliti yaitu pengaruh ketebalan LTP, kedalaman tiang pancang dan jarak antar tiang terhadap penurunan tanah menggunakan program *Plaxis v8.6*.

1.2 Rumusan Masalah

Menurunnya stabilitas timbunan yang berada di tanah dasar berupa tanah lunak akan menimbulkan deformasi lateral dan vertikal disekitar timbunan sehingga akan mengakibatkan kerusakan pada konstruksi

perkerasan jalan. Maka perlu adanya perkuatan tanah dasar, metode yang dapat digunakan yaitu penambahan *load transfer platform* yang diperkuat geosintetik diatas tiang pancang dengan menganalisis variasi kedalaman tiang pancang dan jarak antar tiang pancang dengan program Plaxis 8.6, dari penjelasan diatas dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

- a. Berapa besar perbandingan penurunan tanah setelah diterapkannya *load transfer platform* diatas tiang pancang pada tanah lunak sebagai dasar tanah timbunan dengan menggunakan program Plaxis 8.6?
- b. Apa pengaruh variasi kedalaman tiang pancang dan jarak antar tiang pancang terhadap penurunan tanah dengan menggunakan program Plaxis 8.6?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Menganalisis pengaruh tebal LTP yang diperkuat dengan geosintetik terhadap penurunan tanah dengan kondisi *friction pile* dengan jarak tiang yang divariasi.
- b. Menganalisis pengaruh variasi jarak antar tiang dengan penambahan LTP yang diperkuat geosintetik terhadap penurunan tanah kondisi *end bearing pile* dengan jarak antar tiang divariasi.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini lingkup pembahasan dibatasi agar sesuai dengan ruang yang telah ditentukan sebelumnya yaitu :

1. Penurunan tanah setelah tiang pancang dan *load transfer platform* diterapkan menggunakan program aplikasi Plaxis 8.6 dengan variasi kedalaman tiang pancang serta jarak antar tiang pancang dengan diameter tiang pancang telah ditentukan sebelumnya.
2. Data tanah dan parameter lain yang dibutuhkan sudah ditentukan sebelumnya dengan menggunakan penelitian yang sudah ada sebelumnya
3. Pembebanan jalan dengan mengambil pembebanan menggunakan SNI 8460:2017 “Persyaratan Perancangan Geoteknik” dengan menggunakan kelas jalan I.

4. Ketebalan LTP sudah telah ditentukan.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian untuk mempermudah penyusunan skripsi sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab pendahuluan memaparkan latar belakang penulisan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka, penulis memaparkan sifat-sifat umum tanah, deskripsi tanah dasar dan tanah lunak, penyelidikan tanah asli, subsidensi, pemadatan tanah, dan metode perbaikan tanah menggunakan tiang dengan pembahasan platform transfer beban (*Load Transfer Platform*)

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penulisan menjelaskan tentang metode penelitian yang akan digunakan, pengumpulan data dan analisis data.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Isi dari bab analisi dan pembahasan yaitu analisis dan perhitungan yang dipakai dalam perencanaan dan metode apa saja yang diterapkan oleh penulis.

BAB V : PENUTUP

Bab penutup berisi tentang kesimpulan dari hasil analisis dan saran yang disampaikan mengenai penelitian tersebut.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tanah merupakan lapisan bumi yang paling atas. Karakteristik atau sifat tanah yang berbeda untuk setiap lokasi tergantung dari komponen-komponen yang ada di dalam tanah, sehingga sangat penting dalam menunjang pembangunan infrastruktur fisik yang menerima beban tersebut. Tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari bahan induk yang telah mengalami proses lanjutan, akibat perubahan alam di bawah pengaruh air, udara, dan berbagai jenis organisme, baik yang hidup maupun yang mati. Dari sudut pandang teknik, tanah umumnya merupakan bahan yang terdiri dari gumpalan (partikel) mineral padat, yang partikelnya tidak terikat (terikat secara kimia) di mana cairan dan gas mengisi ruang kosong di antara partikel tersebut (Das.B.M, 1995).

Tekanan tanah mengakibatkan tegangan geser horizontal pada timbunan dasar yang harus ditahan oleh pondasi. Oleh karena itu, jika tanah pondasi tidak memiliki kuat geser yang cukup, maka menyebabkan subsidensi. Dilihat dari data tanah yang kondisi tanahnya merupakan tanah lunak, maka pondasi yang dibuat harus mampu menahan gaya geser yang cukup kuat. sehingga diperlukan perbaikan tanah agar tidak berdampak dan menyebabkan kerusakan pada konstruksi dari tahanan geser yang menyebabkan penurunan tanah (*settlement*).

Penetrometer Test (CPT)/Sondir yang merupakan suatu penyelidikan tanah yang paling lengkap dengan struktur tanah serta kerapatan tanah di lapangan, dengan pekerjaan N-SPT pada kedalaman setiap interval 2 meter. Diambil dua sampel yaitu sampel kadar air tidak terganggu dan sampel tanah terganggu yang harus stabil. suatu himpunan mineral, bahan organik dan endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batuan dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 1992).

Penyelidikan tanah dibutuhkan sebagai data untuk perancangan pondasi bangunan-bangunan, seperti: jalan, jembatan, dermaga, dinding penahan tanah dan bangunan gedung. Penyelidikan tanah digunakan untuk menentukan pondasi struktur yang sesuai dengan kondisi tanah sehingga kestabilan dan keamanan dapat tercapai. penyelidikan dilakukan untuk dapat mengetahui seberapa kuat daya dukung tanah. Penyelidikan tanah dapat menggunakan mesin bor dan *Cone* kadar air untuk pengujian laboratorium, sedangkan penyelidikan tanah dengan *Cone Penetrometer Test* (CPT) juga sama pentingnya, karena suatu keamanan dan kestabilan konstruksi tergantung pada kestabilan pondasi konstruksi. Berdasarkan penjelasan tersebut semua bangunan sipil berdiri di atas tanah sehingga sebelum perencanaan perlu investigasi tanah yang lengkap. Dari sampel tanah yang diambil di lapangan maka akan dilakukan uji lanjutan di laboratorium untuk mengetahui karakteristik tanah lebih spesifik.

2.2 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah mengacu pada pengelompokan jenis tanah yang berbeda ke dalam kelompok berdasarkan karakteristiknya. Tujuan klasifikasi tanah untuk menentukan kesesuaian untuk aplikasi tertentu dan untuk memberikan informasi tentang kondisi tanah dari satu daerah ke daerah lain dalam bentuk data dasar seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat, komposisi, dll untuk menentukan karakteristik tanah yang lebih spesifik.

Sistem klasifikasi ini secara singkat menggambarkan sifat-sifat umum tanah, tetapi dalam praktiknya tidak ada deskripsi yang jelas tentang kemungkinan penggunaannya (Das.B.M, 1995).

System klasifikasi tanah termasuk system klasifikasi menurut AASHTO (*American Association of State Highway dan Transportation Official*) dan sistem klasifikasi tanah *unified* (USCS)

2.2.1 Sistem Klasifikasi AASTHO

AASHTO digunakan untuk menentukan kualitas tanah konstruksi jalan, yaitu tanah dasar. Sistem AASHTO membagi lahan menjadi tujuh

kelompok, A1 hingga A7. A1, A2, dan A3 adalah tanah granular dimana kurang dari 35% jumlah butir lolos saringan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35% butir lolos saringan ke-200 dibagi menjadi kelompok A4, A5, A6 dan A7. Partikel dari golongan A4 sampai A7 sebagian besar adalah lanau dan lempung. Klasifikasi tanah dengan sistem klasifikasi AASHTO



Tabel 2.1 Klasifikasi Tanah AASHTO

Klasifikasi Umum	Tanah Berbutir (35 Atau Kurang Dari Seluruh Contoh Tanah Lolos AyakanNo. 200)							Tanah Lanau-Lempung (Lebih Dari 35 % Dari Seluruh Contoh Tanah Lolos Ayakan No. 200)			
KlasifikasiKelompok	A-1		A3	A2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Analisis ayakan (% lolos) No. 10 No. 40 No. 200	≤ 50 ≤ 30 ≤ 15	--- ≤ 50 ≤ 25	--- ≤ 51 ≤ 10	--- --- ≤ 35	--- --- ≤ 35	--- --- ≤ 35	--- --- ≤ 35	--- --- ≥ 36	--- --- ≥ 36	--- --- ≥ 36	--- --- ≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40 batas cair (LL) Indeks elastisitas (PI)	--- ≤ 6		--- NP	≤ 41 ≤ 10	≥ 41 ≤ 10	≤ 40 ≥ 11	≥ 40 ≥ 11	≤ 40 ≤ 10	≤ 41 ≤ 10	≤ 40 ≥ 11	≥ 41 ≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan dasar tanah	Baik sekali sampai baik							sedang sampai jelek			

Keterangan :

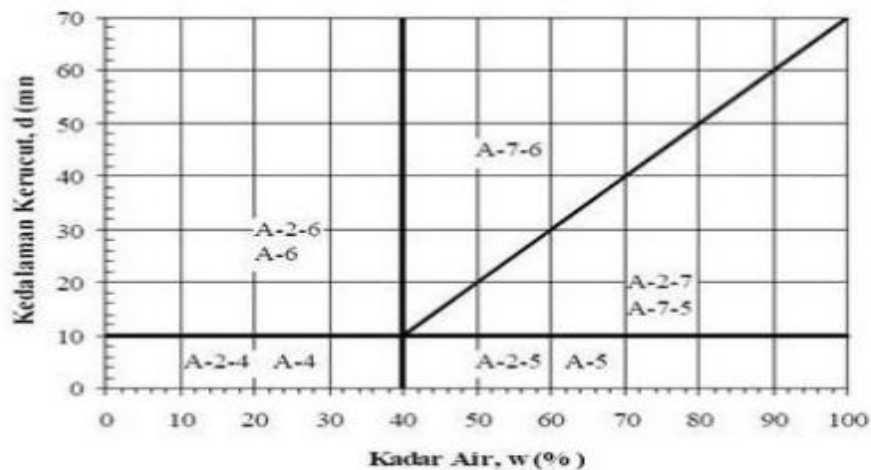
*

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

**

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

(Sumber : (Das,1995)
dalam (Yulianto dan
Farhan, 2018))



Gambar 2.1 Grafik Plastisitas Untuk Klasifikasi Tanah Sistem AASHTO

2.2.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* (USCS)

Klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*) merupakan sebuah metode klasifikasi tanah yang banyak digunakan dalam rekayasa geoteknik. Klasifikasi ini pada awalnya diperkenalkan oleh Casagrande pada tahun 1942, untuk digunakan pada pekerjaan konstruksi bandara (Das.B.M, 1995). Klasifikasi tanah menurut USCS dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu:

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained-soil*), kurang dari 50% lolos saringan No. 200 ($F_{200} < 50$), yaitu tanah berpasir bercampur kerikil. Simbol golongan ini dimulai dengan inisial G untuk tanah berkerikil atau berkerikil dan S untuk tanah berpasir atau berpasir..
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*), lebih dari 50 % lolos saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50$), yaitu tanah berlanau dan berlempung. Simbol golongan ini dimulai dengan M pertama untuk lanau anorganik, C untuk lempung anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Pt digunakan untuk gambut (gambut) dan tanah dengan kandungan bahan organik tinggi.

Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah W – untuk gradasi baik (*Wells graded*), P – gradasi buruk (*poorly graded*), L – plastisitas tinggi (*low plasticity*) dan H – plastistas tinggi (*high plasticity*).

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Table 4.2 Unified Soil Classification System

Major division			Group symbol	Typical name	Classification criteria	
Coarse-grained soils (More than 50% retained on No. 200 ASTM sieve)	Gravels 50% or more of coarse fraction retained on No. 4 ASTM sieve	Clean gravels	GW	Well-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines.	$U = D_{60}/D_{10}$ greater than 4 $C_c = \frac{D_{60}^2 - D_{30}^2}{D_{60} \times D_{20}}$ between 1 and 3.	
			GP	Poorly-graded gravels and gravel-sand mixtures, little or no fines.	Not meeting both criteria for GW.	
		Gravels with fines	GM	Silty gravels, gravel-sand-silt mixtures.	Atterberg limits plot below A-line or plasticity index less than 4.	
			GC	Clayey gravels, gravel-sand-clay mixtures.	Atterberg limits plot above A-line or plasticity index less than 4.	
	Sands More than 50% of coarse fraction passes No. 4 ASTM sieve	Clean sands	SW	Well-graded sands and gravelly sands, little or no fines.	U greater than 6 C_c between 1 and 3.	
			SP	Poorly-graded sands and gravelly sands, little or no fines.	Not meeting both criteria for SW.	
		Sands with fines	SM	Silty sands, and-silt mixtures.	Atterberg limits plot below A-line or plasticity index less than 4.	
			SC	Clayey sands, sand-clay mixtures.	Atterberg limits plot above A-line or plasticity index greater than 7.	
		Classification on the basis of percentage of fines. Less than 5% passing No. 200 ASTM sieve—GW, GP, SW, SP. More than 12% passing No. 200 ASTM sieve—GM, GC, SM, SC. 5% to 12% passing No. 200 ASTM sieve—Border-line classification requiring use of dual symbols.				
Fine-grained soils (50% or more passes No. 200 ASTM Sieve)	Silt and Clays (Liquid limit 50% or less)	ML	Inorganic silts, very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands.			
		CL	Inorganic clays or low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays.			
		OL	Organic silts and organic silty clays of low plasticity.			
	Silt and clays (Liquid limit greater than 50%)	MH	Inorganic silts, micaceous or diatomaceous fine sands or silts, elastic silts.			
		CH	Inorganic clays of high plasticity, fat clays.			
		OH	Organic clays of medium to high plasticity.			
		Highly organic clays		P _t	Peat, muck and other highly organic soils.	Fibrous organic matter, will char, burn, or glow. Readily identified by colour, odour, spongy feel, and fibrous texture.

Note: Boundary classification: Soils possessing characteristics of two groups are designated by combinations of group symbols — for example, GW-GC, well-graded, gravel-sand mixture with clay binder

(Sumber : (Hardiyatmo, 2002) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Adapun menurut Bowles (1991), kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi USCS diperlihatkan pada Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS)

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Sufiks
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M	-	-
Lempung	C	LL < 50 %	L
Organik	O	LL > 50 %	H
Gambut	Pt	-	-

(Sumber : (Bowles, 1991) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Dimana:

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, $LL > 50$)

2.3 Parameter Tanah

2.3.1 Klasifikasi Tanah dari Data Sondir

Cone Penetration Test (CPT) atau sondir merupakan salah satu alat survey yang digunakan di lapangan untuk memperkirakan posisi lapisan tanah keras. Pada pengujian ini diperoleh hambatan penetrasi. Nilai tahanan penetrasi konus dan tahanan lekat dapat diketahui dari bacaan pada manometer

Berdasarkan hasil sondir di lapangan, yang meliputi pembacaan tekanan pada setiap rentang kedalaman 20cm hingga kedalaman akhir kerucut, pembacaan pertama adalah tahanan kerucut (Q_c) dan pembacaan kedua adalah kekuatan geser ($Q_c + F_s$) yang digunakan untuk menentukan jenis tanah yang ditunjukkan. pada Tabel 2. di bawah ini:

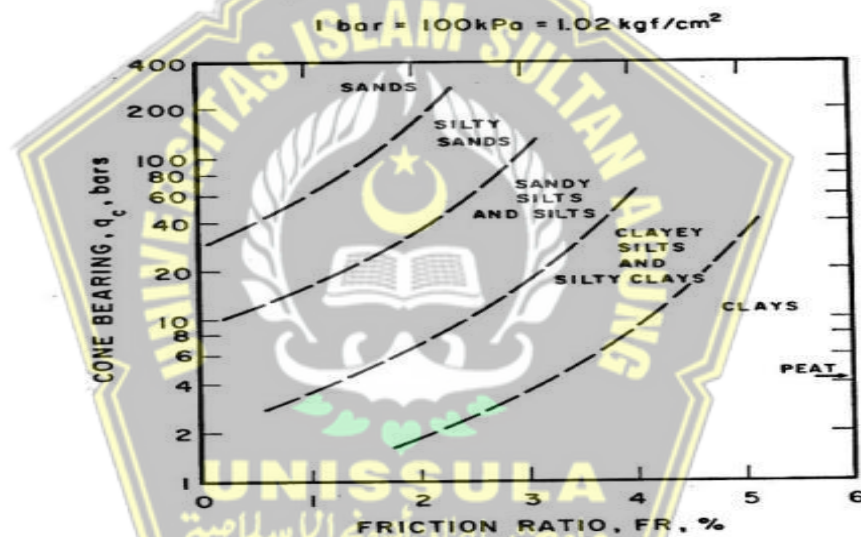
Tabel 2.4 Klasifikasi Tanah Dari Data Sondir

Hasil Sondir		Klasifikasi
Q_c	F_s	
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

	1,0-3,0	Lempung
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. B. M, 1991) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Grafik hubungan antara tekanan conus (Q_c) dan perlawanan geser (Fr) seperti pada Gambar 2.2 dibawah ini:



Gambar 2.2: Grafik hubungan Tekanan Conus Dengan Perlawanan Geser (Robertson and Campanella, 1983) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

2.3.2 Klasifikasi Tanah Berdasarkan *Standart Penetration Test* (N-SPT)

Uji Penetrasi Standar atau SPT merupakan metode berbasis lapangan untuk menentukan dan mengambil daya dukung beban tanah secara langsung di lokasi proyek, pengujian ini juga dimaksudkan untuk mengetahui tahanan dinamik tanah dan pengambilan contoh tanah dengan contoh tanah menggunakan teknik penumbukan. Standar cara melakukan pengujian penetrasi lapangan dengan SPT' di Indonesia adalah SNI

1532008, revisi dari SNI 03 1531996, mengacu pada ASTM D 15868 "Standar Pengujian Penetrasi dan Pengambilan Sampel Tanah Terpisah".

Ketahanan tanah telah diuji dengan uji penetrasi. Resistensi penetrasi (NSPT) adalah jumlah pukulan (30 cm terakhir) yang diperlukan untuk membawa sampler tabung terpisah menjadi dua dengan palu jatuh dari ketinggian 75 cm dan berat 63,5 kg.

Hubungan antara kerapatan tanah, berat tanah kering, jenis tanah jenuh, nilai NSPT, qc dan ϕ sebandingkan, bisa dilihat pada Tabel 2.5, Tabel 2.6 dan Tabel 2.7 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Hubungan Antara Kerapatan Tanah, Berat Tanah Kering, Jenis Tanah Jenuh, Nilai NSPT, Qc Dan ϕ

Kepadatan	Berat Jenis Tanah Kering (γ_d)	Nilai NSPT	Tekanan Conus qc (kg/cm^2)	Sudut Geser ($^\circ$)
<i>Very loose</i> (sangat lepas)	< 0,2	< 4	< 20	< 30
<i>Loose</i> (lepas)	0,2 – 0,4	4 – 10	20 – 40	30 – 35
<i>Medium Dense</i> (agak padat)	0,4 – 0,6	10 – 30	40 – 120	35 – 40
<i>Dense</i> (padat)	0,6 – 0,8	30 – 50	120 – 200	40 – 45
<i>Very Dense</i> (sangat padat)	0,8 – 1,0	> 50	> 200	> 45

(Sumber : (Mayerhof, 1991) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Tabel 2.6 Hubungan Antara Nilai N-SPT Dengan Berat Jenis Tanah Jenuh (γ_{sat})

N-SPT (blows/ft)	Konsentrasi	qu (Unconfined Compressive Strength) ton/ft^2	γ_{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 : (Tarzaghi and Peck, 1991) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Tabel 2.7 Hubungan Antara Nilai Tipikal Berat Volume Kering

Jenis Tanah	$\gamma_{\text{sat}} \text{ (kN / m}^3 \text{)}$	$\gamma_{\text{dry}} \text{ (kN / m}^3 \text{)}$
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) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Lapisan tanah dapat ditentukan dengan menggunakan data termasuk NSPT rata-rata, kecepatan gelombang geser rata-rata (V_s) dan kekuatan geser rata-rata tanah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Klasifikasi Kelas Situs Tanah

Kelas situs	$\bar{v}_s \text{ (m/detik)}$	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{c_h}$	$\bar{s}_u \text{ (kPa)}$
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	<175	< 15	<50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser nirair, $\bar{s}_u < 25 \text{ kPa}$		

SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi rendah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3m$) dengan Indeks plastisitas, $PI > 75$ Lapisan berplastisitas sangat tinggi ketebalan $H > 35m$ dengan $\bar{s}_u < 50 kPa$
---	--

(Sumber : (SNI-1726-2019) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

2.3.3 Permeabilitas (*Permeability*)

Permeabilitas adalah sifat-sifat lapisan tanah dapat mempengaruhi kerentanan tanah terhadap erosi, laju infiltrasi air ke dalam tanah secara horizontal dan vertikal melalui pori-pori tanah, atau laju infiltrasi dan pelepasan air tanah pada saat jenuh. Laju infiltrasi air dipengaruhi oleh tekstur tanah.

Tanah dengan permeabilitas tinggi relatif kurang rentan terhadap erosi daripada tanah permeabilitas rendah. Beberapa model prediksi erosi, seperti USLE, WEPP, GUEST dan beberapa model erosi lainnya, menggunakan permeabilitas tanah sebagai parameter untuk memperkirakan derajat erosi.

Koefisien tanah dipilih berdasarkan penelitian yang dilakukan Wesley pada tahun 1977 mengenai koefisien permeabilitas pada berbagai jenis tanah. Dapat dilihat pada Tabel 2.9 dibawah ini:

Tabel : 2.9 Nilai Permeabilitas (k) Dalam Satuan (m/s)

Ukuran Partikel	Koefisien Permeabilitas, k (m/s)
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) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

2.3.4 Modulus Young dan Poission Ratio (ν)

Nilai modulus young membandingkan tegangan dan regangan untuk menunjukkan elastisitas tanah. Nilai rasio Poisson ditentukan sebagai rasio kompresi poros terhadap regangan ekspansi lateral. Nilai modulus elastisitas (E_s) dan rasio poisson dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah, dapat dilihat pada Tabel 2.10

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

Type of soil	Young's modulus, E_s		Poisson's ratio, ν
	MN/m ²	lb/in ²	
Loose sand	10,35 – 24,15	1500 – 3500	0,20 – 0,40
Medium dense sand	17,25 – 27,60	2500 – 4000	0,25 – 0,40
Dense sand	34,50 – 55,20	5000 – 8000	0,30 – 0,45
Silty sand	10,35 – 17,25	1500 – 2500	0,2 – 0,40
Sand and Gravel	69,00 – 172,50	10000 – 25000	0,15 – 0,35
Soft clay	2,07 – 5,18	300 – 750	0,20 – 0,50
Medium clay	5,18 – 10,35	750 – 1500	
Stiff clay	10,35 – 24,15	1500 – 3500	

(Sumber : (Mayerhof) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

2.3.5 Sudut Geser Tanah Dalam

Sudut geser internal adalah sudut yang dibentuk oleh hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser pada material tanah atau batuan. Sudut geser internal adalah sudut patah yang terjadi ketika suatu material dikenai tegangan atau gaya yang melebihi tegangan gesernya (Karlinasari et al, 2020). Semakin tinggi sudut geser suatu material, semakin tahan terhadap tekanan eksternal pada material. Kuat geser dalam memiliki sudut geser dalam dan variabel aglutinasi (Karlinasari et al, 2020). Tahanan tanah akibat tegangan yang diberikan biasanya berupa tekanan tanah lateral, yang dapat ditentukan oleh sudut geser internal serta gaya kohesif. Nilai ini juga ditentukan dengan mengukur sifat pekerjaan tanah berupa uji geser langsung

dan uji triaksial. Hubungan sudut geser dalam, dengan tingkat plastisitas dan jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 2.11 dan Tabel 2.12 berikut:

Tabel 2.11 Hubungan Antara sudut Geser Dalam Dengan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tingkat Plastisitas	Sudut Geser Dalam Φ
Lanau	Rendah	35-37
Lanau berlumpur	Sedang	31-35
Lempung	Tinggi	<31

(Sumber : (Das. B. M, 1998) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Tabel 2. 12 Hubungan Antara sudut Geser Dalam, Dengan Tingkat Plastisitas Dan Sudut Geser Dalam

Jenis Tanah	Sudut Geser Dalam (Φ)
Kerikil kepasiran	35-40
Kerikil kerakal	35-40
Pasir padat	35-40
Pasir lepas	30
Lempung kelanauan	25-30
Lempung kelanauan	20-25

(Sumber : Bjerrum, 1960) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

2.3.6 Kohesi

Kohesi merupakan gaya tarik menarik antar partikel dalam batuan dan dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas. Semakin tinggi kuat geser maka semakin tinggi nilai gaya kohesif batuan, sehingga gaya kohesif berbanding lurus dengan densitas benda. Oleh karena itu, semakin tinggi densitas maka semakin tinggi pula nilai gaya kohesif yang diperoleh. Nilai gaya kohesi (c) diperoleh dari hasil pengujian laboratorium kuat geser langsung (direct shear strength test) dan uji triaksial (triaxial test). Secara empiris, nilai kohesi dapat ditentukan dengan mengetahui nilai tegangan kerucut (Q_c) pada data sondir.

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

2.4 Tanah Lunak

2.4.1 Deskripsi Tanah Lunak

Tanah lunak adalah tanah lengket yang terutama terdiri dari partikel yang sangat kecil seperti lempung dan lanau. Lapisan bawah yang lunak memiliki sifat geser yang rendah, kompresibilitas yang tinggi, koefisien penetrasi yang rendah, dan daya dukung yang rendah.

Tanah lunak adalah tanah yang terbentuk secara alami dari endapan aluvial, lahan basah, dan proses sedimentasi danau, dan ditinjau dari mekanisme pembangkitannya, merupakan tanah yang sangat kompresibel dengan kuat geser rendah dan kuat geser non-drainase dengan tingkat kompresi lebih kecil 40 kPa.

Menurut Toha (1989), sifat-sifat umum tanah lunak adalah mempunyai kadar air 80-100%, batas cair 80-110%, dan plastisitas 30- 5% apabila lolos saringan no 200 sehingga lebih dari 90% dengan kuat geser 20-40 kN/m². Tanah lunak dibagi menjadi 2 bagian, tanah lempung lunak dan tanah gambut. Dalam pekerjaan geoteknik berdasarkan kandungan organik pada tanah gembur, dapat dilihat pada tabel 2.13 di bawah ini:

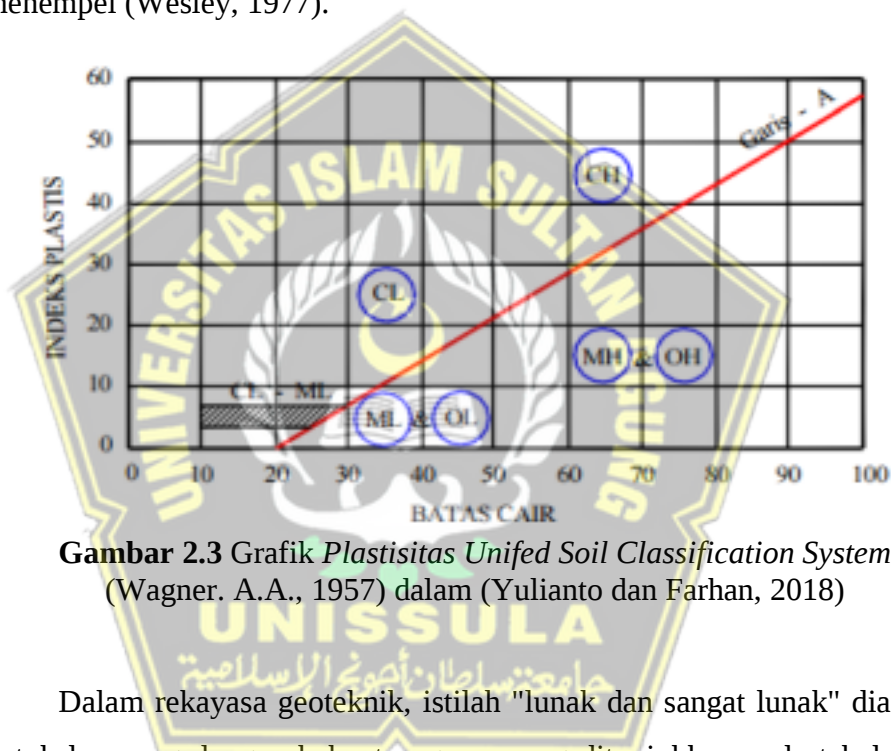
Tabel 2.13 Tipe Tanah Lunak Berdasarkan Kadar Organik

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

(Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

2.4.2 Karakteristik Tanah Lunak

Tanah lunak memiliki sifat yang berbeda tergantung pada parameter dan kepadatan tanah. Lempung lunak dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok MH atau OH menurut Uniform Soil Classification System yang dikembangkan di Amerika Serikat oleh Casagrande (1948). Tanah liat lunak terdiri dari partikel yang sangat kecil ($< 0,002 \text{ mm}$) dan menunjukkan sifat plastis dan kohesif. Sifat yang berubah tanpa mengubah isi atau kembali ke bentuk semula dan tanpa retak atau putus disebut sifat plastis, sedangkan sifat kohesif menunjukkan bahwa bagian-bagiannya saling menempel (Wesley, 1977).



Gambar 2.3 Grafik *Plastisitas Unified Soil Classification System* (Wagner, A.A., 1957) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

Dalam rekayasa geoteknik, istilah "lunak dan sangat lunak" diartikan untuk lempung dengan kekuatan geser yang ditunjukkan pada tabel. 2.14. serta indeks kekuatan lempung dapat ditentukan ketika di lapangan dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.14 Kuat Geser Lempung Lunak

Konsistensi	Kuat Geser kN/m^2
Lunak	12.5-25
Sangat Lunak	< 12.5

(Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Tabel 2.15 Indikator Kuat Geser Tak Terdrainase Tanah Lempung Lunak

Konsistensi	Indikasi Lapangan
Lunak	Bisa dibentuk dengan mudah dengan jari tangan
Sangat Lunak	Keluar di antara jari tangan jika diremas dalam kepalan tangan

(Sumber : (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah, 2002) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Sedangkan pada tanah gambut terbentuk dan terdiri dari sisa-sisa tumbuhan. Sisa-sisa tumbuhan merupakan bahan organik, kandungan material organik pada tanah gambut adalah >75. Tanah gambut biasanya berada pada lahan yang basah atau jenuh air seperti cekungan, pantai, rawa.

Sifat-sifat tanah gambut yang dapat diamati meliputi kadar air, densitas, daya dukung, subsiden, dan irreversible. Tanah gambut memiliki kadar air 100-1300 ri berat kering. Hal ini menjelaskan bahwa tanah gambut dapat menyerap air hingga 13 kali beratnya sendiri. Maka kubah gambut dapat mengalirkan air ke daerah sekitarnya hingga batas tertentu.

2.4.3 Masalah yang Timbul Pada Tanah Lunak

Masalah utama tanah lunak adalah masalah penurunan muka tanah dan masalah likuifaksi pada saat gempa bumi yang menyebabkan penurunan daya dukung tanah, dimana tanah lunak tidak dapat digunakan sebagai pondasi struktur.

Dalam geoengineering, terdapat tiga jenis pelapukan tanah, yaitu:

1. Penurunan seketika
2. Penurunan terkonsolidasi
3. Penurunan/penurunan sekunder

2.4.4 Penanganan terhadap Tanah Lunak

Perbaikan tanah lunak dilakukan untuk meningkatkan daya dukung beban dan kuat geser tanah, meningkatkan modulus tanah, menurunkan kuat tekan tanah, mengontrol stabilitas volumetrik tanah (susut dan muai),

mengurangi rentan terhadap likuifaksi, meningkatkan kualitas bahan konstruksi dan meminimalkan dampak terhadap lingkungan sekitar.

Penentuan metode perbaikan tanah bisa disesuaikan dengan kondisi tanah dan kriteria yang telah ditentukan. Kriteria ini meliputi jenis dan struktur tanah serta kondisi aliran tanah, jenis dan luas reklamasi yang diinginkan, biaya proyek, jangka waktu proyek, ketersediaan peralatan dan material, dan ketahanan material yang digunakan. Upaya untuk memperkuat dan meningkatkan seperti pengurangan kompresibilitas, peningkatan modulus, control stabilitas volume, peningkatan kualitas material, pengurangan kerentanan likuifaksi, meminimalkan pengaruh lingkungan, peningkatan daya dukung dan kekuatan geser.

2.5 Tanah Keras

2.5.1 Deskripsi Tanah Keras

Tanah keras atau yang biasa dikenal dengan tanah dasar merupakan lapisan tanah dengan ketebalan 50 sampai 60 cm yang lebih tebal dari lapisan tanah atas. Tanah keras berwarna lebih terang dan lebih padat dibandingkan tanah diatasnya.

Menurut Hardiyatmo (1992), nilai berat jenis (G_s) dari butiran tanah mempunyai peranan penting dalam berbagai keperluan perhitungan mekanika tanah. Nilai *specific gravity* (G_s) ditentukan secara tepat di laboratorium. Nilai berat jenis untuk semua jenis tanah terdapat dapat dilihat 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 : (Hardiyatmo 1992) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

Indeks plastisitas (PI) adalah kisaran kadar air dimana tanah bersifat plastis. Indeks plastisitas memiliki karakteristik plastis. Jika tanah memiliki nilai PI yang besar maka tanah tersebut banyak mengandung partikel lempung, dan bila tanah memiliki nilai PI rendah seperti alluvium maka kadar airnya akan sedikit berkurang sehingga menyebabkan tanah menjadi kering. Batasan indeks plastis, sifat dan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 2.18

Tabel 2.17 Nilai Indeks Plastisitas dan Jenis Tanah

PI	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 berlanau	Sedang	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Tinggi	Kohesif

(Sumber : (Jumikis, 1962) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018))

2.5.2 Karakteristik Tanah Keras

Tanah lunak mempunyai karakteristik yaitu

1. Teksturnya lebih keras dari lapisan atas
2. Warna lapisan tengah lebih cerah dari lapisan atas
3. Ada aliran air di lapisan tengah
4. Kurang subur tapi masih mengandung humus dari atas

Daya dukung tanah keras lebih dari 5 kg/cm², sehingga tanah keras dikategorikan sebagai tanah yang mampu menahan penurunan atau ambblas. Standar daya dukung tanah menurut Peraturan Beban Konstruksi Indonesia tahun 1983 adalah:

1. Tanah keras (lebih dari 5 kg/cm²)
2. Tanah sedang (2-5 kg/cm²)
3. Tanah lunak (0,5-2 g/cm²)
4. Tanah sangat lunak (0-0,5 kg/cm²)

2.6 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi merupakan komponen struktur bangunan yang menyalurkan beban konstruksi ke tanah atau lapisan keras dibawahnya (Hardiyatmo, 2002). Pondasi tiang adalah jenis pondasi yang digunakan untuk menerima dan mindahkan beban dari struktur atas ke tanah penunjang dikedalaman tertentu. Daya dukung pada pondasi tiang tergantung pada daya dukung ujung (*end bearing*) dan daya dukung gesek (*friction*), sebagaimana dijelaskan oleh Hadiyatmo, (2002) yaitu :

1. Daya dukung ujung tiang (*end bearing pile*) merupakan tiang yang kapasitas dukungannya ditentukan oleh tahanan ujung tiang. Tiang-tiang dipancang sampai mengenai lapisan keras yang daya dukungnya tinggi sehingga sudah tidak mengakibatkan penurunan lagi.
2. Tiang gesek (*friction pile*) adalah tiang dengan kapasitas dukungnya ditentukan oleh perlawanan gesek antara selimut tiang dengan tanah disekitarnya.

Pondasi tiang pancang ditinjau dari bahannya dibedakan menjadi tiga jenis yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang baja dan tiang pancang beton, tiang pancang beton dalam proses produksinya dapat dilakukan dengan cara pengecoran di tempat (*casting in place*) dan tiang pancang beton diproduksi di tempat lain atau prefabrikasi (tiang prefabrikasi). Bentuk tiang pancang beton meliputi beberapa bentuk seperti lingkaran atau silinder, segitiga dan persegi panjang atau kotak.

2.7 Daya Dukung Pondasi

2.7.1 Analisis Kapasitas Daya Dukung Tanah

Analisis kapasitas daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk memikul beban struktur di atasnya. Daya dukung tanah mengacu pada ketahanan geser tanah untuk menahan penurunan akibat beban, yaitu kapasitas geser yang dapat diberikan tanah sepanjang bidang gesernya (Karlinsari et al., 2020). Untuk memastikan stabilitas pada saat pondasi diletakan pondasi harus ditempatkan cukup dalam untuk mengatasi pengaruh tanah seperti erosi permukaan, pembengkakan dan penyusutan tanah dan gangguan tanah di sekitar pondasi. Analisis kapasitas beban

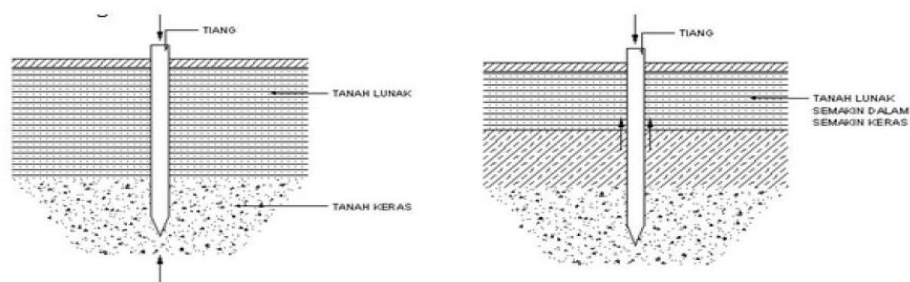
dilakukan dengan menggunakan pendekatan yang mudah dalam perhitungannya. Persamaan-persamaan yang dibuat dikaitkan dengan jenis tanah, sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan (Karlinasari dkk, 2020).

2.7.2 Daya Dukung Pondasi Ujung (*End Bearing*)

Daya dukung ujung tiang merupakan tiang dengan kapasitas bebannya ditentukan oleh tahanan garis ujung tiang. Pada umumnya daya dukung ultimit berada pada daerah *soft ground* di atas *hard ground*. Tiang pancang dipancang hingga mencapai batuan lapisan keras yang dapat menopang beban tanpa menyebabkan penurunan yang tidak semestinya (Karlinasari et al., 2020). Daya dukung ujung tiang digunakan ketika ujung tiang menyentuh tanah keras atau tanah yang baik dengan daya dukung tinggi, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke lapisan tanah bawah melalui ujung tiang. Kapasitas beban tiang ditentukan dari kapasitas beban lapisan keras diujung tiang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.

2.7.3 Daya Dukung Selimut (*Friction Pile*)

Daya dukung selimut (*friction pile*) merupakan daya dukung tiang dengan kapasitas dukung tiang lebih dipengaruhi oleh perlawanan gesek antara selimut tiang dengan tanah disekitarnya (Karlinasari dkk, 2020). Daya dukung selimut tiang dipengaruhi oleh konsolidasi lapisan tanah dibawahnya. *Friction pile* digunakan jika tiang dipancang pada tanah dengan nilai tahanan gesek yang besar (jenis tanah pasir), maka beban yang diterima tiang akan dipertahankan sesuai dengan gaya gesekan antara tiang dengan tanah di sekitar tiang.



Gambar 2.4 Tiang Ditinjau Dari Cara Mendukung Bebannya (Hardiyatmo, 2002) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

2.7.4 Perencanaan Pondasi (*End Bearing*)

Dalam desain pondasi dengan daya dukung ujung tiang, kedalaman tiang mencapai lapisan tanah keras. Penurunan pada pondasi ini diasumsikan tidak ada karena hasilnya sangat rendah (dianggap nol). Saat merencanakan jenis pondasi ini kebutuhan jumlah tiang harus diperiksa dengan $P_{max} < Q_{ijin}$ (Manurung, Widya Indrayani dkk, 2020).

2.7.5 Perencanaan Pondasi (*full friction*)

Dalam perencanaan pondasi dengan daya dukung selimut tiang, kedalaman tiang direncanakan sesuai dengan kebutuhan pada saat tiang berada di atas lapisan lempung, maka perlu dilakukan perhitungan nilai penurunan untuk daya dukung selimut tiang :

1. Studi penurunan sesaat (*short settlement* term)
2. Pencarian konsolidasi dan penurunan selama 25 tahun (penyelesaian jangka panjang)
3. Pencarian mitigasi efek rangkai selama periode 25 tahun (penyelesaian jangka panjang).

Selanjutnya nilai P dihitung sampai P_i dan P_{i+1} terpaut selisih 1 ton. Kemudian lihat nilai yang penurunannya, harus memenuhi persyaratan $Z_{max} \leq 1 / 300$ (Manurung, Widya Indrayani dkk, 2020).

2.8 Penurunan Tanah

Penurunan muka tanah adalah suatu proses penurunan tanah berdasarkan metrik tertentu (*geodetic reference frame*) dimana dari berbagai variabel penyebabnya. Penurunan muka tanah disebabkan oleh banyak faktor seperti beban permukaan atau kehilangan air tanah karena penggunaan yang berlebihan hingga kerusakan struktur pondasi akibat gempa, dll.

Penurunan tanah adalah hasil dari adanya beban yang diterapkan diatas permukaan tanah yang menekan lapisan tanah di bawahnya. Beban ini menyebabkan pelepasan air interstisial, disertai dengan penurunan volume tanah, yang menyebabkan deformasi partikel tanah.

Tanah granular (*sand*) sangat permeabel sehingga air pori bisa dengan mudah keluar dari lapisan tanah. Sedangkan tanah kohesif (*lempung*) mempunyai permeabilitas yang rendah, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mengalirkan air pori. Penurunan muka tanah (konsolidasi) dibagi menjadi 3 tahap:

2.8.1 Penurunan Seketika (*Immediate Settlement - Si*)

Penurunan seketika adalah penurunan yang terjadi pada kondisi tidak terdrainase dan terjadi secara cepat ketika diberi beban sehingga mengakibatkan deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air. Kondisi tanah dibawah beban nilai tegangan akan mengalami kenaikan, sehingga tanah terkompresi secara vertikal yang mengakibatkan gerakan horizontal dari sisi tanah (ekspansi), kemudian terjadi penurunan elevasi tanah pondasi (*settlement*). Penurunan sesaat ini bersifat elastis karena terjadi pada kondisi undrained (tidak ada perubahan volume), yang besarnya tergantung pada modulus elastisitas tanah dan timbunan di atas substrat. Berikut adalah persamaan untuk perhitungan penurunan seketika.

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

Dimana ;

Si = Penurunan segera

$\Delta \sigma$ = Beban timbunan

E_s = Modulus elastisitas tanah

μ_s = Poisson's ration

B = Lebar atau diameter timbunan

I_p = non – dimensional influence factor

Schleicher (1926) menjelaskan faktor I_p ini sebagai :

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

Dimana ; $m_1 = L/B$ (panjang atau lebar beban yang bekerja)

2.8.2 Penurunan Konsolidasi/Primer (*Primary Consolidation – Sc*)

Penurunan konsolidasi terjadi selama masa konsolidasi yaitu ketika adanya konstruksi yang berada diatas permukaan tanah sampai konstruksi tersebut selesai, ditandai dengan terjadinya udara keluar dari rongga tanah karena disebabkan oleh beban diatasnya.

Pada lempung jenuh, tegangan total akan ditransfer ke air pori dan partikel tanah. Artinya, penambahan tegangan total ($\Delta\sigma$) akan dibagi menjadi tegangan efektif dan tegangan air pori. Dari prinsip tegangan efektif, korelasi dapat diturunkan

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

Dimana :

$\Delta\sigma'$ = penambahan tegangan efektif

Δu = penambahan tegangan air pori

Tanah lempung yang memiliki daya rembes sangat rendah dan air tidak mudah termampatkan (incompressible) dibandingkan dengan butiran tanah, sehingga pada saat $t = 0$ seluruh penambahan tegangan ($\Delta\sigma$) akan ditahan oleh air ($\Delta u = \Delta\sigma$).

Penambahan tegangan oleh partikel tanah ($\Delta\sigma' = 0$). Begitu lapisan lempung menerima tegangan tambahan, air akan mengalir keluar dari dalam pori-pori tanah karena tekanan yang diberikan di dalam pori-pori tanah. Proses ini terjadi pada setiap kedalaman lapisan lempung karena air yang ada di pori-pori tanah tertekan, sehingga menambah tegangan yang disebabkan oleh semua partikel tanah secara keseluruhan.

Jadi saat $0 < t < \infty$

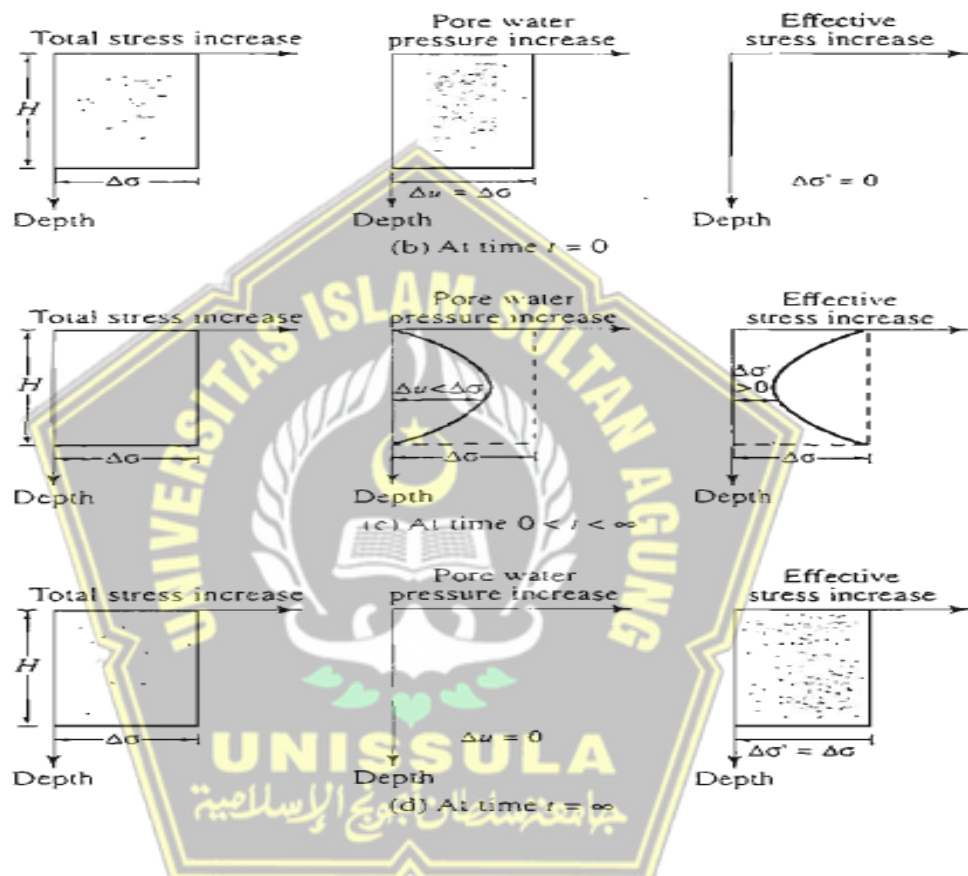
$$\Delta\sigma = \Delta\sigma' + \Delta u$$

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

Nilai $\Delta\sigma'$ dan Δu dipengaruhi oleh jarak minimum yang harus dilalui air pori untuk mengalir keluar dari lapisan pasir diatas dan di bawah lapisan tanah lempung. Ketika $t = \infty$, air pori hilang dari lapisan lempung, sehingga $\Delta u = 0$. Pada kondisi ini, tegangan total ($\Delta\sigma$) didukung oleh partikel tanah (tegangan efektif $\Delta\sigma'$). $\Delta\sigma = \Delta\sigma'$

Perubahan tegangan total, tegangan air pori dan tegangan efektif pada lapisan lempung dimana air dapat mengalir keluar dari struktur tanah akibat adanya tegangan tambahan, ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini.

Variasi tegangan total, tegangan air pori dan tegangan efektif pada lapisan tanah lempung dimana air dapat mengalir keluar dari struktur tanah akibat adanya tegangan tambahan, ditunjukkan pada Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5 Variasi Tegangan Total, Tegangan Air Pori, Dan Tegangan Efektif Pada Lapisan Lempung
(Das. B.M, 2015) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

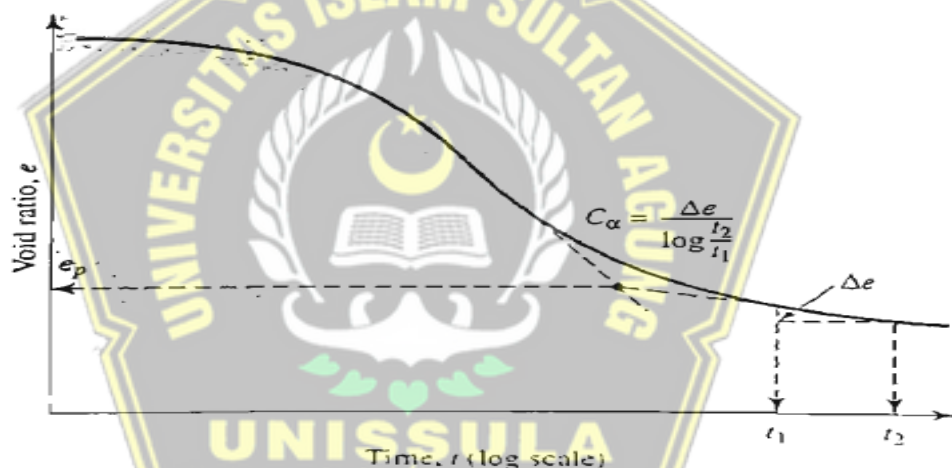
Karena air pori yang larut secara perlahan mengakibatkan penurunan yang bergantung kepada waktu (*time-dependent settlement*) pada lapisan tanah lempung, hal ini terjadi karena pembebanan disertai dengan perpindahan tegangan air pori berlebih menuju batas efektif. Tanah lapang pada kedalaman tertentu telah mengalami tegangan efektif terbesar akibat beban tanah di atas (tekanan beban lebih efektif maksimum) dalam sejarah geologinya. Tegangan ini mungkin sama dengan atau kurang dari tegangan

beban lebih pada saat pengambilan sampel. Ada dua hal penting yang perlu diperhatikan dalam penurunan konsolidasi ini:

1. Berapa besar penurunan yang terjadi.
2. Berapa kecepatan penurunan yang terjadi.

2.8.3 Konsolidasi Sekunder (*Secondary Consolidation*)

Konsolidasi sekunder yang terjadi pada akhir konsolidasi primer (setelah tekanan air pori $U = 0$) juga dikenal sebagai deteriorasi rangkak. Kompresi terjadi setelah air dan udara keluar dari pori-pori tanah. Kompresi terjadi karena adanya pergerakan partikel plastik di tanah (Yuliyanto dan Fakhry, 2018). Waktu yang diperlukan untuk pemampatan ini sangat lama karena tekanan air pori berlebih telah hilang dan tegangan efektif pada tahap ini tetap (Yuliyanto dan Fakhry, 2018).



Gambar 2.6 Variasi Angka Pori Dan Waktu Untuk Penambahan Beban (Das. B. M, 2015) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

Maka penurunan total dari tanah yang telah dibebani adalah:

$$S_s = C' aH \log(t_2/t_1) \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

$$C_a = \frac{\Delta e}{\log t_2 - \log t_1} = \frac{\Delta e}{\log(t_2/t_1)} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan :

C_a = Indeks pemampatan sekunder

Δe = Perubahan angka pori

t = Waktu

$$C' a = \frac{c a}{1+e_p} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dengan ;

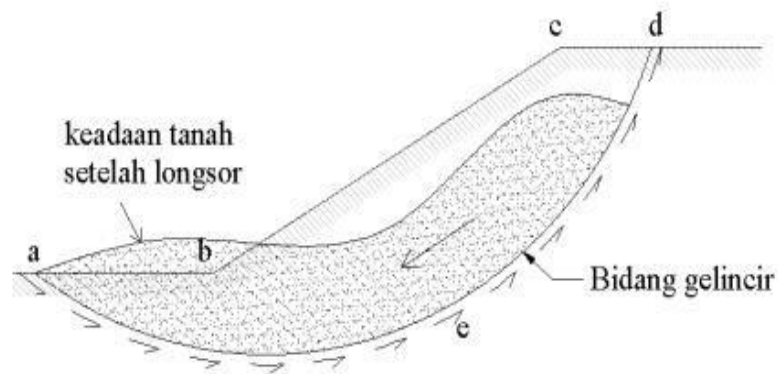
e_p = angka pori pada akhir konsolidasi primer

H = tebal lapisan lempung, m

2.9 Stabilitas Lereng

2.9.1 Definisi Stabilitas Lereng

Komponen gravitasi cenderung menggerakkan tanah ke bawah. Pada permukaan medan yang miring, komponen gravitasi yang besar menciptakan tahanan geser yang diberikan oleh tanah pada permukaan tanah longsor sampai melebihinya, seperti halnya tanah longsor terjadi. Permukaan bumi membentuk sudut tertentu dengan bidang horizontal disebut lereng. Tanah dengan sudut kemiringan tertentu tersebut menyebabkan komponen masa tanah di atas bidang gelincir cenderung akan bergerak ke bawah akibat adanya gaya gravitasi bumi (Yuliyanto dan Fakhry, 2018). Lereng tersebut akan terjadi longsor apabila diberi gaya berat yang terjadi cukup besar (Yuliyanto dan Fakhry, 2018). Kemantapan lereng (*Slope Stability*) dipengaruhi oleh kuat geser tanah dalam menentukan kemampuan tanah untuk menahan tekanan tanah terhadap keruntuhan. Kondisi yang terjadi tersebut dapat dilakukan pencegahan jika gaya dorong (*driving force*) tidak melampaui gaya perlawanan. yang berasal dari kekuatan geser tanah pada sepanjang bidang longsor, hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.7 dibawah ini:



Gambar 2.7 Kelongsoran Lereng

Hasil perhitungan stabilitas lereng dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya:

1. Kuat geser tanah isotropis
2. Kondisi tanah yang anistropis
3. Aliran rembesan air dalam tanah

Analisa stabilitas lereng bertujuan untuk:

1. Menentukan kondisi kestabilan suatu lereng
2. Memperkirakan bentuk keruntuhan atau longsoran yang mungkin terjadi
3. Menentukan tingkat kerawanan lereng terhadap longsoran
4. Menentukan metode perkuatan atau perbaikan lereng yang sesuai

2.9.2 Analisis Stabilitas Lereng

Pada umumnya analisisa stabilitas lereng dapat dibagi menjadi dua kelompok besar yaitu :

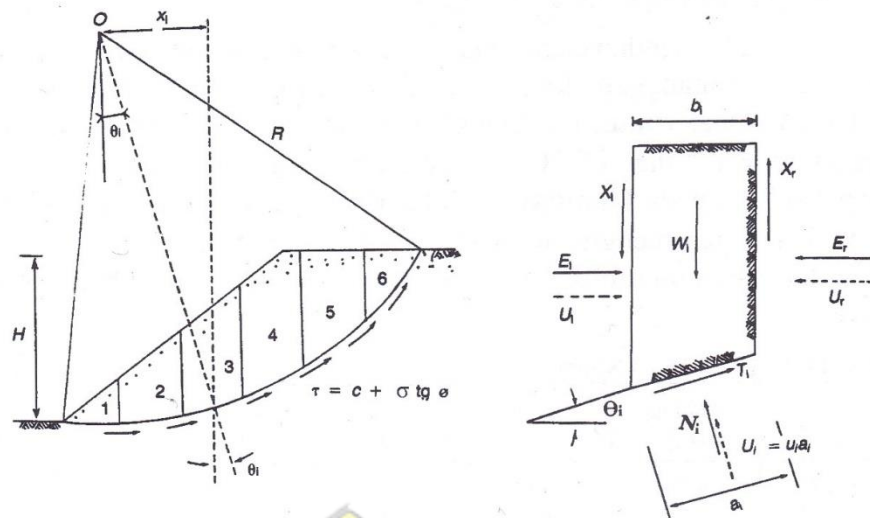
a. Prosedur Massa (*Mass Procedure*)

Pada cara analisis ini massa tanah yang berada di atas bidang gelincir diambil sebagai satu kesatuan. Prosedur ini berguna bila tanah yang membentuk lereng dianggap homogeny (Das. B. M, 2002).

b. Metoda Irisan (*Method of Slice*)

Pada cara analisis ini tanah yang ada di atas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan-irisan parallel tegak (Yuliyanto dan Fakhry, 2018). Stabilitas dari tiap-tiap irisan dihitung secara terpisah.

Metode ini lebih teliti karena tanah yang tidak homogen dapat juga dimasukkan dalam perhitungan (Das. B. M 2002). Metode ini, tanah yang akan longsor dipecah-pecah menjadi bebrapa irisan vertikal, kemudian keseimbangan tiap irisan diperhatikan.



Gambar 2.8 Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Irisan (Hardiyatmo, 2010) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

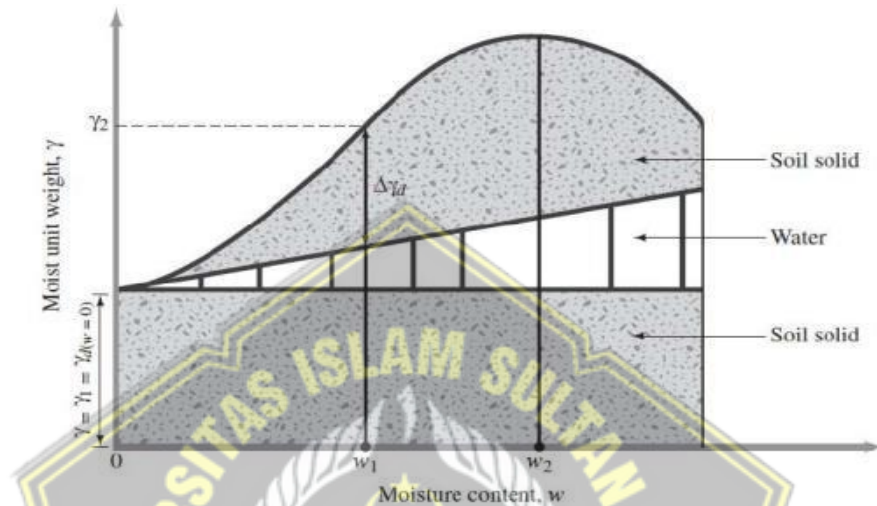
Dimana:

- X_i, X_r = gaya geser efektif disepanjang sisi irisan E_i
 E_r = gaya normal efektif disepanjang sisi irisan
 T_i = resultan gaya geser efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan
 N_i = resultan gaya normal efektif yang bekerja sepanjang dasar irisan
 U_i, U_r = tekanan air pori yang bekerja dikedua sisi irisan
 U_i = tekanan air pori pada dasar irisan

2.10 Pemadatan Tanah

Pemadatan yaitu suatu proses pemadatan partikel tanah yang melibatkan pengurangan volume udara dan volume air dengan cara mekanis yang mengakibatkan udara pada pori-pori tanah dikeluarkan. Pemadatan ini dilakukan untuk meningkatkan kekuatannya, meningkatkan nilai kuat geser tanah, mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas), memperkecil daya rembesan air, dan mengurangi perubahan volume akibat perubahan kadar air. Tingkat pemadatan dapat diukur dari berat volume kering yang dipadatkan (Yuliyanto dan Fakhry, 2018). Air dipakai sebagai unsur pelumas atau pembasah antara beberapa partikel tanah pada tanah yang sedang (Yuliyanto dan Fakhry, 2018). Dengan adanya air tersebut,

memiliki tujuan supaya partikel-partikel tersebut bisa lebih mudah bergeser atau beranjak satu sama lain membentuk kedudukan yang lebih rapat atau padat. Usaha pemadatan yg sama, berat volume kemarau menurut tanah akan naik apabila kadar air pada tanah (dalam ketika dipadatkan) meningkat (Prihatono, 2011). Prinsip Pemadatan tanah bisa dicermati dalam Gambar 2.9 dibawah ini :



Gambar 2.9 Prinsip Pemadatan Tanah
(Pratikso, 2008) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

Beberapa faktor dapat mempengaruhi pemadatan tanah, antara lain kadar air, jenis tanah, bentuk partikel tanah, berat jenis bagian tanah yang padat, dan jenis mineral lempung yang ada di dalam tanah. Pemadatan tanah meningkatkan beberapa sifat teknis massa dan menawarkan beberapa manfaat, termasuk:

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

Derajat kerapatan tanah diukur dengan kerapatan keringnya. Densitas maksimum adalah densitas tanpa kantong udara atau densitas maksimum tanah pada saat jenuh. Jumlah tanah kering setelah pemampatan tergantung pada jenis tanah, kadar air, dan pemadat. (Sembiring dkk, 2016)

2.11 LTP (*Load Transfer Platform*)

2.11.1 LTP (*Load Transfer Platform*)

LTP yang tercakup dalam hal ini yaitu terdiri dari pilihan pengisi struktural granular baik yang diperkuat ataupun tanpa diperkuat dengan satu atau lebih lapisan penguat geosintetik.

2.11.2 Material Granular

Jika ada lapisan tanah di bawah permukaan tanah yang cukup kaku dan cukup dalam, lapisan ini dapat berguna sebagai LTP. Jika tanah di lokasi proyek pada permukaan tanahnya tidak memiliki sifat yang cukup memadai untuk bertindak sebagai LTP maka penimbunan diperlukan untuk menciptakan LTP. Yang melengkung di tanah LTP di atas tiang dianggap sebagai komponen yang perlu untuk melengkapi dalam *transfer stress* dari tanggul ke tiang. Oleh sebab 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 konstruksi LTP. Di atas platform, bahan pengisi lain dapat digunakan untuk membangun sisa tanggul.

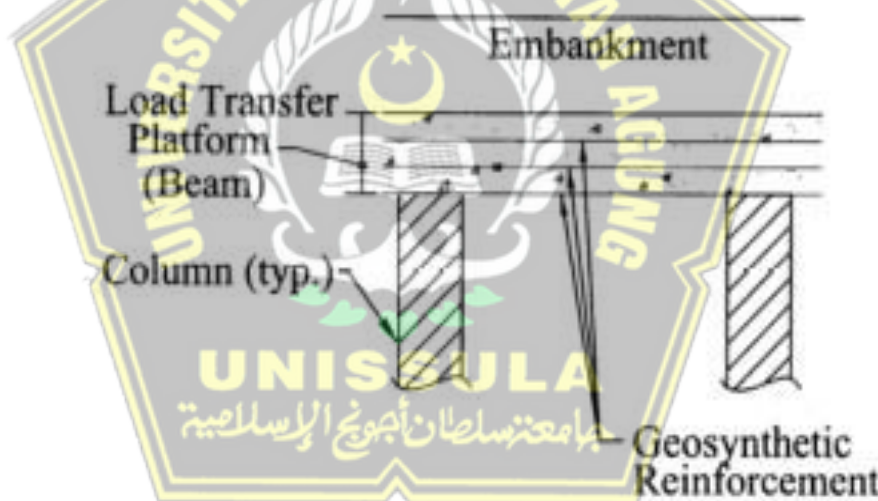
2.11.3 Penguatan Geosintetik

Bahan penguat geosintetik digunakan untuk membuat platform transfer beban (LTP) , salah satunya adalah lapisan geotekstil kekuatan tinggi atau *Geogrid*, atau beberapa lapisan kekuatan yang lebih rendah yaitu *Geogrid Biaxial*. Jenis dan kekuatan tulangan geosintetik tergantung pada model desain yang digunakan untuk analisis LTP misalnya catenary atau balok, jarak antara tiang, dan tinggi tanggul. Banyak perancang yang mengharuskan mengisi lapisan bantalan di tempatkan diantara bagian atas kolom dan penguatan geosintetik atau *non woven*, jarum akan menekan geotekstil yang ditempatkan diantara bagian atas tumpukan *Geogrid*. Fungsi utama dari lapisan bantal/dasar ini adalah untuk menghilangkan abrasi dan mengurangi konsentrasi tegangan yang kalau tidak akan terjadi antara bagian atas kolom dan penguatan. Selain itu, *cap* tumpukan seharusnya bulat, dan tidak tajam pada tepi.

2.11.4 Desain LTP

Desain Platform Transfer Beban (LTP) berdasarkan metode Collin didasarkan pada penggunaan beberapa lapisan penguat untuk menciptakan massa tanah yang kuat (Collin, 2004). Metode Collin merupakan penyempurnaan dari metode yang disebut dengan Metode Guido dan mengasumsikan bahwa massa tanah yang diperkuat bertindak sebagai balok untuk mentransfer beban dari tanggul di atas platform ke kolom yang ada di bawah. Asumsi utama untuk teori balok adalah:

- a) Minimal tiga lapis penguat yang digunakan untuk membuat platform.
- b) Jarak antar lapisan penguat adalah 20,32cm sampai 45,72cm.
- c) Ketebalan Platform lebih besar dari atau sama dengan satu setengah rentang yang jelas antara kolom
- d) Lengkungan tanah sepenuhnya timbul dalam kedalaman platform



Gambar 2.10 Mekanisme Transfer Beban Metode *Beam* (Collin, 2005) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

2.11.5 Penguatan Total Desain Beban

Terpisah dari lapisan tulangan geosintetik untuk lateral yang menyebar dan untuk LTP yang telah digunakan. Kekuatan tarik untuk lateral yang menyebar mungkin relatif tinggi dibandingkan dengan persyaratan tulangan untuk LTP. Selain itu, lateral menyebar ke arah beban tegak lurus terhadap tanggul, membutuhkan geosintetik dengan kekuatan satu arah. Arah beban bagi penguatan dalam LTP adalah bi-

directional yang membutuhkan geogrid biaksial atau geotekstil. Untuk kasus ini, umumnya direkomendasikan untuk memilih pilihan terpisah yaitu digunakan untuk mengatasi lateral yang menyebar dan untuk LTP itu sendiri. Kekuatan tarik jangka panjang yang digunakan diijinkan dari geosintetik yang digunakan dalam perhitungan penyebaran lateral. Kekuatan jangka panjang yang tersedia dihitung sebagai hasil bagi dari pengujian cepat (atau jangka pendek) tarik (misalnya ASTM D6637).

2.12 Hubungan Tebal Platform (LTP) dengan Jarak Antar Pile

2.12.1 Metode *Beam*

Metode balok (*beam*) digunakan untuk desain awal dari LTP, metode ini digunakan karena sederhana dan mudah diterapkan. Misalnya ketika karakterisasi tanah dasar yang lunak tidak memberikan kekuatan ataupun daya dukung yang baik.

Yang mendasari Metode *Beam* mempunyai hubungan dengan tebal platform dan Jarak antar *pile* yaitu :

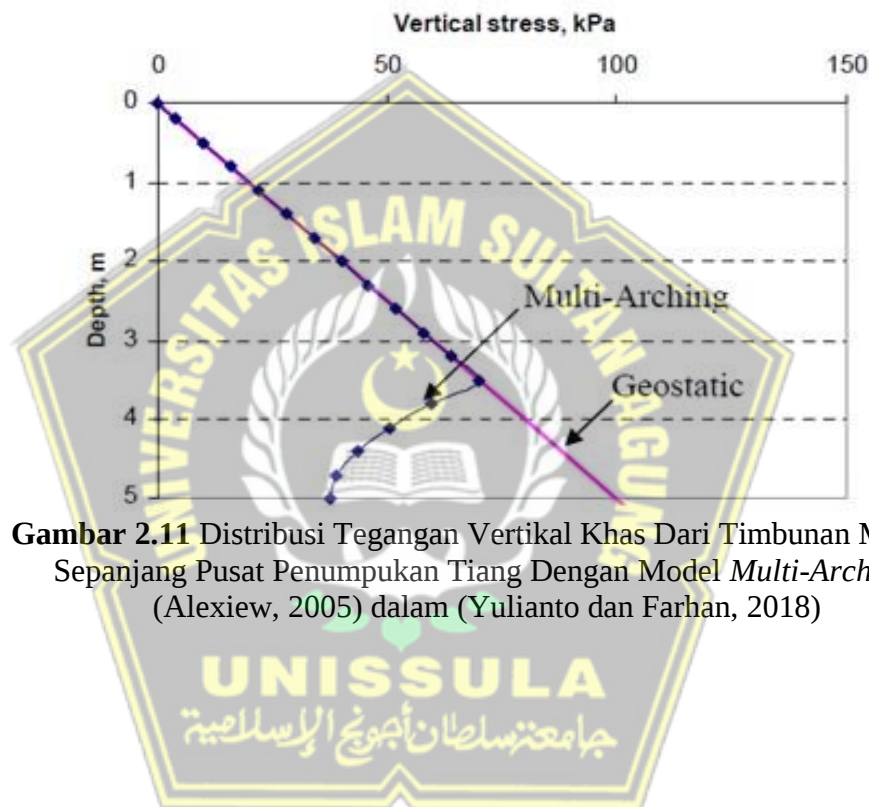
1. $h > 1,5$ (s-a) ketebalan (h) dari *Load Transfer Platform* (LTP) sama dengan atau lebih besar dari satu-setengah rentang jelas antar tiang.
2. Minimal tiga lapisan penguatan *extensible* (*geosynthetic*) untuk membuat Platform Transfer Beban (LTP).
3. Minimum jarak antara lapisan platform yaitu 20,32 cm.
4. Fungsi utama dari lapisan penguat adalah untuk memberikan tahanan lateral dan pemilihan bahan pengisi untuk LTP yaitu digunakan untuk meringankan tanah yang melengkung atau tidak rata dalam ketinggian (ketebalan) dari platform itu sendiri.
5. Semua beban vertikal dari tanggul yang ada di atas platform transfer beban ditransfer ke tiang yang ada di bawah LTP (Collin, et al. 2005).

2.12.2 Metode Baru Jerman

Kempfert dkk. mengajukan konsep *multi-shell arching* yang digunakan dalam metode Jerman yang baru. Teknik Hewlett dan Randolph (1988) juga dipertimbangkan dalam metode ini dan perubahan dibuat untuk timbunan-ketinggian rendah dengan menggunakan teori lengkung

multi-shell. Kubah lengkung antara tiang atau pile cap dianggap dan persamaan untuk metode ini diperoleh dengan mempertimbangkan keseimbangan vertikal.

Peredaran tekanan vertikal di badan timbunan di sepanjang jarak antar tiang ditampilkan pada Gambar di bawah ini. Model ini meningkatkan model pemindahan tekanan di badan timbunan dan juga termasuk tegangan konstruksi tanah lunak yang menanjak yang mungkin ada di antara kolom (Alexiew, 2005).



Gambar 2.11 Distribusi Tegangan Vertikal Khas Dari Timbunan Mengisi Sepanjang Pusat Penumpukan Tiang Dengan Model *Multi-Arching*. (Alexiew, 2005) dalam (Yulianto dan Farhan, 2018)

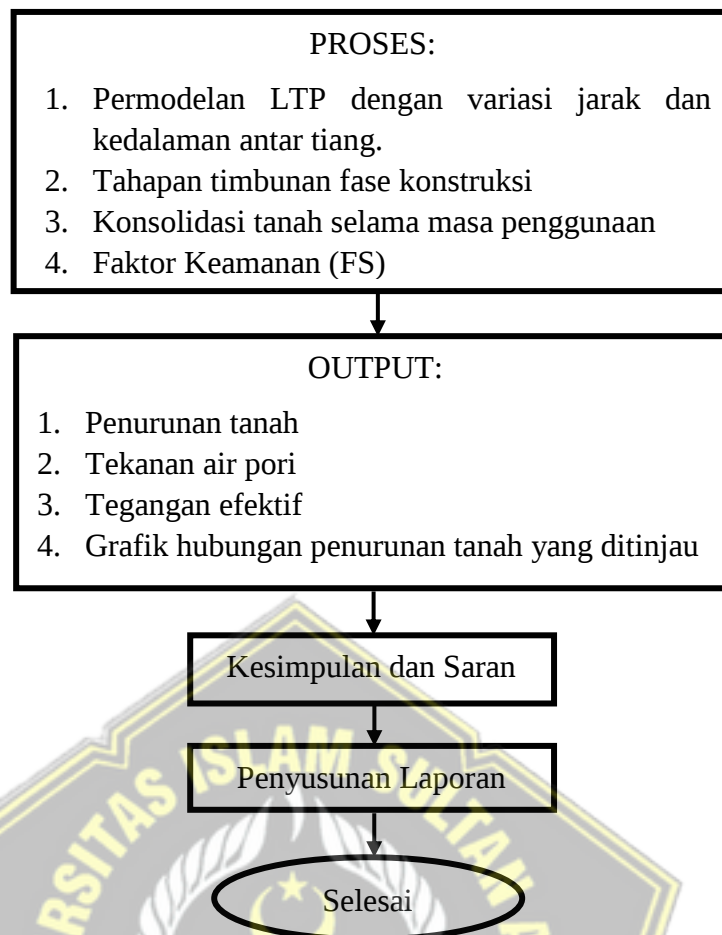
BAB III

METODOLOGI

3.1 Pendahuluan

Permodelan pada Tugas Akhir ini merupakan permodelan untuk menyelidiki besarnya penurunan tanah dengan penambahan *Load Transfer Platform* yang diperkuat geosintetik dengan variasi jarak dan kedalaman antar tiang, serta untuk mengetahui penurunan pada *Load Transfer Platform* (LTP), tekanan air berlebih (*Excess Pore Pressure*), tegangan efektif (*Effektif Stress*) dan nilai *safety factor*. *Load Transfer Platform* (LTP) secara efektif menjembatani beban dan transfer ke pondasi, Perencanaan permodelan struktur ini menggunakan program *Plaxis v8.6* dengan diagram alir penelitian seperti pada Gambar 3.1.





Gambar 3.1 Diagram alir

3.2 Identifikasi Masalah

Pengumpulan data untuk laporan ini dapat dibagi menjadi dua jenis: data primer dan data sekunder. Data primer adalah data tanah yang diperoleh langsung dari proyek untuk keperluan penelitian. Data sekunder adalah data yang diambil dari berbagai sumber yang ada yang berkaitan dengan penelitian mengenai perencanaan struktur perkuatan tanah dengan *Load Transfer Platform*.

3.3 Studi Literatur

Sumber literatur diperoleh dari berbagai sumber seperti jurnal, diklat, dan referensi teori yang relevan sehingga mendapatkan dasar teori dan parameter yang sesuai dengan permasalahan yang diteliti. Studi literatur ini diperlukan juga untuk memahami mekanika tanah, dan bentuk pemodelan dengan menggunakan program *Plaxis v8.6*.

3.4 Pemodelan dengan Program Plaxis 8.6

3.4.1 Teknik Pengolahan Data

Secara deskriptif proses analisis ini dilakukan berdasarkan data yang diperoleh dengan tetap mengacu pada data primer dan data sekunder sehingga data tersebut dapat diuraikan setelah dilakukan penyesuaian data sehingga dapat dijabarkan dengan jelas. Analisis data ini dilakukan untuk mengetahui hasil besaran dan waktu penurunan tanah dari *Load Transfer Platform*.

Penyelidikan tanah menghasilkan data berupa data *bor log* sehingga data tersebut dapat diuraikan sesuai dengan klasifikasi tanah dari masing – masing kedalaman yang di definisikan *depth* sebagai pengukur kedalaman pengeboran yang dilakukan, *qc* yang di sebut juga sebagai perlawanan konus, *fr* atau rasio hambatan kemudian mencari rata-rata *qc* dan *rf* dengan cara menjumlahkan semua *qc* maupun *fr* kedalam ketentuan *qc* dan *fr* yang ada pada data *bor log* yang telah di dapat, kemudian akan menghasilkan keluaran berupa NSPT dan menggolongkan jenis tanah itu sendiri. Hal ini bertujuan untuk mempermudah mengidentifikasi jenis dan sifat tanah pada setiap lapisan pada tanah dengan deskripsi yang dapat dilihat seperti pada Tabel 3.1.

Tabel : 3.1 Deskripsi Data Tanah

DATA TANAH			
Kedalaman (m)	N- SPT	Konsistensi	Deskripsi
0	0	Very Soft	Lempung lanau sedikit kerikil coklat gelap sedikit hitam, lunak
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5	3	Soft	Pasir berlempung, hitam kecoklatan ada bintik putih lunak
3			
3,5			
4			
4,5			
5	2		Pasir berlempung, sedikit kerikil
5,5			
6			

6,5		Medium	coklat gelap terdapat bintik putih lunak
7			Lempung berpasir, keabuan sedikit bintik putih, lunak
7,5	5		
8			
8,5			
9			
9,5			
10	3	Soft	
10,5			
11			
11,5			
12			
12,5	4		
13			
13,5		Medium	lempung pasir, terdapat kulit kerang, abu2 kehitaman terdapat bintik putih, lunak
14			
14,5			
15	5		
15,5			
16			
16,5			
17		Medium	Lempung liat terdapat kulit kerang, abu2 terang terdapat bintik putih, lunak
17,5	5		
18			
18,5			
19			
19,5			
20	6		
20,5		Stiff	
21			
21,5			
22			
22,5	9		
23			
23,5			
24		Stiff	
24,5			
25	10		
25,5			
26			
26,5			
27			

27,5	12		
28			
28,5			
29			
29,5			
30	13		
30,5			
31			
31,5			
32			
32,5	16		
33			
33,5			
34			
34,5			
35	22		
35,5			
36			
36,5			
37		Very Stiff	
37,5	20		
38			
38,5			
39			
39,5			
40	24		
40,5			
41			
41,5			
42			
42,5	25		
43			
43,5			
44			
44,5			
45	27		

Lempung Liat, coklat gelap
sedikit keabuan, lunak

Lempung liat, abu2 gelap sedikit
coklat, agak lunak

Lempung liat, abu2 gelap
kehitaman, sedikit bintik coklat,
agak lunak

Tabel : 3.2 Parameter Tanah

DATA TANAH												
Kedalaman (m)	Input Tanah	N-SPT	Konsistensi	E	Gamma tanah (kN/m ³)		C kN/m ²	phi derajat	Cc	Cs	k (m/day)	e
					unsat	sat						
0.00 - 05.00	Clay	0	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	-

Percobaan yang digunakan menggunakan variasi jarak antar tiang satu dengan tiang lainnya dengan ketebalan LTP sebesar 1.5 m seperti pada Tabel 3.3 dibawah:

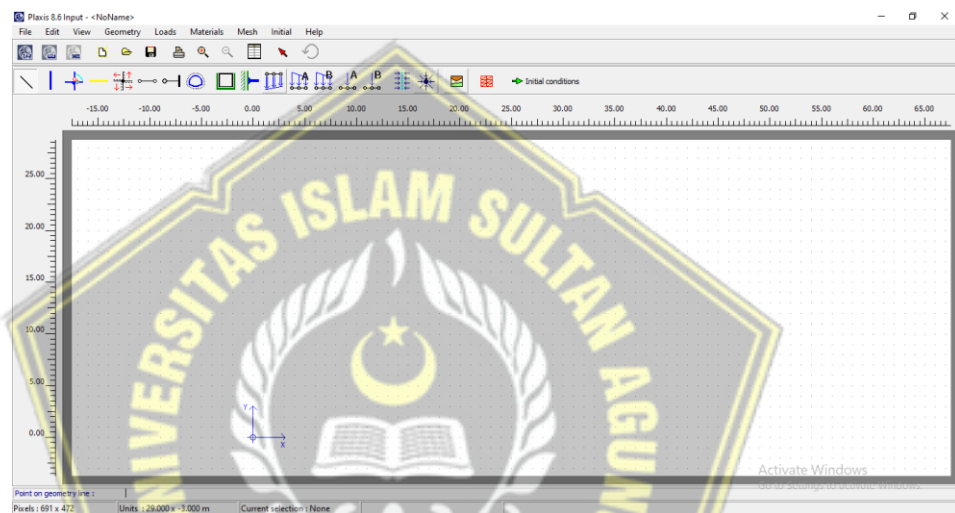
Tabel : 3.3 Variasi Jarak Tiang

No	Permodelan	S < Lebar LTP	S = Lebar LTP	S > Lebar LTP
1	End Bearing Pile	1 m	1,5 m	2 m
2	Friction Pile	1 m	1,5 m	2 m

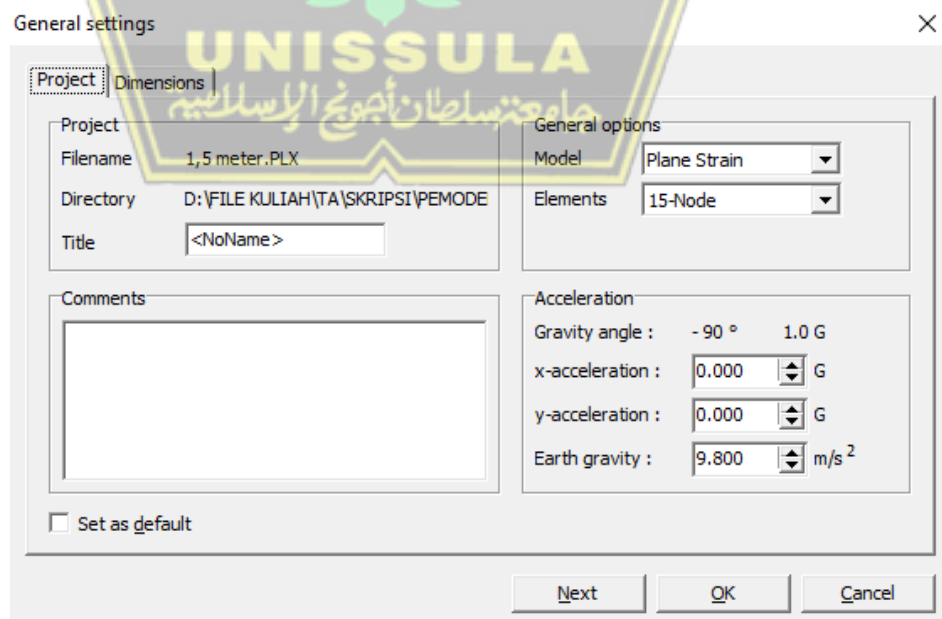
Tahapan yang dilakukan secara analisis menggunakan Program *Plaxis v 8.6* adalah sebagai berikut:

1. *Plaxis Input v8.6*

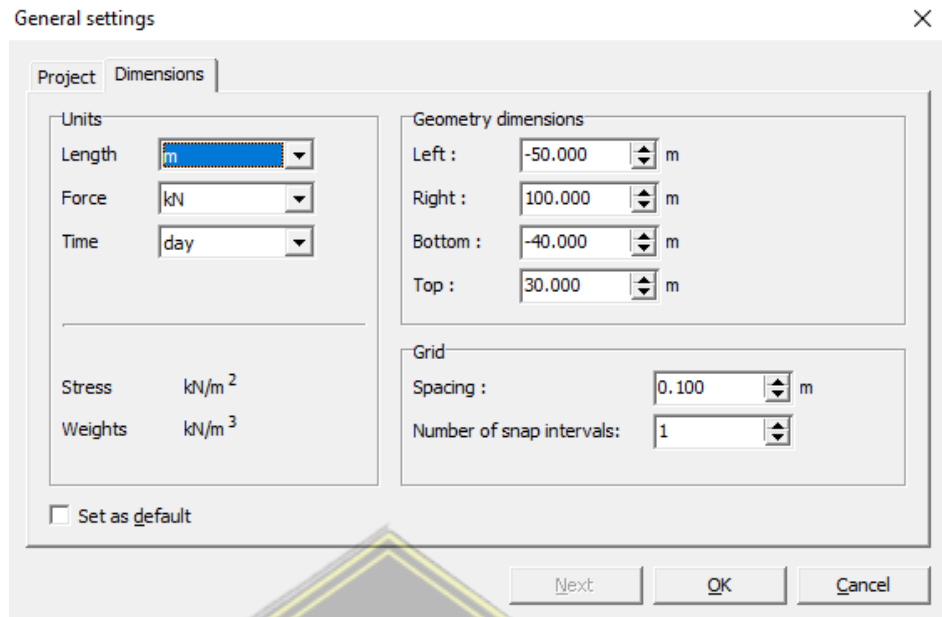
Input plaxis dilakukan dengan mengklik kanan lalu open pada ikon *Plaxis Input* sehingga akan muncul *Create/Open project*, kemudian pilih *New Project* pada box *Open* lalu klik OK, maka jendela *General Settings* akan muncul yang terdiri dari dua halaman *tab* (*tab sheet Project* dan *Dimensions*) yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



Gambar 3.2 : Kotak Dialog Toolbar

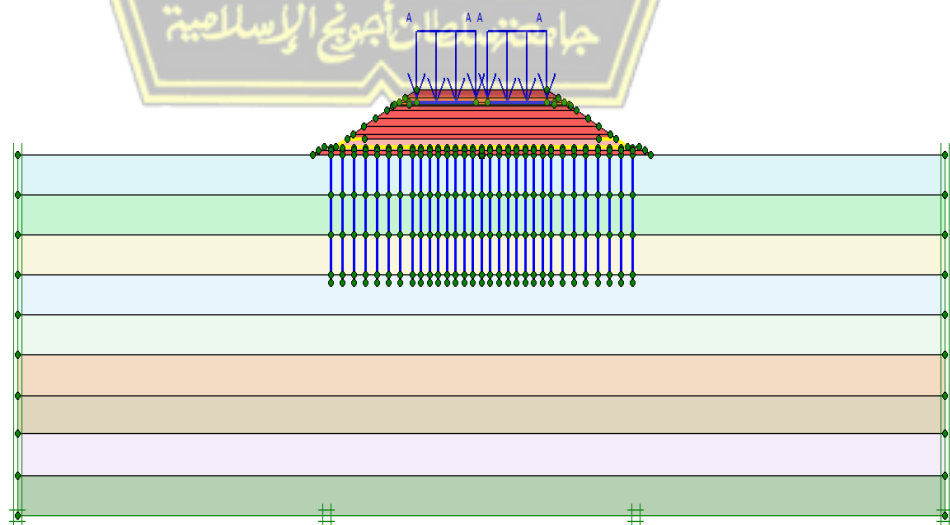


Gambar 3.3 : Kotak Dialog General Settings – Tab Project

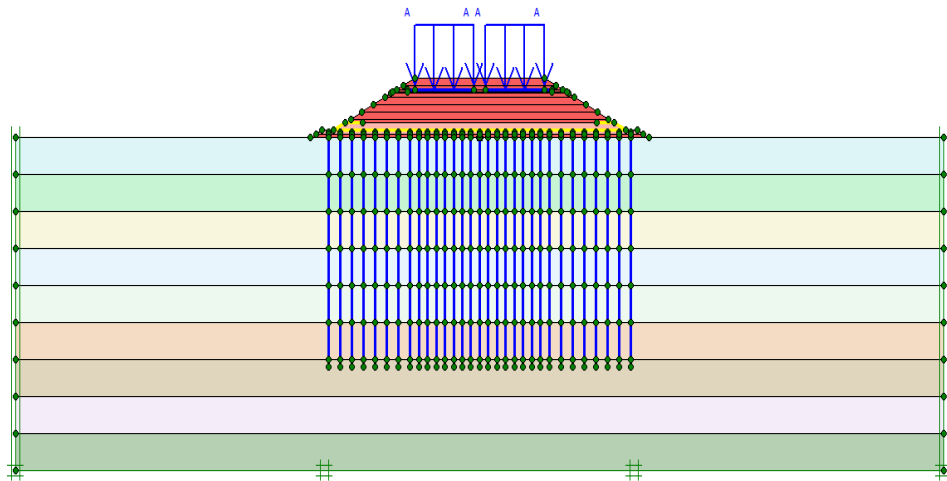


Gambar 3.4 : Kotak Dialog *General Settings* – Tab *Dimensions*

Saat setelah mengisi material pada pengaturan umum, area gambar ditampilkan dengan koordinat sumbu X dalam arah horizontal dan koordinat sumbu Y dalam arah vertikal. Untuk membuat objek pemodelan geometri gambar, klik ikon garis pada toolbar atau masukkan koordinat titik pada garis geometri di bagian bawah halaman tampilan Plaxis. Tentukan kondisi batas untuk setiap sumbu dalam hasil pemodelan bagian. Bentuk pemodelan geometrik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5 dan 3.6.



Gambar 3.5 : Model Geometri Penampang Melintang *Friction Pile*



Gambar 3.6 : Model Geometri Penampang Melintang *End Bearing Pile*

3.4.2 Penginputan Data

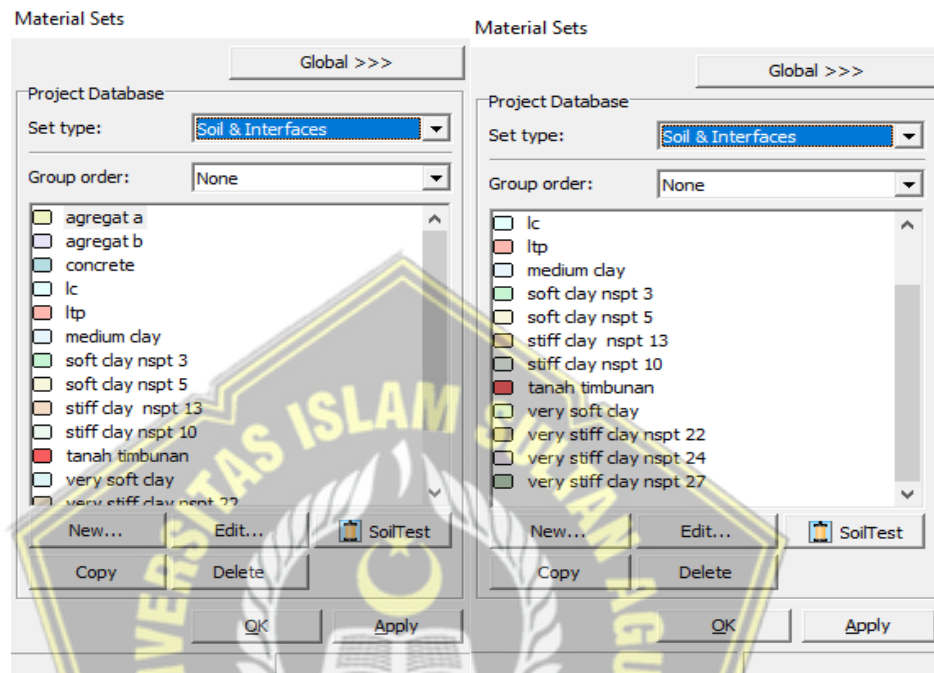
Penginputan parameter pada *Material Sets* untuk mendapatkan data profil yang digunakan dalam menganalisis pada penggunaan program *Plaxis* v8.6, yaitu :

1. Parameter Tanah Asli, Timbunan dan LTP

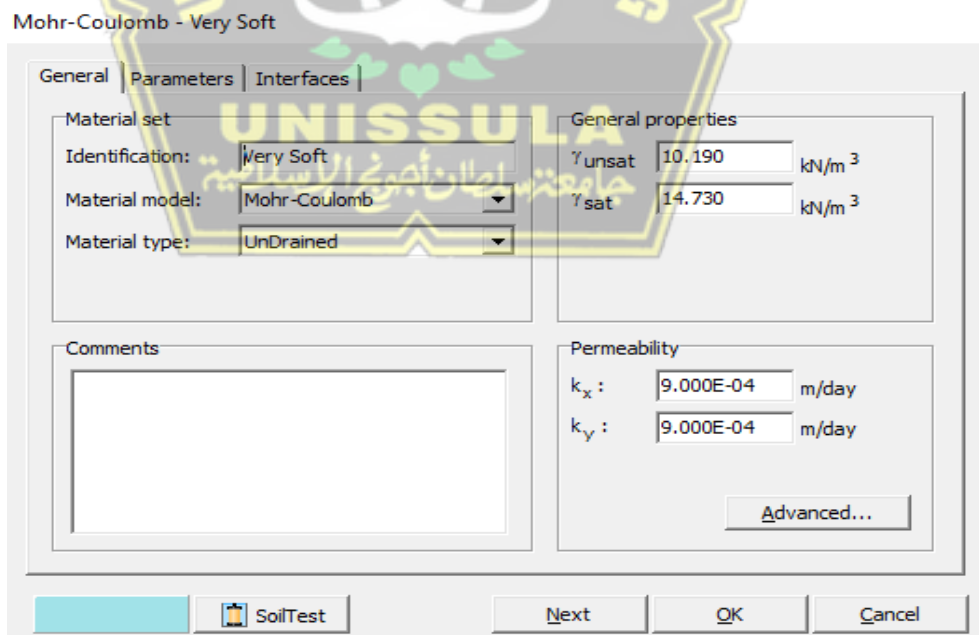
Type tanah yang menggunakan *Mohr-Coloumb* dengan parameter yang seperti :

- Berat volume tanah jenuh air (γ_{sat}), adalah rongga pori yang terisi penuh dengan air
- Berat volume tanah tak jenuh air (γ_{unsat})
- Permeabilitas arah horizontal (k_s), adalah peristiwa air meresap masuk ke dalam tanah melalui pori-pori tanah ke bagian arah horizontal
- Permeabilitas arah vertikal (k_y), adalah peristiwa air meresap masuk ke dalam tanah melalui pori-pori tanah ke bagian arah vertikal
- Modulus elastisitas (E), adalah angka yang digunakan untuk mengukur objek atau ketahanan bahan
- *Poisson rasio* (μ), adalah konstanta elastisitas setiap material
- Kohesi (c), adalah gaya tarik menarik antara partikel sejenis
- Sudut geser (ϕ), adalah sudut yang terbentuk dari hubungan antara teganga normal dan tegangan geser dalam material tanah atau batuan
- Sudut dilatasi (Ψ), adalah sambungan atau pemisah pada bangunan karena sesuatu hal memiliki sistim struktur berbeda

Isi setiap bahan sesuai dengan informasi pada material sets. Kemudian terapkan data untuk setiap lapisan di jendela Material Set ke bagian lapisan tanah sesuai dengan data tanah yang digunakan untuk penelitian. Material yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 3.7, Gambar 3.8, Gambar 3.9, dan Gambar 3.10



Gambar 3.7 : Material Sets



Gambar 3.8 : Properties Lapisan Tanah –Tab General

Mohr-Coulomb - Very Soft

Gambar 3.9 : *Properties Lapisan Tanah –Tab Parameters*

Mohr-Coulomb - Very Soft

Gambar 3.10 : *Properties Lapisan Tanah –Tab Interfaces*

2. Parameter Tiang Pancang dan Geotextil

Pada parameter tiang pancang data diinput berupa jenis serta sifat material pada kotak dialog *Plate* menggunakan parameter seperti tabel 3.4 dan tabel 3.5 di bawah:

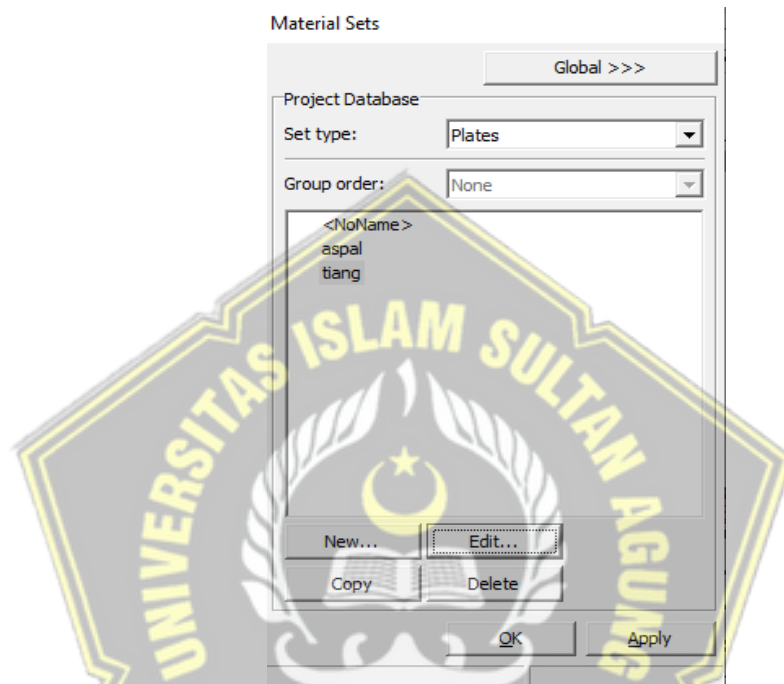
Tabel : 3.4 Parameter Tiang, Perkerasan Jalan dan Geogrid

No	Tipe	Material	EA (kN/m)	EI (kN/m)
1	Tiang	Elastic	2.67528690	20064,65
2	Geogrid	Elastic	50	-

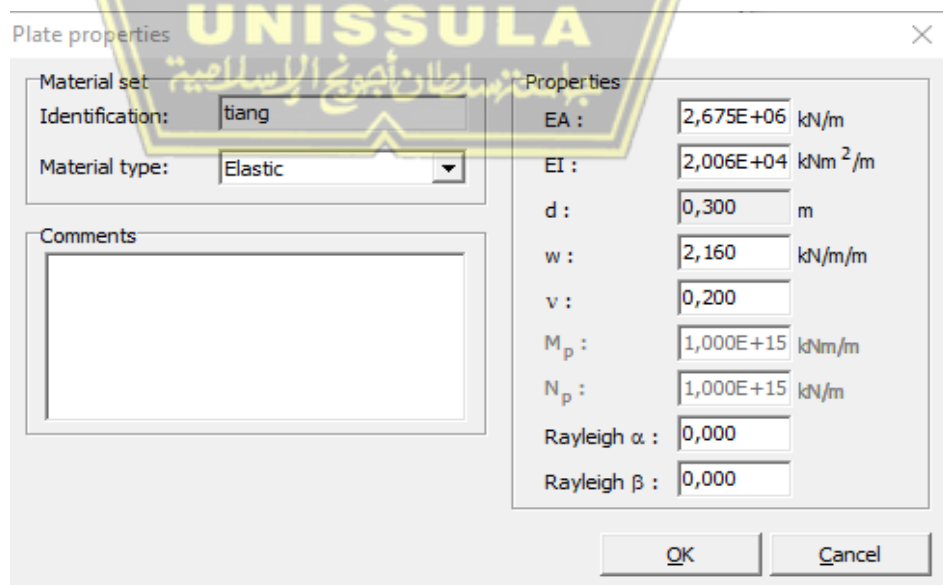
abel : 3.5 Parameter Tiang Pancang Perkerasan Jalan dan Geogrid

No	Tipe	d (m)	w (kN/m/m)	v
1	Tiang	0,3	2,16	0,2
2	Geogrid	-	-	-

Tampilan *Material Sets* tiang pancang dan geogrid seperti pada Gambar 3.11, Gambar 3.12, Gambar 3.13, Gambar 3.14, Gambar 3.15 dan Gambar 3.16.



Gambar 3.11 : Material Sets Tiang



Gambar 3.12 : Properties Tiang

Material Sets

Global >>>

Project Database

Set type: Soil & Interfaces

Group order: None

- ☐ agregat a
- ☐ agregat b
- ☐ concrete
- ☐ lc
- ☐ ltp
- ☐ medium clay
- ☐ soft clay nspt 3
- ☐ soft clay nspt 5
- ☐ stiff clay nspt 13
- ☐ stiff clay nspt 10
- ☐ tanah timbunan
- ☐ very soft clay
- ☐ very stiff clay nspt 22

New... Edit... SoilTest

Copy Delete

OK Apply

Gambar 3.13 : Material Sets Perkerasan Jalan

Mohr-Coulomb - agregat a

General Parameters Interfaces

Material set

Identification: agregat a

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} 20.000 kN/m³

γ_{sat} 21.000 kN/m³

Permeability

k_x : 1.000 m/day

k_y : 1.000 m/day

Advanced...

SoilTest Next OK Cancel

Mohr-Coulomb - agregat b

General Parameters Interfaces

Material set

Identification: agregat b

Material model: Mohr-Coulomb

Material type: Drained

General properties

γ_{unsat} 18.000 kN/m³

γ_{sat} 20.000 kN/m³

Permeability

k_x : 1.000 m/day

k_y : 1.000 m/day

Advanced...

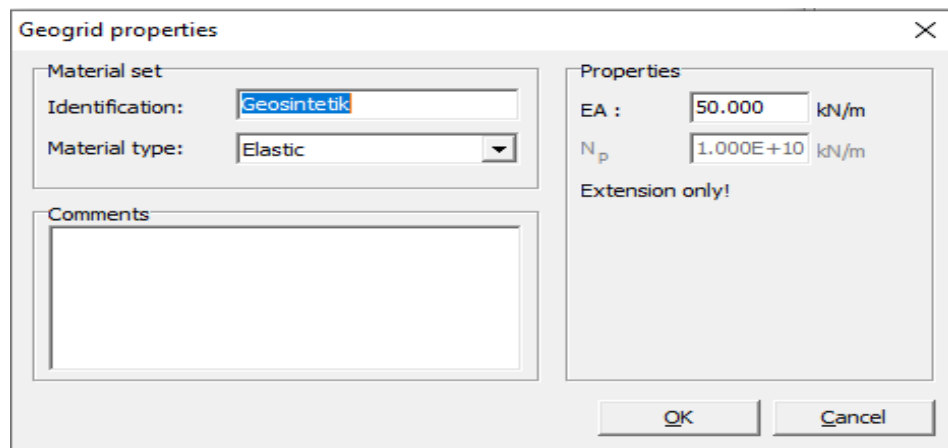
SoilTest Next OK Cancel

Linear Elastic - concrete

Linear Elastic - Ic

Gambar 3.14 : Properties Perkerasan Jalan

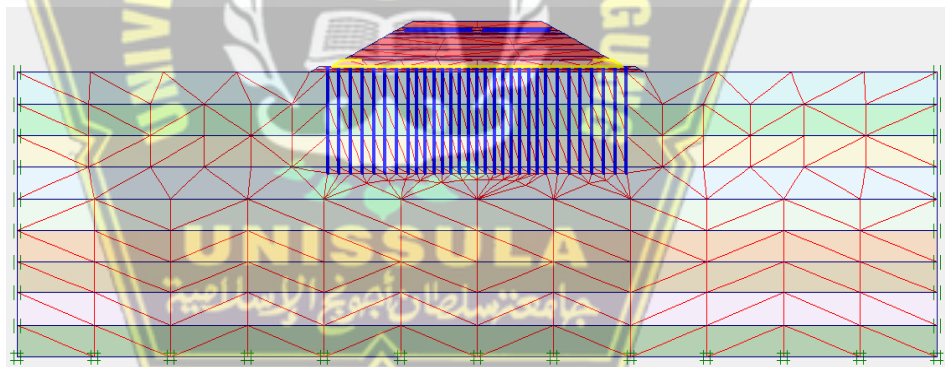
Gambar 3.15 : Material Geogrid



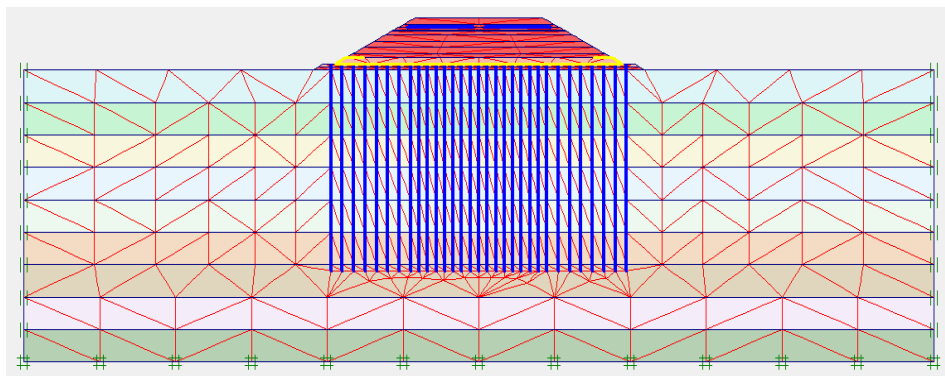
Gambar 3.16 : Properties Geotextil

3. Menyusun jaringan elemen (*Mesh Generation*) pada program *plaxis*

Untuk menyusun jaringan elemen (*Mesh Generation*) digunakan untuk membagi tanah kedalam elemen – elemen diskret, dengan menggunakan *toolbar Generate Mesh*. Pada tahapapan pemodelan ini material dimesh *fine*, kemudian mengklik *update*. Tampilan *General Mesh* seperti pada Gambar 3.17 dan 3.18.



Gambar 3.17 : Mesh Generation Penampang Melintang Friction Pile

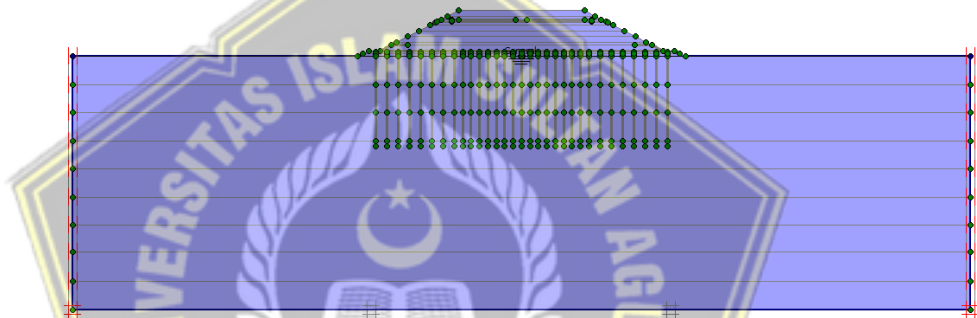


Gambar 3.18 : Mesh Generation Penampang Melintang End Bearing Pile

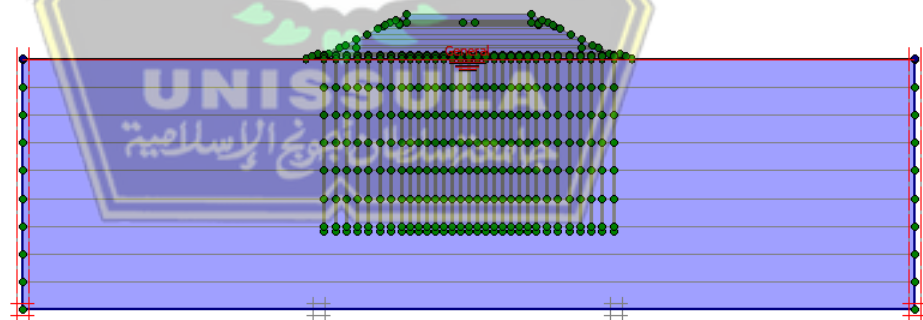
4. Kondisi Awal (*Initial Condition*)

Keadaan awal adalah keadaan yang menentukan garis perembesan yang digunakan untuk analisis volume air tanah dengan berat jenis 1 kN/m³. Kondisi awal harus ditentukan oleh model geometri yang telah dibuat sebelumnya. Ada empat level dalam keadaan awal: Langkah 1 penentuan muka air tanah (*Phreatic Level*)

Penentuan muka air tanah dilakukan dengan cara meklik *toolbar* , pengaktifan muka air ditandai dengan garis merah di atas muka air, untuk pemodelan kali ini memiliki ketinggian muka air tanah sedalam 0,0 meter di bawah permukaan tanah asli, bentuk muka air tanah seperti pada Gambar 3.19 dan 3.20.



Gambar 3.19 : Tinggi Permukaan air tanah (*Phreatic Level*) *Friction Pile*



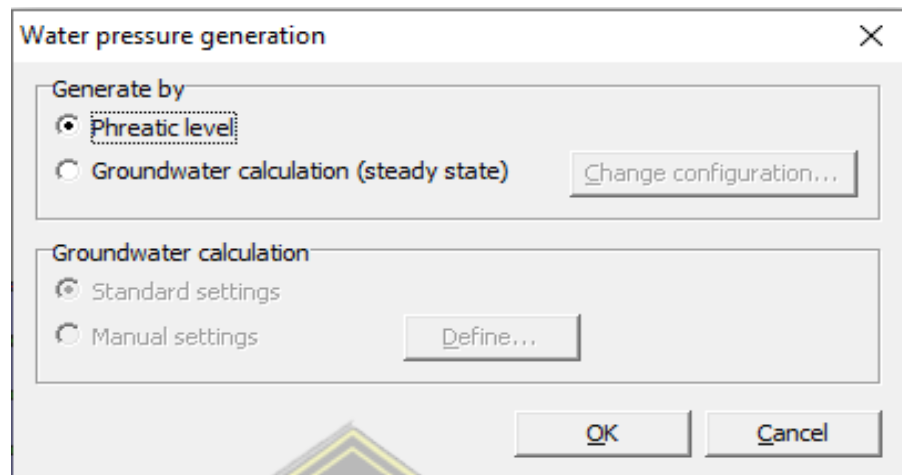
Gambar 3.20 : Tinggi Permukaan air tanah (*Phreatic Level*) *End Bearing Pile*

a. Langkah 2 pengaktifan tekanan air pori (*Generate Water Pressure*)

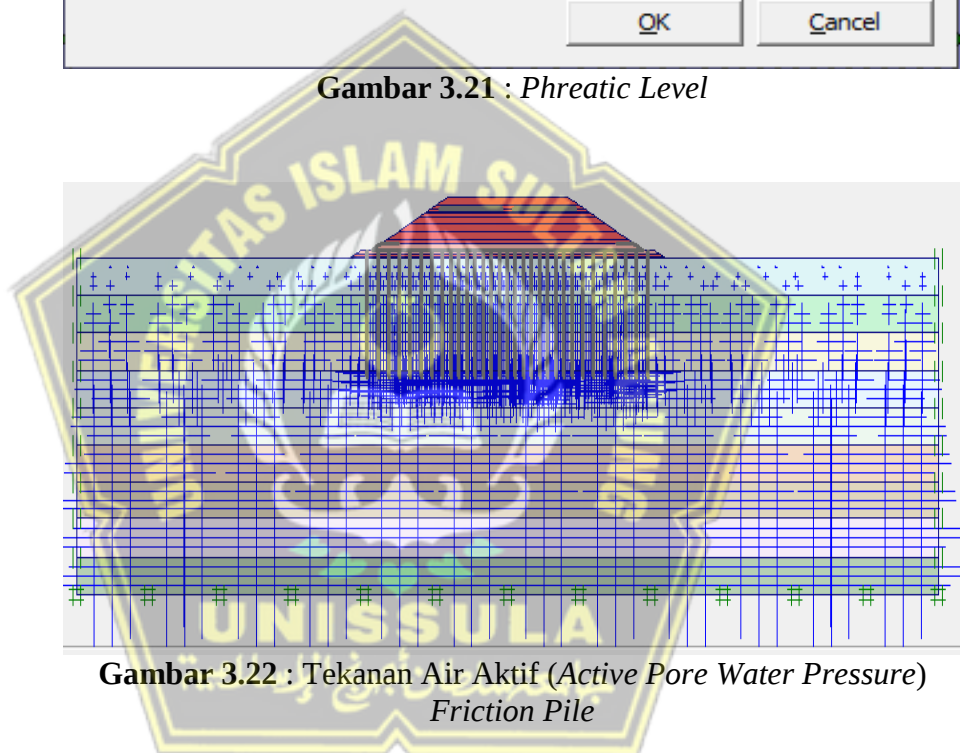
Pengaktifan tekanan air pori (*Generate Water Pressure*)

dilakukan dengan cara mengklik *toolbar* , sehingga akan muncul jendela panel seperti Gambar 3.21 di bawah setelah itu diklik OK.

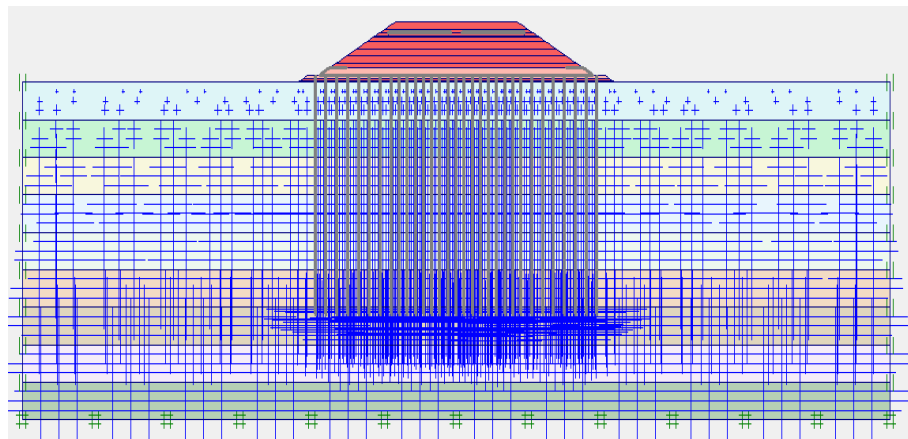
Selanjutnya akan muncul Gambar 3.22 dan 3.23 kemudian diklik *Update*.



Gambar 3.21 : Phreatic Level



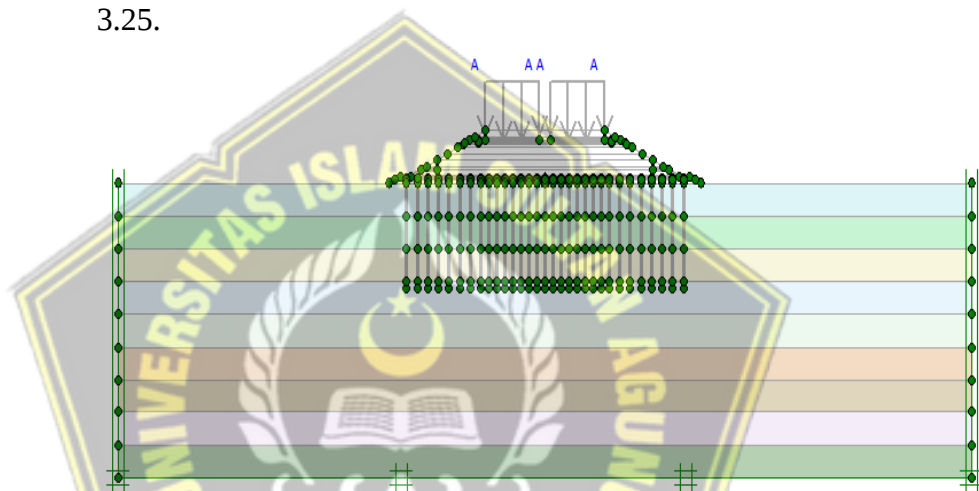
Gambar 3.22 : Tekanan Air Aktif (Active Pore Water Pressure) Friction Pile



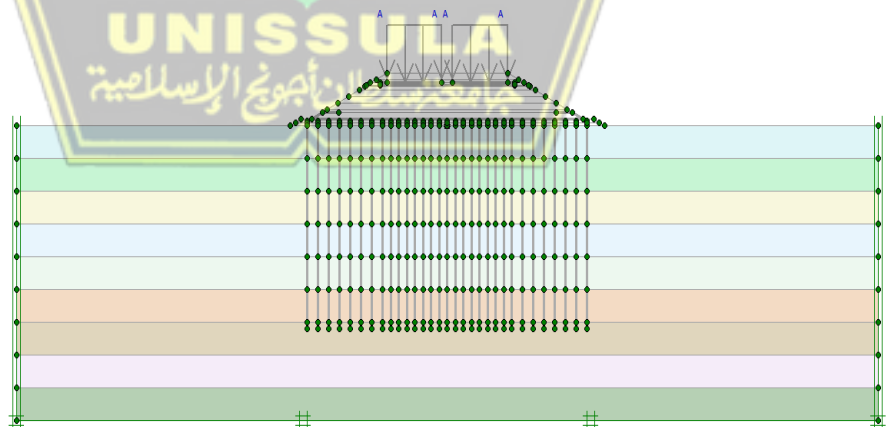
Gambar 3.23 : Tekanan Air Aktif (Active Pore Water Pressure) End Bearing Pile

b. Langkah 3 pengaktifan konfigurasi geometri (*Activation Geometry Mode*)

Pemodelan geometri memiliki beberapa aspek yang awalnya tidak aktif dan harus diaktifkan terlebih dahulu dalam mode aktivasi geometri ini. Secara default, Plaxis menonaktifkan semua elemen model yang dijelaskan dalam fase persiapan geometri sebelumnya. Pengaktifan mode ini dengan cara dengan mengklik *toolbar* , setelah itu nonaktifkan dengan cara mengklik timbunan dan agregat hingga berwarna putih seperti pada Gambar 3.24 dan 3.25.



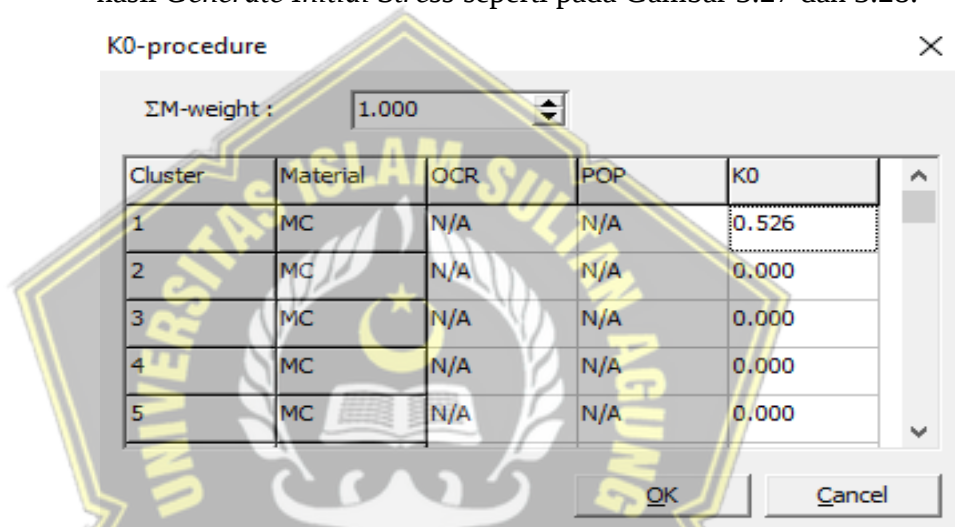
Gambar 3.24 : Mengaktifkan Konfigurasi Geometri *Friction Pile*



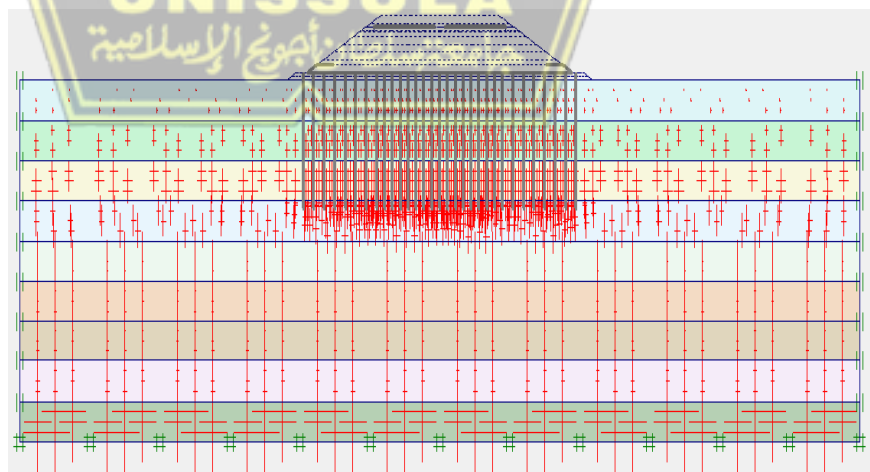
Gambar 3.25 : Mengaktifkan Konfigurasi Geometri *End Bearing Pile*

c. Langkah 4 pengaktifan tekanan efektif tanah (*Generate Initial Stress*)

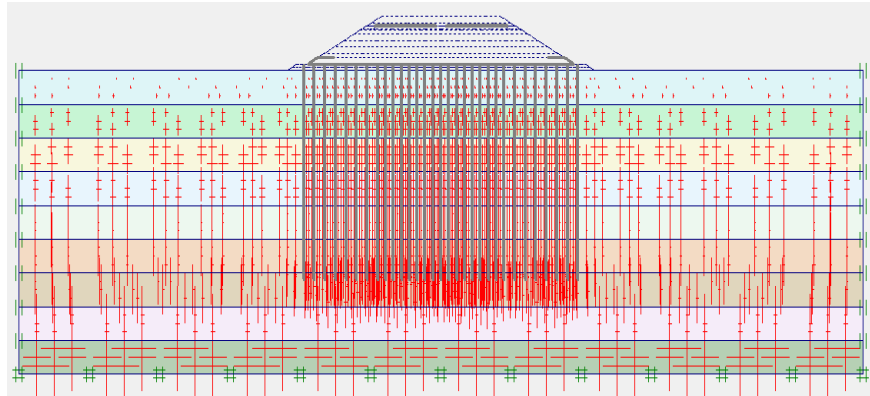
Tegangan awal dipengaruhi berat material serta sejarah formasinya. Tegangan awal biasanya berisi status dari tegangan yang diperoleh Umumnya, ini dicirikan oleh tegangan normal awal $S_{n,0}$ dan terkait dengan faktor tekanan tanah K_0 . Nilai default diambil dari ekspresi Jaky ($1 \sin \phi$). Untuk mengaktifkan prategang (prosedur pembangkitan tegangan awal K_0) dengan mengklik ikon . K_0 -Proedure yang ditunjukkan pada Gambar 3.26, dan untuk hasil *Generate Initial Stress* seperti pada Gambar 3.27 dan 3.28.



Gambar 3.26 : K_0 – Procedure



Gambar 3.27 : *Generate Initial Stress Friction Pile*



Gambar 3.28 : Generate Initial Stress End Bearing Pile

3.4.3 Perhitungan

Setelah pemodelan geometri dan entri parameter selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan analisis plastis, integrasi, dan reduksi dari ϕ -c. Langkah ini dilakukan dengan mengaktifkan beban dan beban sebagai fungsi waktu yang terkait dengan menyesuaikan pengali.

3.4.4 Hasil Analisis Pemodelan Menggunakan Program Plaxis 8.6

Tujuan dari analisis model ini adalah untuk mengetahui besarnya pengurangan load transfer platform (LTP) yang mempengaruhi dasar bendungan dan lapisan perkerasan di atasnya, diikuti dengan perpindahan total, tegangan efektif, tekanan air pori berlebih, keamanan, untuk melakukan laju, dan analisis tiang. Studi ini dilakukan baik setelah konstruksi dan selama fase integrasi.

3.5 Kesimpulan dan Saran

Laporan akhir ini berisi kesimpulan dari hasil analisis pemodelan, struktur, di antaranya adalah pemrosesan data yang jelas, dan referensi ke pembahasan utama.

3.6 Penyusunan Laporan

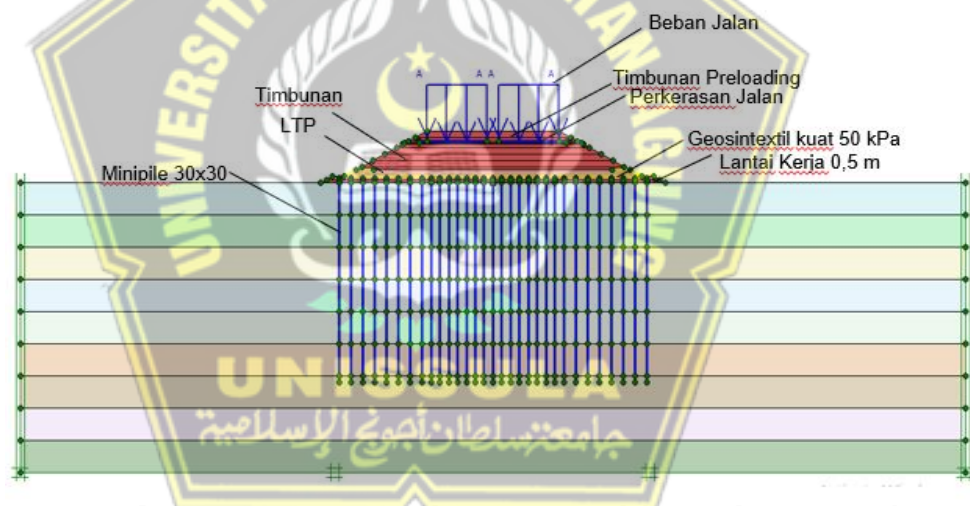
Tugas Akhir ini disusun setelah memperoleh hasil data analisis dari proyek. Laporan ini meliputi tahapan pemodelan sampai dengan hasil analisis pemodelan yang dilakukan pada program Plaxis. Hasil yang diperoleh merupakan keluaran dari perhitungan dari program *Plaxis v8.6*.

BAB IV

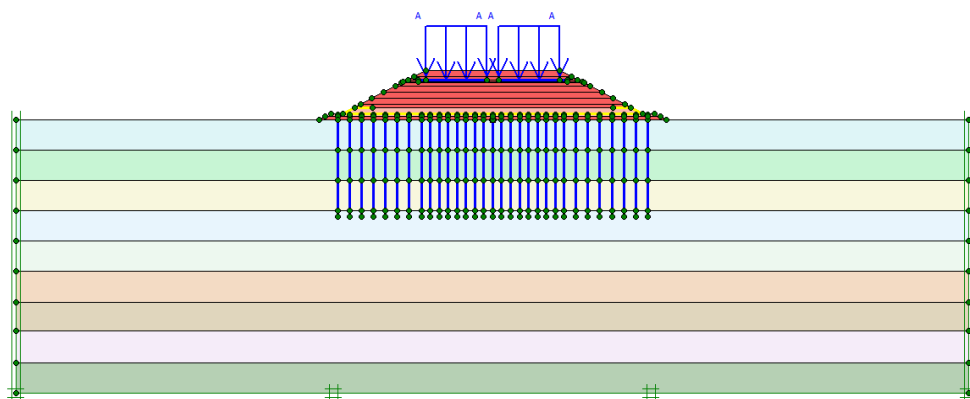
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pembahasan

Analisa permodelan dengan variasi jarak antar tiang, dan penambahan *load transfer flatform* setebal 1.5 m yang diperkuat geosintetik 50 kPa dan menggunakan minipile dengan ukuran 30 cm x 30 cm di kedalaman 16 m pada kondisi *friction pile* dan 31 m pada kondisi *end bearing pile*, dianalisa dengan menggunakan program *Plaxis v8.6* untuk mengetahui penurunan tanah, tekanan air pori berlebih, tegangan efektif serta angka faktor keamanan (*safety faktor*) dan penurunan pada tiang serta *load transfer flatform*. Permodelan yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 : Potongan Melintang Permodelan *End Bearing Pile*



Gambar 4.2 : Potongan Melintang Permodelan *Friction Pile*

4.2 Parameter Desain

4.2.1 Parameter Tanah

Tabel 4.1 Parameter Tanah

Konsistensi	Kedalaman (m)	N-SPT	Model	Type	γ_{Unsat}	γ_{sat}	k_x (m/day)	k_y (m/day)	E_{ref} (kN/m ²)	ν	C_{ref} (Cu)	ϕ
Very soft	0.00 - 05.00	0	MC	Undrained	10.19	14.73	9.00E-04	9.00E-04	3000	0,3	4.71	31.34
Soft	06.00 - 10.00	3	MC	Undrained	10.66	16.62	6.10E-02	6.10E-02	3000	0,3	4.71	26.20
Soft	11.00 - 15.00	5	MC	Undrained	9.83	15.86	3.24E-02	3.24E-02	3000	0,3	10.30	21.72
Medium	16.00 - 20.00	6	MC	Undrained	9.34	15.55	2.03E-02	2.03E-02	3500	0,3	7.85	28.32
Stiff	21.00 - 25.00	10	MC	Undrained	9.18	15.17	1.77E-02	1.77E-02	33000	0,3	35.11	28.32
Stiff	26.00 - 30.00	13	MC	Undrained	10.68	15.65	1.06E-02	1.06E-02	33000	0,3	34.32	31.34
Very Stiff	31.00 - 35.00	22	MC	Undrained	11.33	16.64	9.00E-03	9.00E-03	25000	0,3	48.94	26.20
Very Stiff	36.00 - 40.00	24	MC	Undrained	11.71	16.67	6.96E-02	6.96E-02	25000	0,3	47.37	29.35

4.2.2 Parameter Timbunan Dan Perkerasan

Tabel 4.2 Parameter Timbunan

Jenis Material	Model	Type	γ_{Unsat}	γ_{sat}	k_x (m/day)	k_y (m/day)	E_{ref} (kN/m ²)	ν	C_{ref} (Cu)	ϕ	ψ
Tanah Timbunan N 11 PBTR	MC	Drained	16	19	0,01	0,01	1,10E+04	0,3	10	25	0

Tabel 4.3 Parameter Perkerasan

Jenis Material	Model	Type	γ_{Unsat}	γ_{sat}	k_x (m/day)	k_y (m/day)	E_{ref} (kN/m ²)	ν	C_{ref} (Cu)	$\emptyset$	ψ
Agregat Class A 90%	MC	Drained	20,000	21,000	1,000	1,000	5,00E+04	0,200	1,000	35,000	0
Agregat Class B 90%	MC	Drained	18,000	20,000	0,806	0,806	3,50E+04	0,200	5,000	30,000	0
Concrete	LE	Non-porous	23,000	23,000	0	0	2,57E+07	0,150	-	-	-
Lean Concrete PBTR	LE	Non-porous	23,000	23,000	0	0	2,57E+06	0,150	-	-	-

4.2.3 Parameter Tiang Pancang

Tabel 4.4 Parameter Tiang Pancang

Jenis Material	Model	Type	γ_{Unsat}	γ_{sat}	k_x (m/day)	k_y (m/day)	E_{ref} (kN/m ²)	ν	C_{ref} (Cu)	$\emptyset$	ψ	EA	EI	d	ω
Tiang Pancang	Elastic	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	-	2675286,90	20064,65	0,3	2,16

4.2.4 Parameter LTP dan Geosintetik

LTP menggunakan material sirtu diselimuti bahan penguat geosintetik berkekuatan tinggi dengan geotekstil jenis non-woven kuat tarik 50 kPa yang mengacu dalam jurnal Pratama, A. W. Y, dkk. 2019 dipublikasi 23rd Annual National Conference on Geotechnical Engineering, 2019 “Studi Kasus Soil Treatment Minipile dengan Platform Sebagai Zona Transisi Vacuum Consolidation Method dengan Area Box Jalan pada Jalan Tol Pemalang Batang”.

Tabel 4.5 Parameter Geosintetik

Jenis Material	Model	Type	γ_{Unsat}	γ_{sat}	k_x (m/day)	k_y (m/day)	E_{ref} (kN/m ²)	ν	C_{ref} (Cu)	ϕ	ψ	EA	EI	d	ω
Geogrid	Elastic	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-
LTP	MC	drained	17	18	0,1	0,1	4,800E+04	0,3	2	35	-	-	-	-	-

4.3 Pembebanan

Untuk pembebanan lalu lintas menggunakan SNI 8460:2017 “persyaratan perancangan geoteknik” dengan menggunakan kelas jalan I dengan beban lalu lintas 15 kN/m (Nasional, B. S, 2017).

Tabel 4.6 Beban Lalu Lintas

Kelas Jalan	Beban lalu lintas (kPa)	Beban di luar jalan ^(*) (kPa)
I	15	10
II	12	10
III	12	10

Keterangan: ^(*) Beban dari bangunan rumah-rumah sekitar lereng

(Sumber: SNI 8460:2017)

4.4 Tahap Perhitungan

Table 4.7 Tahap Perhitungan

Identification	Phase No.	Start From	Calculation	Loading Input	Time
Initial Phase	0	0	N/A	N/A	0.00 day
Lantai Kerja 0,5 m	1	0	Plastic Analysis	Staged Construction	4.00 day
Tiang	2	1	Plastic Analysis	Staged Construction	28.00 day
Sirtu 0,5 m	3	2	Plastic Analysis	Staged Construction	4.00 day
Sirtu 1 m	4	3	Plastic Analysis	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 0,5 m	5	4	Plastic Analysis	Staged Construction	4.00 day
Masa Tunggu 14 Hari	6	5	Consolidation Analysis	Staged Construction	14.00 day
Timbunan 1 m	7	6	Plastic Analysis	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 1 m	8	7	Plastic Analysis	Staged Construction	7.00 day
Masa Tunggu 14 Hari	9	8	Consolidation Analysis	Staged Construction	14.00 day
Timbunan 1 m	10	9	Plastic Analysis	Staged Construction	7.00 day
Timbunan 0,5 m	11	10	Plastic Analysis	Staged Construction	4.00 day
Masa Tunggu 20 Hari	12	11	Consolidation Analysis	Staged Construction	20.00 day
Preloading 1 m	13	12	Consolidation Analysis	Staged Construction	7.00 day
Preloading 1 m	14	13	Consolidation Analysis	Staged Construction	7.00 day
Masa Tunggu 45 Hari	15	14	Consolidation Analysis	Staged Construction	45.00 day
Unloading Preloading	16	15	Consolidation Analysis	Staged Construction	7.00 day
Beban Perkerasan	17	16	Plastic Analysis	Staged Construction	28.00 day
Beban Lalu Lintas	18	17	Plastic Analysis	Staged Construction	1.00 day
Konsolidasi 1 Tahun	19	18	Consolidation Analysis	Staged Construction	365.00 day
Konsolidasi 3 Tahun	20	19	Consolidation	Staged Construction	730.00 day

			Analysis		
Konsolidasi 10 Tahun	21	20	Consolidation Analysis	Staged Construction	2555.00 day
Konsolidasi 50 Tahun	22	21	Consolidation Analysis	Staged Construction	14600.00 day
SF Lantai Kerja 0.5 m	23	1	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Tiang	24	2	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Sirtu 0,5 m	25	3	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Sirtu 1 m	26	4	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Timbunan 0.5 m	27	5	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Masa Tunggu 14 Hari	28	6	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Timbunan 1 m	29	7	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Timbunan 1 m	30	8	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Masa Tunggu 14 Hari	31	9	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Timbunan 1 m	32	10	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Timbunan 0.5 m	33	11	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Masa Tunggu 20 Hari	34	12	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Preloading 1 m	35	13	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Preloading 1 m	36	14	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Masa Tunggu 45 Hari	37	15	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Unloading Preloading	38	16	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Beban Perkerasan	39	17	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Beban Lalu Lintas	40	18	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Konsolidasi 1	41	19	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Konsolidasi 3	42	20	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Konsolidasi 10	43	21	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day
SF Konsolidasi 50	44	22	Phi/C Reduction	Incremental Multipliers	0.00 day

Berikut tahapan perhitungan yang ada pada kalkulasi program *Plaxis v8.6*.

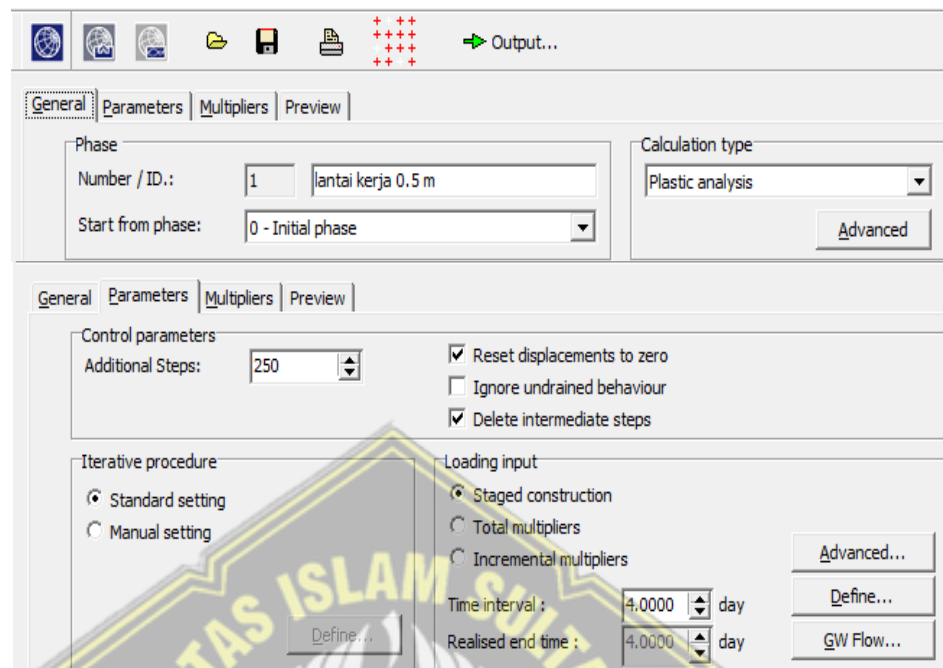
1. *Initial Phase*

Merupakan *default* dari Program *Plaxis v.8.6* (fase awal)

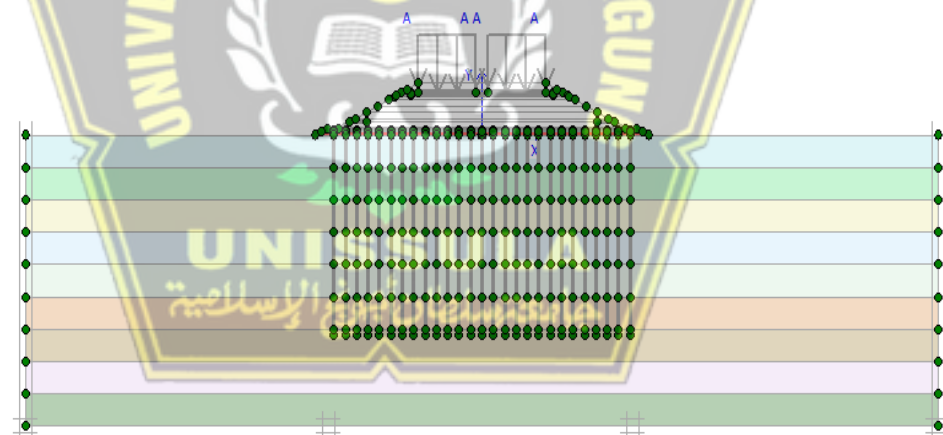
2. Lantai Kerja 0.5 m

Instal tiang dengan ketebalan 0.5 m selama 4 hari, yaitu dengan langkah membuat judul lantai kerja 0.5 m pada *tab General* dengan *Phase, Start from phase* pilih *initial phase*, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 4 hari. Setelah itu klik *Define* dan

tiang pancang diaktifkan dengan cara meng-klik permodelan lantai kerja. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3 : *Input Phase Lantai Kerja 0.5 m Pada Tab General dan Parameters*

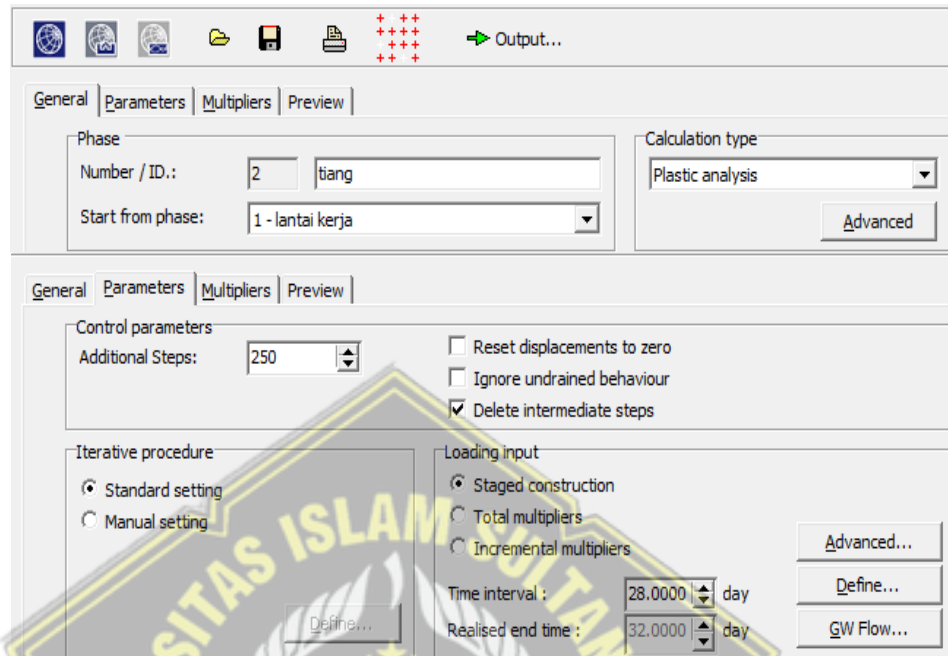


Gambar 4.4 : *Define Phase Lantai Kerja 0.5*

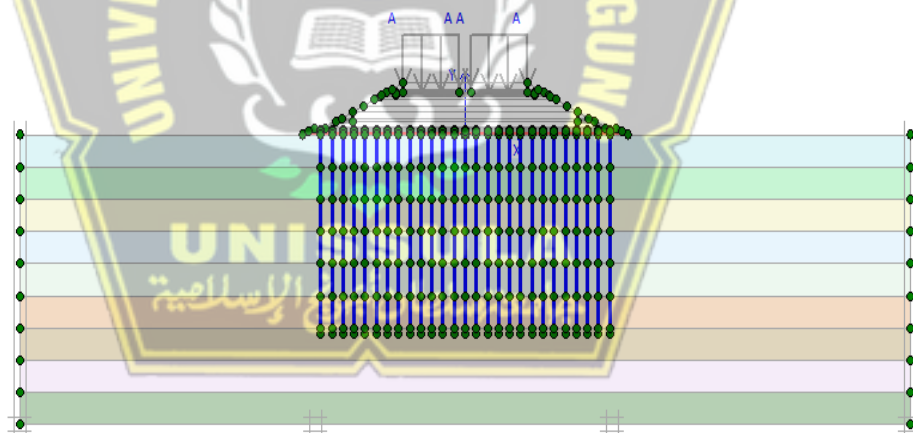
3. Tiang Pancang

Instal tiang dengan kedalaman 30 m untuk permodelan *end bearing pile* dan 10 m untuk permodelan *friction pile* dengan variasi jarak 1.5 m, 1.75 m dan 2 m selama 14 hari, yaitu dengan langkah membuat judul tiang pada *tab General* dengan *Phase*, *Start from phase* pilih *initial phase*, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval 28*

hari. Setelah itu klik *Define* dan tiang pancang diaktifkan dengan cara meng-klik permodelan tiang pancang. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5 : *Input Phase Tiang Pada Tab General dan Parameters*

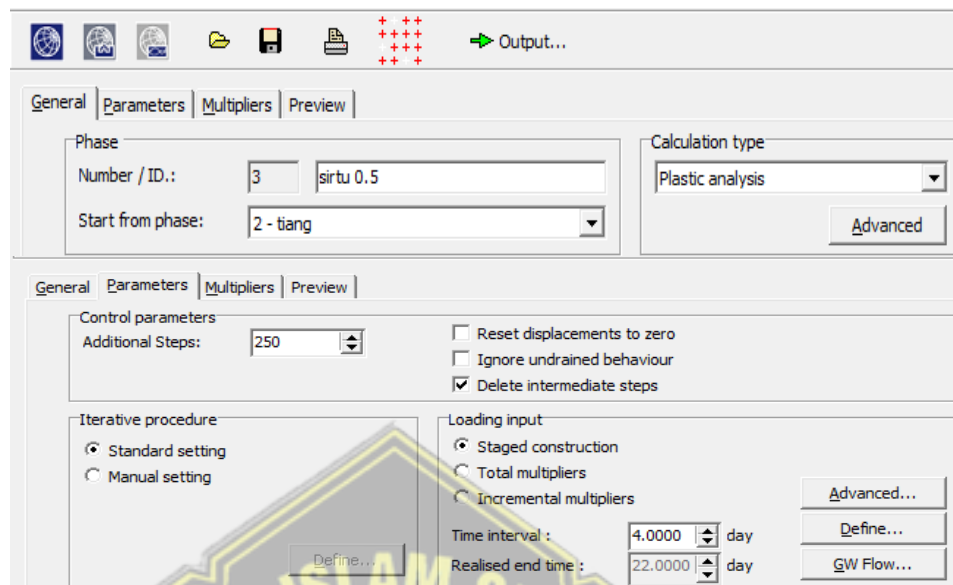


Gambar 4.6 : *Define Phase Tiang*

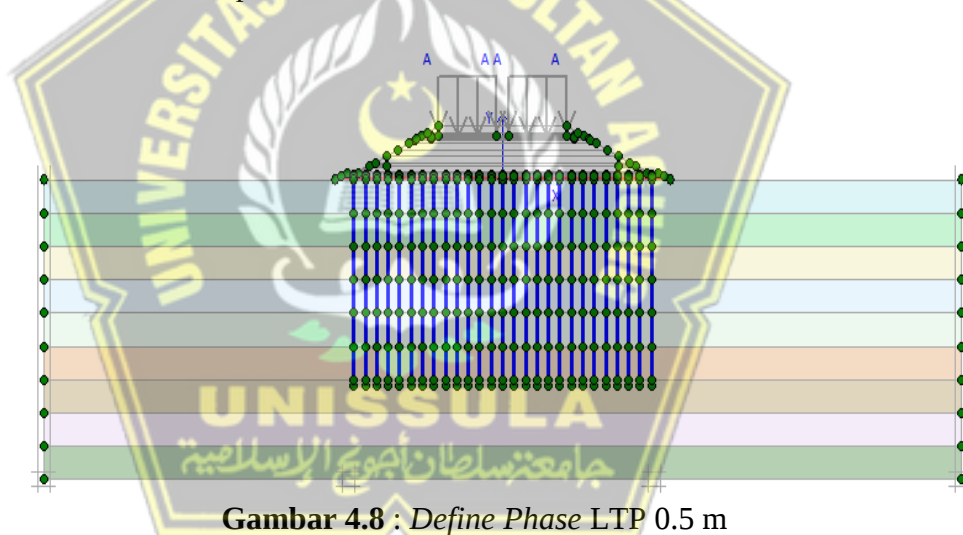
4. LTP 0.5 m

Tahapan timbunan LTP (*load transfer platform*) dan geosintetik selama 4 hari yaitu dengan langkah membuat judul LTP 0.5 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih *Tiang*, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval 4 hari*. Setelah itu klik

Define dan aktifkan LTP 0.5 m dengan cara meng-klik permodelan LTP 0.5 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan 4.8.



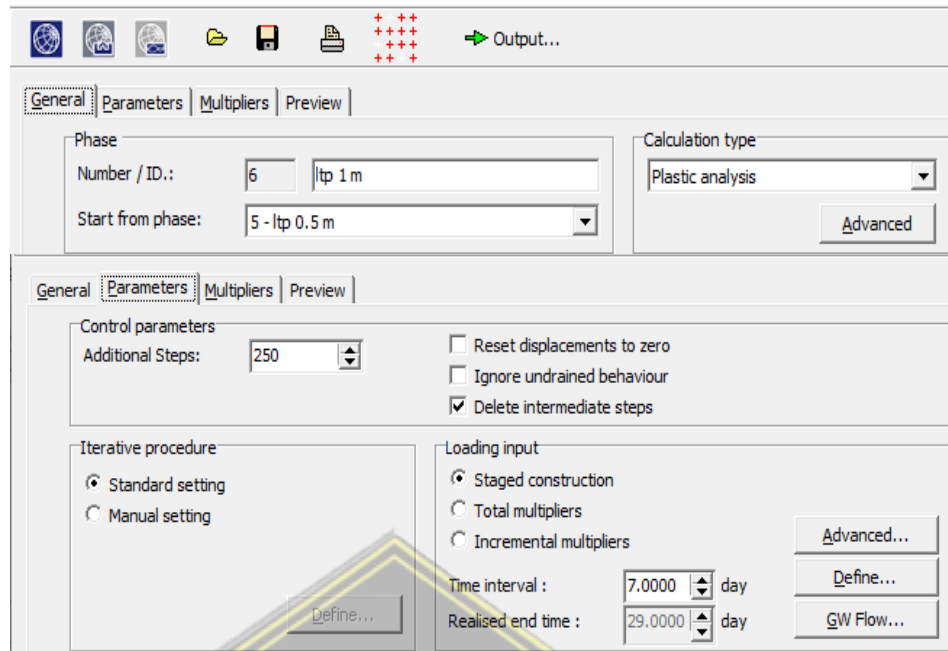
Gambar 4.7 : *Input Phase LTP 0.5 m Pada Tab General dan Parameters*



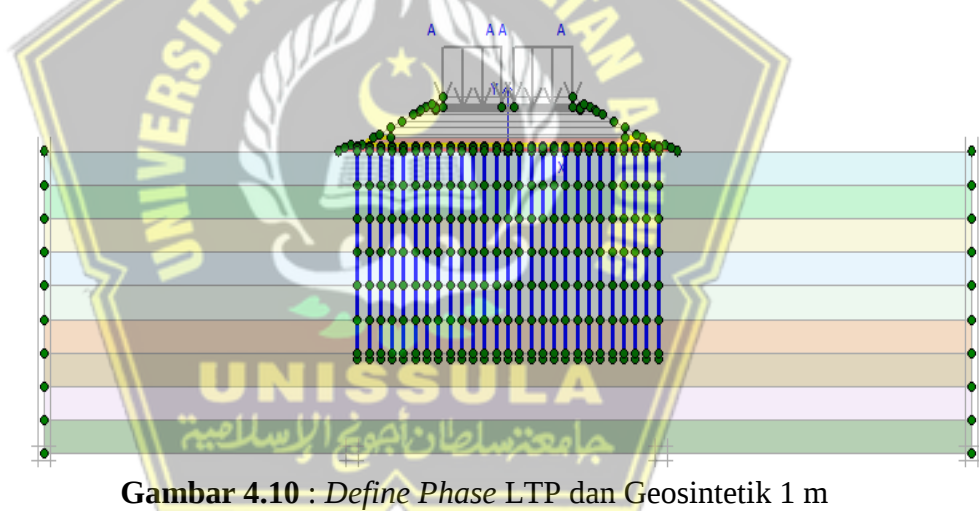
Gambar 4.8 : *Define Phase LTP 0.5 m*

5. LTP dan Geosintetik 1 m

Tahapan timbunan LTP (*load transfer flatform*) dan geosintetik selama 7 hari yaitu dengan langkah membuat judul LTP dan Geosintetik 1 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih LTP 0.5 m, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 7 hari. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan LTP dan Geosintetik 1 m dengan cara meng-klik permodelan LTP dan Geosintetik 1 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.9 dan 4.10.



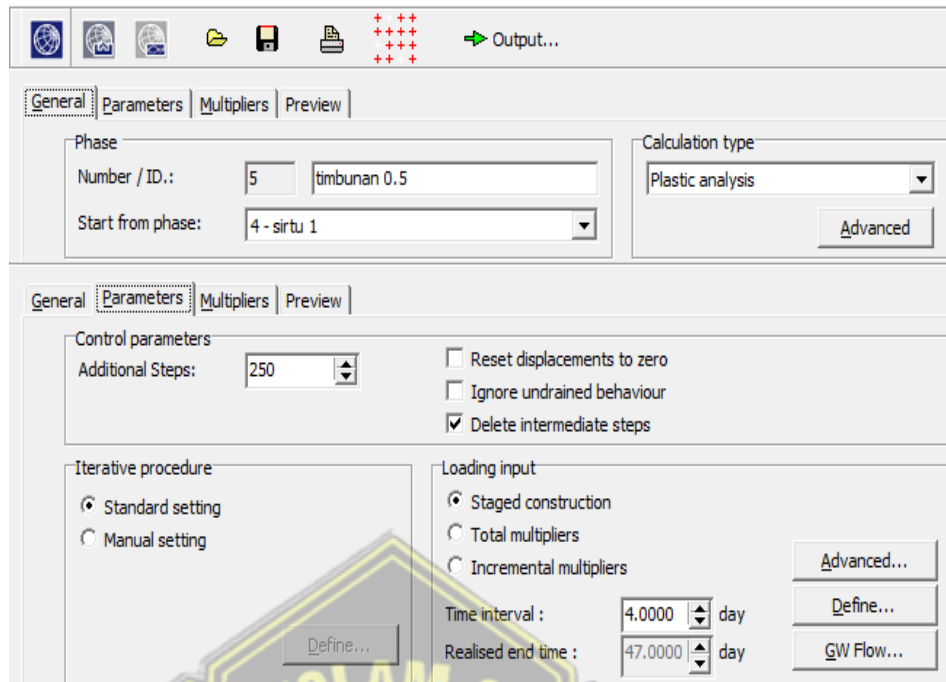
Gambar 4.9 : Input Phase LTP dan Geosintetik 1 m Pada Tab General dan Parameters



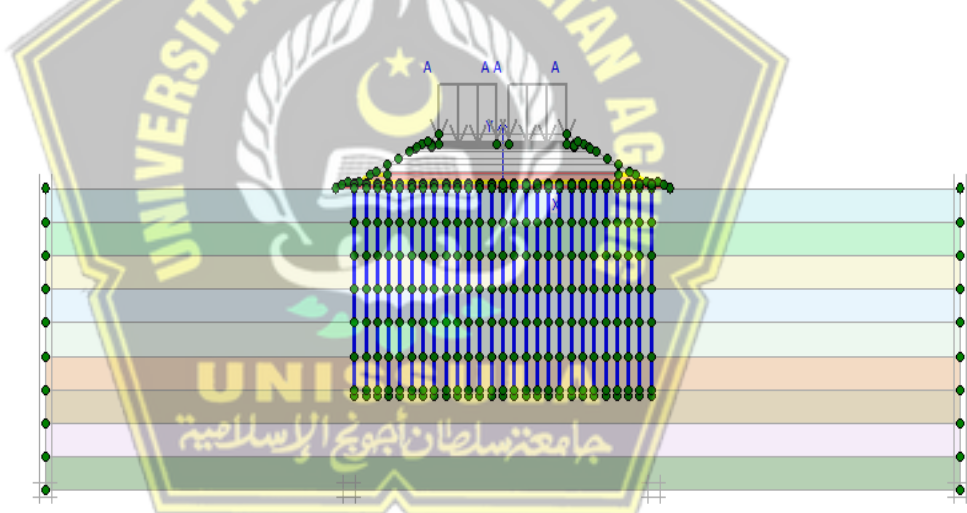
Gambar 4.10 : Define Phase LTP dan Geosintetik 1 m

6. Timbunan 0.5 m

Tahapan Timbunan 0.5 m selama 4 hari yaitu dengan langkah membuat judul timbunan 0.5 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih timbunan sirtu 1 m, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 4 hari. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan Timbunan 0.5 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan 0.5 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.11 : *Input Phase Timbunan 0.5 m Pada Tab General dan Parameters*



Gambar 4.12 : *Define Phase Timbunan 0.5 m*

7. Masa Tunggu 14 Hari

Tahapan masa tunggu 14 hari selama 14 hari yaitu dengan langkah membuat judul Masa Tunggu 14 Hari pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih timbunan 0.5 m, dengan *Calculation type (consolidation)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 14 hari. Setelah itu klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.13.

General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
Number / ID.: 6 masa tunggu 14
Start from phase: 5 - timbunan 0.5

Calculation type
Consolidation analysis

Advanced

General | Parameters | Multipliers | Preview

Control parameters
Additional Steps: 250

Iterative procedure
Standard setting
Manual setting

Loading input
Staged construction
Minimum pore pressure [P-stop]: 1.0000 kN/m²
Incremental multiplier

Time interval: 14.0000 day
Realised end time: 43.0000 day

Define... GW Flow...

Gambar 4.13 : *Input Phase Masa Tunggu 14 Hari Pada Tab General dan Parameters*

8. Timbunan 1 m

Tahapan timbunan 1 m selama 7 hari yaitu dengan langkah membuat judul Timbunan 1 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Masa Tunggu 14 Hari, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval 7 hari*. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan Timbunan 1 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan 1 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan 4.15.

General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
Number / ID.: 7 timbunan 1
Start from phase: 6 - masa tunggu 14

Calculation type
Plastic analysis

Advanced

General | Parameters | Multipliers | Preview

Control parameters
Additional Steps: 250

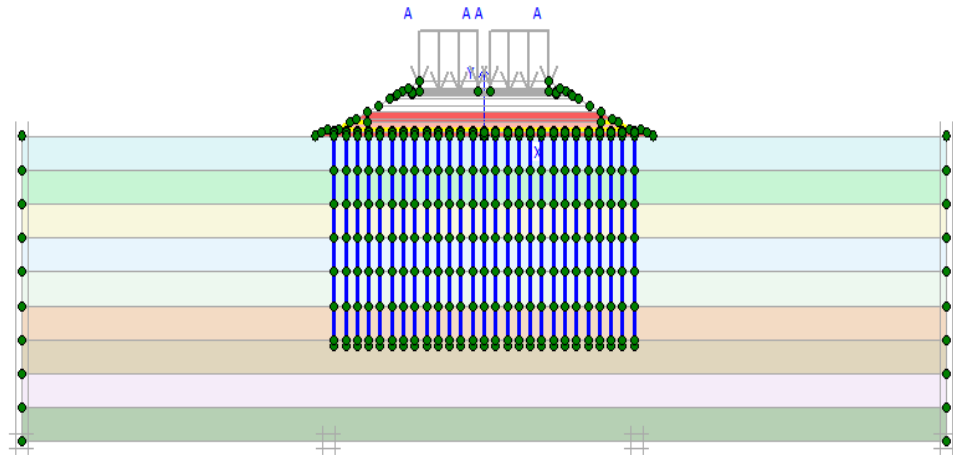
Iterative procedure
Standard setting
Manual setting

Loading input
Staged construction
Total multipliers
Incremental multipliers

Time interval: 7.0000 day
Realised end time: 50.0000 day

Define... GW Flow...

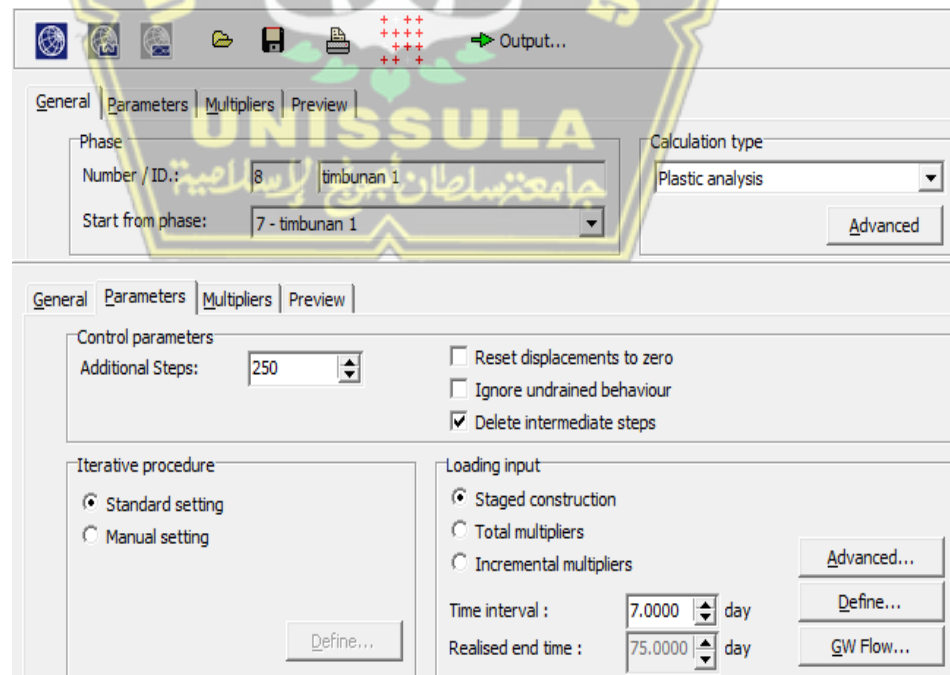
Gambar 4.14 : *Input Phase Timbunan 1 m Pada Tab General dan Parameters*



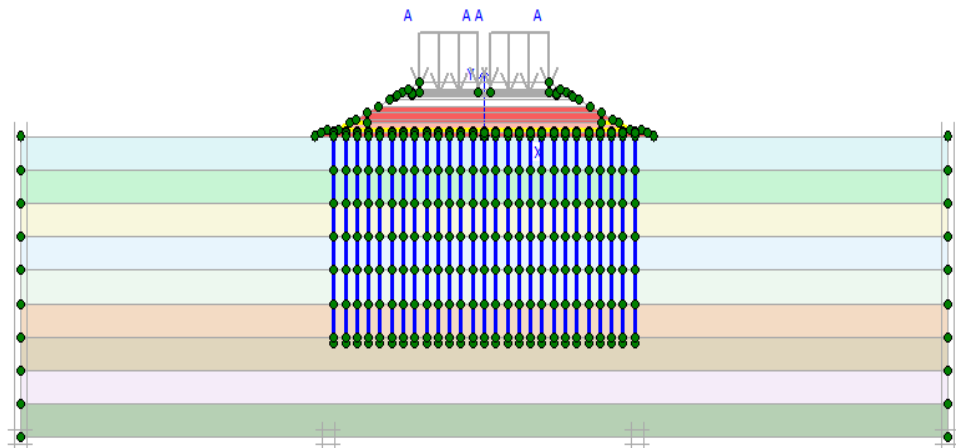
Gambar 4.15 : Define Phase Timbunan 1 m

9. Timbunan 1 m

Tahapan timbunan 1 m selama 7 hari yaitu dengan langkah membuat judul Timbunan 1 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Timbunan 1 m, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval 7 hari*. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan Timbunan 1 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan 1 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.16 dan 4.17.



Gambar 4.16 : Input Phase Timbunan 1 m Pada Tab General dan Parameters



Gambar 4.17 : Define Phase Timbunan 1 m

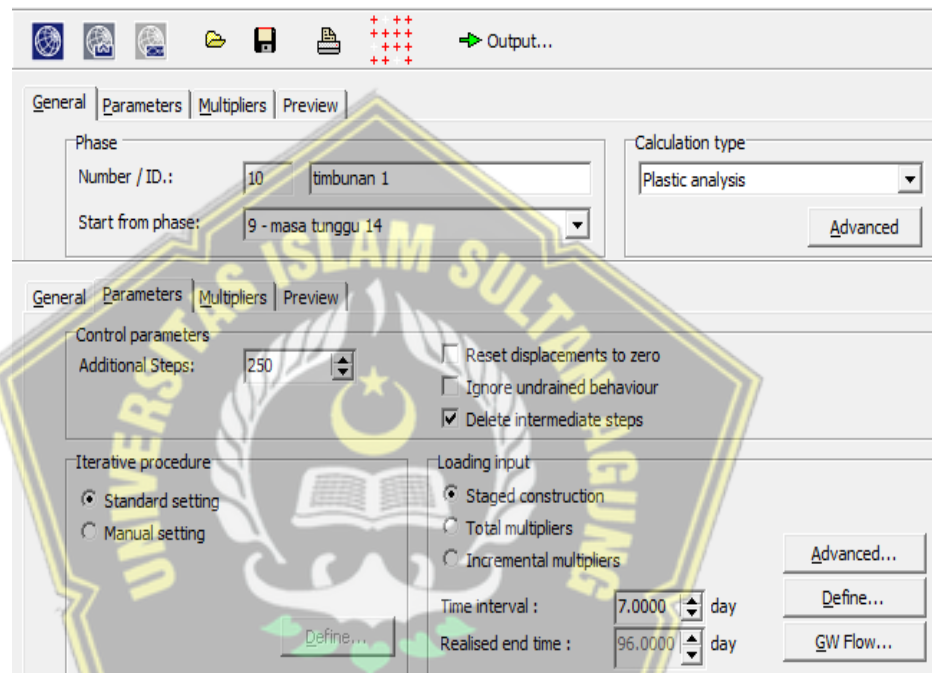
10. Masa Tunggu 14 Hari

Tahapan masa tunggu 14 hari selama 14 hari yaitu dengan langkah membuat judul Masa Tunggu 14 Hari pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Timbunan 1 m, dengan *Calculation type (consolidation)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval 14 hari*. Setelah itu klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.18.

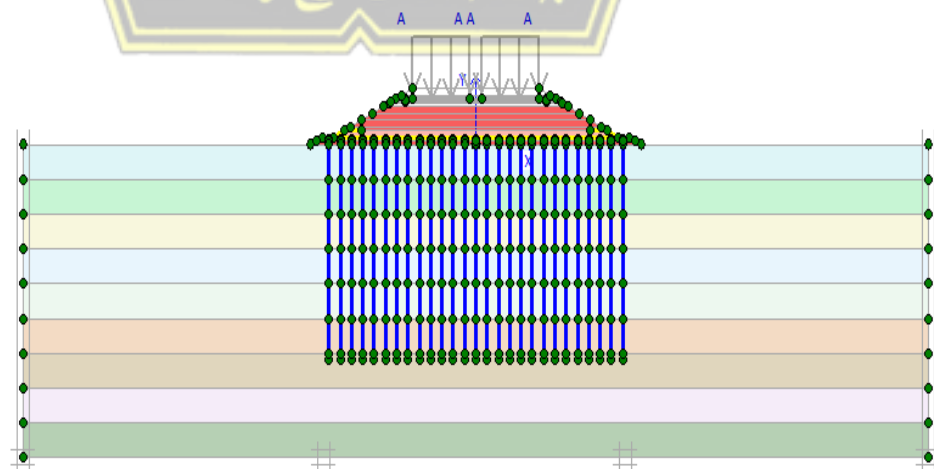
Gambar 4.18 : Input Phase Masa Tunggu 14 Hari Pada Tab General dan Parameters

11. Timbunan 1 m

Tahapan Timbunan 1 m selama 7 hari yaitu dengan langkah membuat judul timbunan 1 pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih masa tunggu 14 hari, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 7 hari. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan Timbunan 1 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan 1 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.19 dan 4.20.



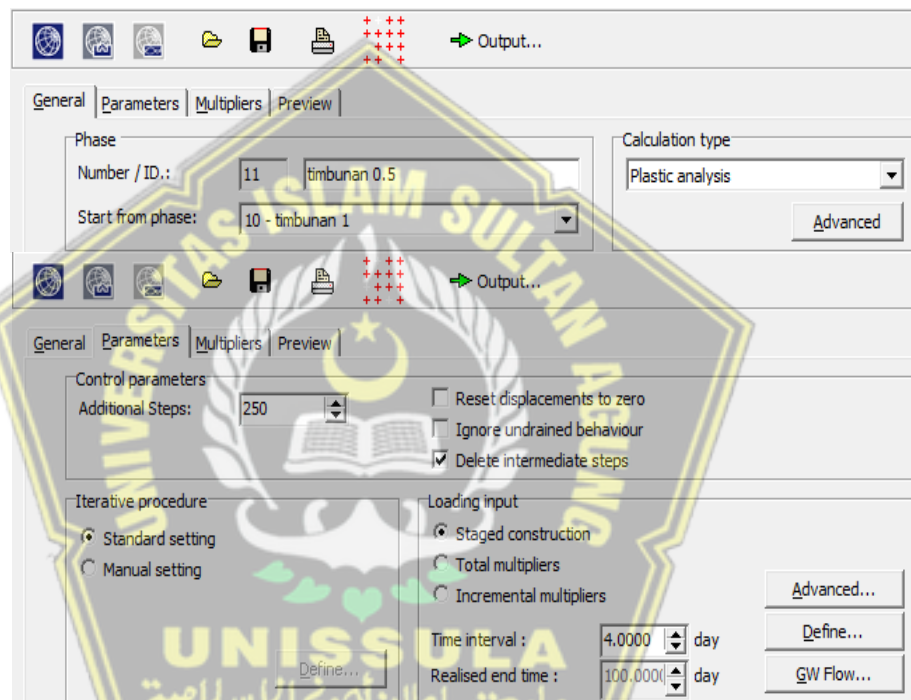
Gambar 4.19 : *Input Phase Timbunan 1 m Pada Tab General dan Parameters*



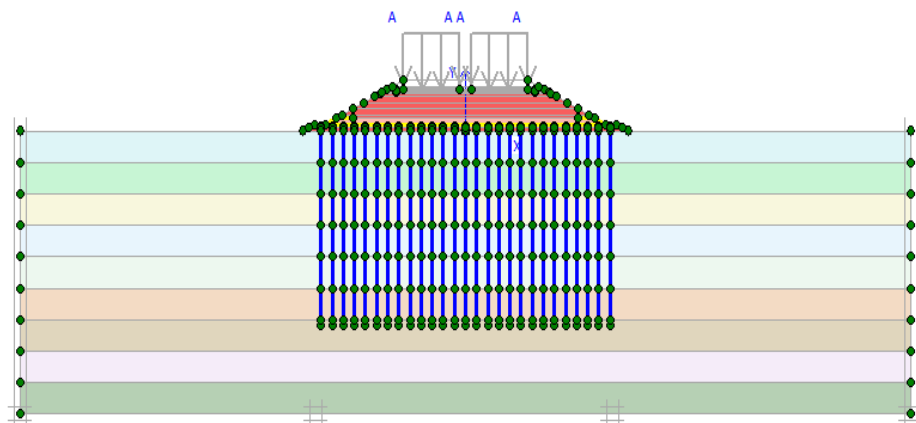
Gambar 4.20 : *Define Phase Timbunan 1 m*

12. Timbunan 0.5 m

Tahapan Timbunan 0.5 m selama 4 hari yaitu dengan langkah membuat judul Timbunan 0.5 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Timbunan 1 m, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 4 hari. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan Timbunan 0.5 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan 0.5 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.21 dan 4.22.



Gambar 4.21 : Input Phase Timbunan 0.5 m Pada Tab General dan Parameters



Gambar 4.22 : Define Phase Timbunan 0.5 m

13. Masa Tunggu 20 Hari

Tahapan masa tunggu 20 hari selama 20 hari yaitu dengan langkah membuat judul Masa Tunggu 14 Hari pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Timbunan 0.5 m, dengan *Calculation type (consolidation)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 20 hari. Setelah itu klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.23.

The screenshot displays the software's configuration window. The 'General' tab is active, showing 'Phase Number / ID.: 12' and 'masa tunggu 20'. The 'Start from phase' is set to '11 - timbunan 0.5'. The 'Calculation type' is 'Consolidation analysis'. The 'Parameters' tab is also visible, showing 'Control parameters' with 'Additional Steps: 250' and 'Loading input' with 'Time interval: 20.0000 day' and 'Realised end time: 120.0000 day'.

Gambar 4.23 : Input Phase Masa Tunggu 20 Hari Pada Tab General dan Parameters

14. Timbunan Preloading 1 m

Tahapan Timbunan Preloading 1 m selama 7 hari yaitu dengan langkah membuat judul Timbunan Preloading 1 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Masa Tunggu 20 Hari, dengan *Calculation type (consolidation)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 7 hari. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan Timbunan Preloading 1 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan Preloading 1 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.24 dan 4.25.

General Parameters Multipliers Preview

Phase
Number / ID.: 13 preloading
Start from phase: 12 - masa tunggu 20

Calculation type
Consolidation analysis

Advanced

General Parameters Multipliers Preview

Control parameters
Additional Steps: 250

Reset displacements to zero
Ignore undrained behaviour
Delete intermediate steps

Iterative procedure
Standard setting
Manual setting

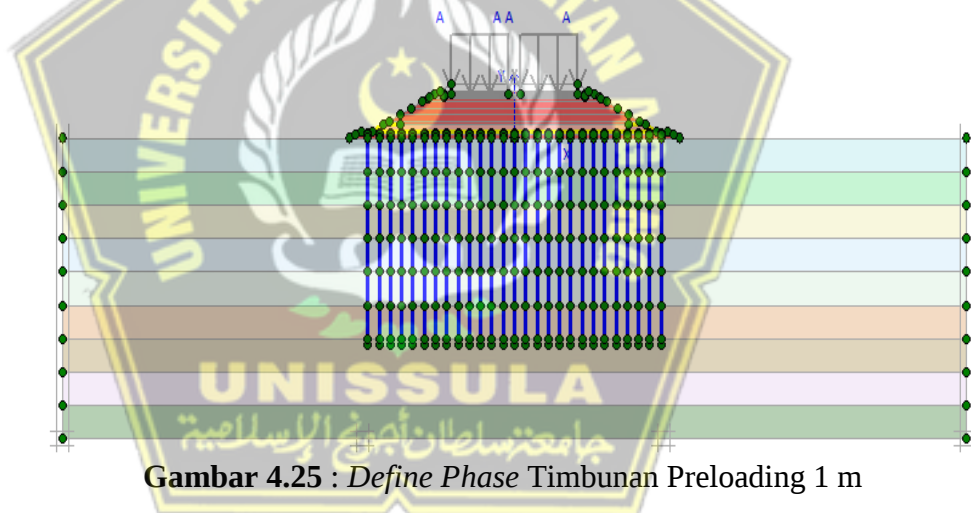
Loading input
Staged construction
Minimum pore pressure
Incremental multiplier

P-stop: 1.0000 kN/m²

Time interval: 7.0000 day
Realised end time: 127.0000 day

Define...
GW Flow...

Gambar 4.24 : Input Phase Timbunan Preloading 1 m Pada Tab General dan Parameters



Gambar 4.25 : Define Phase Timbunan Preloading 1 m

15. Timbunan Preloading 1 m

Tahapan Timbunan Preloading 1 m selama 7 hari yaitu dengan langkah membuat judul Timbunan Preloading 1 m pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Timbunan Preloading 1 m, dengan *Calculation type (consolidation)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 7 hari. Setelah itu klik *Define* dan aktifkan Timbunan Preloading 1 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan Preloading 1 m. Kemudian klik *Update*, dapat dilihat pada Gambar 4.26 dan 4.27.

General Parameters Multipliers Preview

Phase
Number / ID.: 14 preloading
Start from phase: 13 - preloading

Calculation type
Consolidation analysis

Advanced

General Parameters Multipliers Preview

Control parameters
Additional Steps: 250

Reset displacements to zero
Ignore undrained behaviour
Delete intermediate steps

Iterative procedure
Standard setting
Manual setting

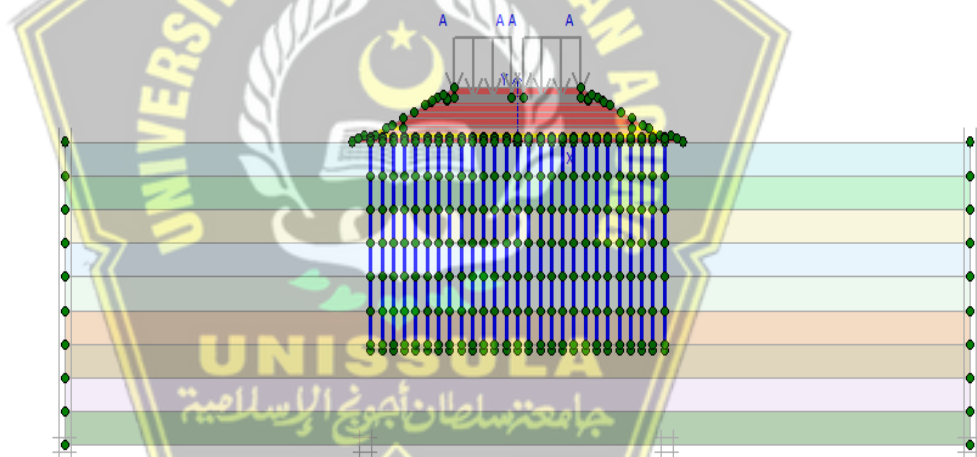
Loading input
Staged construction
Minimum pore pressure
Incremental multiplier

P-stop: 1.0000 kN/m²

Time interval: 7.0000 day
Realised end time: 134.0000 day

Define... GW Flow...

Gambar 4.26 : Input Phase Timbunan Preloading 1 m Pada Tab General dan Parameters



Gambar 4.27 : Define Phase Timbunan Preloading 1 m

16. Masa Tunggu 45 Hari

Tahapan masa tunggu 45 hari selama 14 hari yaitu dengan langkah membuat judul Masa Tunggu 45 Hari pada *tab General* selanjutnya pada *Start from phase* pilih Timbunan Preloading 1 m, dengan *Calculation type (consolidation)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 45 hari. Setelah itu klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.28.

General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
 Number / ID.: 15 masa tunggu 45
 Start from phase: 14 - preloading

Calculation type
 Consolidation analysis

Advanced

General | Parameters | Multipliers | Preview

Control parameters
 Additional Steps: 250

Reset displacements to zero
 Ignore undrained behaviour
 Delete intermediate steps

Iterative procedure
☒ Standard setting
☐ Manual setting

Loading input
☒ Staged construction
☐ Minimum pore pressure |P-stop| : 1.0000 kN/m²
☐ Incremental multiplier

Time interval : 45.0000 day Define...
 Realised end time : 179.0000 day GW Flow...

Gambar 4.28 : Input Phase Masa Tunggu 45 Hari Pada Tab General dan Parameters

17. Unloading Timbunan Preloading 2 m

Tahapan Unloading Timbunan Preloading 2 m selama 7 hari yaitu dengan langkah membuat judul Unloading Timbunan Preloading 2 m pada tab General selanjutnya pada Start from phase pilih Masa Tunggu 45 Hari, dengan Calculation type (consolidation), kemudian memasukan time interval pada tab Parameters – Loading input dengan Time interval 7 hari. Setelah itu klik Define dan non-aktifkan Unloading Timbunan Preloading 2 m dengan cara meng-klik permodelan Timbunan Preloading 2 m. Kemudian klik Update, dapat dilihat pada Gambar 4.29 dan 4.30.

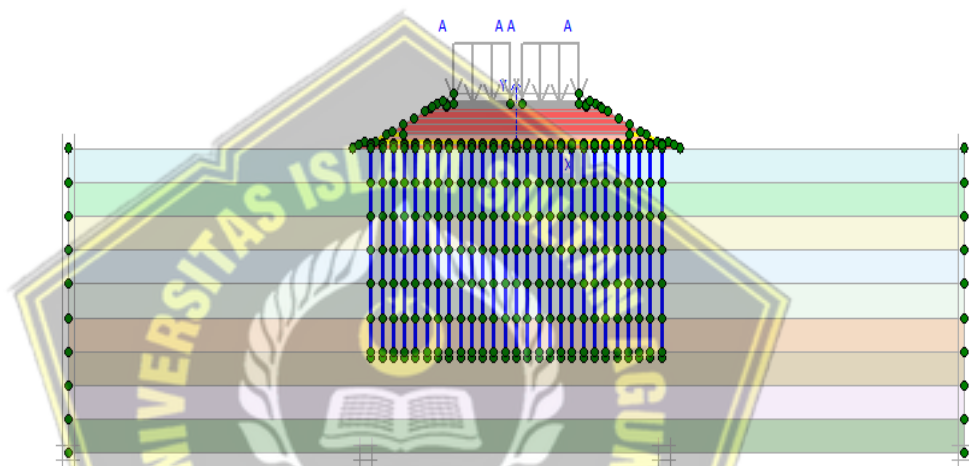
General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
 Number / ID.: 16 unloading
 Start from phase: 15 - masa tunggu 45

Calculation type
 Consolidation analysis

Advanced

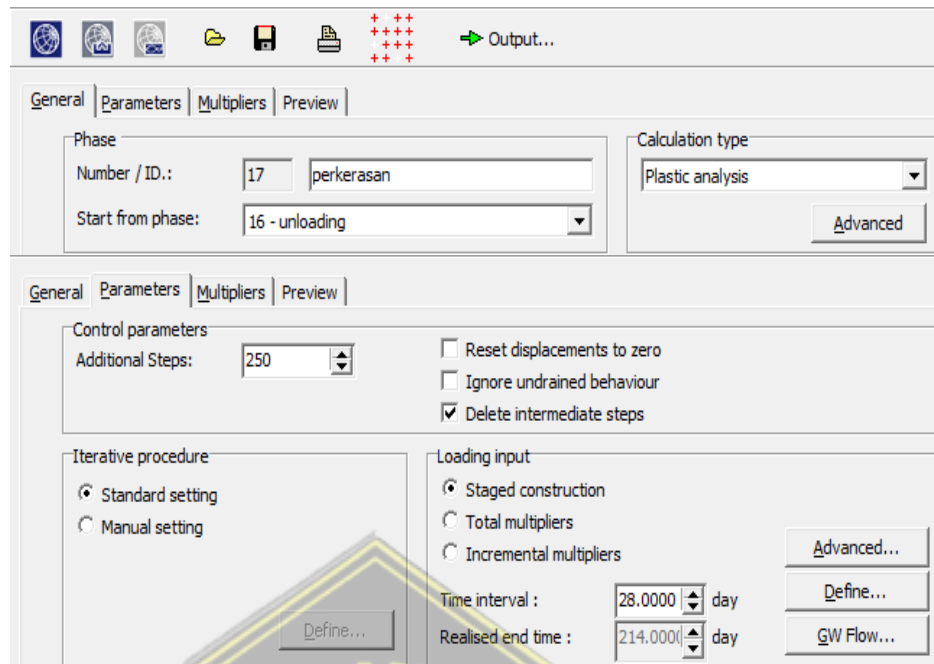
Gambar 4.29 : Input Phase Unloading Preloading Pada Tab General dan Parameters



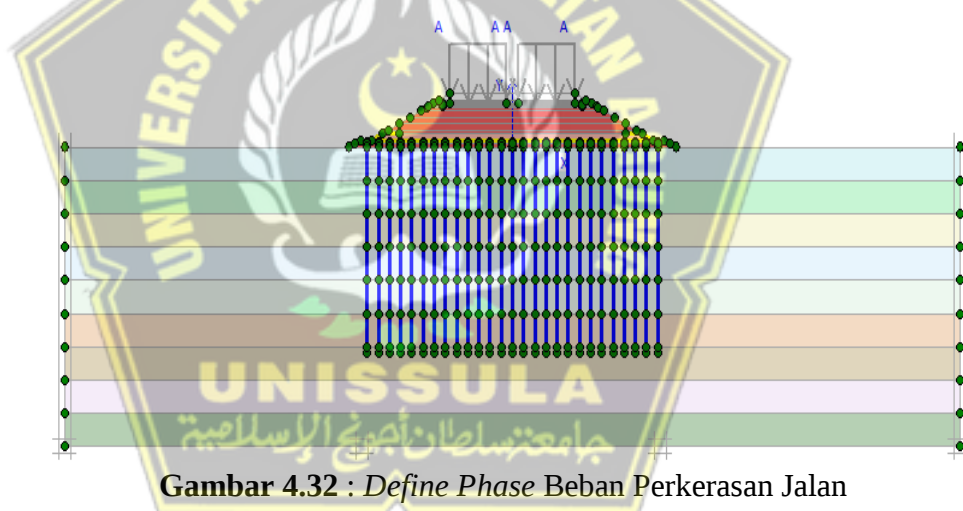
Gambar 4.30 : Define Phase Unloading Timbunan Preloading 2 m

18. Beban Perkerasan Jalan

Tahap beban perkerasan jalan dilakukan selama 28 hari, dengan langkah membuat judul install perkerasan jalan pada *tab General* selanjutnya pada *Phase*, *Start from phase* pilih Timbunan Unloading Preloading 2 m, dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian masukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 28 hari, kemudian klik *Define* dan aktifkan perkerasan jalan pada permodelan dengan cara meng-klik permodelan perkerasan jalan setelah itu klik *Update*, dapat dilihat selanjutnya klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.31 dan 4.32.



Gambar 4.31 : *Input Phase* Beban Perkerasan Jalan Pada *Tab General* dan *Parameters*

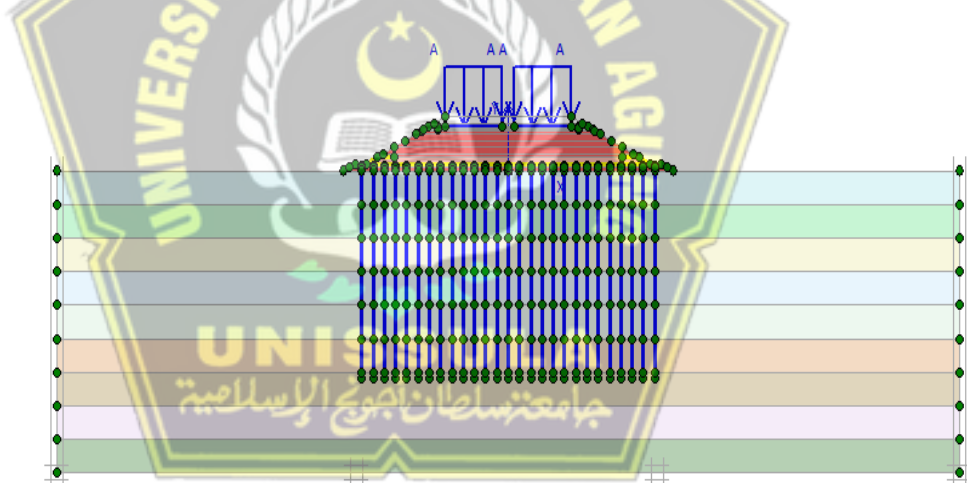


Gambar 4.32 : *Define Phase* Beban Perkerasan Jalan

19. Beban Lalu Lintas

Tahap Beban Lalu Lintas dilakukan selama 1 hari, dengan langkah membuat judul *phase* Beban Lalu Lintas pada *tab General* selanjutnya pada *Phase*, *Start from phase* pilih Beban Perkerasan Jalan dengan *Calculation type (plastic)*, kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters – Loading input* dengan *Time interval* 1 hari, kemudian klik *Define* dan aktifkan beban lalu lintas pada permodelan dengan cara meng-klik permodelan beban lalu lintas selanjutnya klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.33 dan 4.34.

Gambar 4.33 : *Input Phase Beban Lalu Lintas Pada Tab General dan Parameters*



Gambar 4.34 : *Define Phase Beban Lalu Lintas*

20. Konsolidasi 1 Tahun

Tahapan Konsolidasi 1 Tahun dengan langkah membuat judul Konsolidasi 1 Tahun pada *tab General* – Phase selanjutnya pada *Start from phase* pilih Beban Perkerasan Jalan, dengan *Calculation type* (*consolidation*), kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters* – *Loading input* dengan *Time interval* 365 hari, kemudian klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.35.

General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
Number / ID.: 19 konsol 1
Start from phase: 18 - lalin

Calculation type
Consolidation analysis

Advanced

General | Parameters | Multipliers | Preview

Control parameters
Additional Steps: 250

Reset displacements to zero
Ignore undrained behaviour
Delete intermediate steps

Iterative procedure
Standard setting
Manual setting

Define...

Loading input
Staged construction
Minimum pore pressure [P-stop]: 1.0000 kN/m²
Incremental multiplier

Time interval: 365.000 day Define...
Realised end time: 580.000 day GW Flow...

Gambar 4.35 : *Input Phase Konsolidasi 1 Tahun Pada Tab General dan Parameters*

21. Konsolidasi 3 Tahun

Tahapan konsolidasi 3 tahun dengan langkah membuat judul Konsolidasi 1 tahun pada *tab General* – Phase selanjutnya pada *Start from phase* pilih Konsolidasi 1 tahun, dengan *Calculation type* (*consolidation*), kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters* – *Loading input* dengan *Time interval* 730 hari, kemudian klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.36.

General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
Number / ID.: 20 konsol 3
Start from phase: 19 - konsol 1

Calculation type
Consolidation analysis

Advanced

General | Parameters | Multipliers | Preview

Control parameters
Additional Steps: 250

Reset displacements to zero
Ignore undrained behaviour
Delete intermediate steps

Iterative procedure
Standard setting
Manual setting

Define...

Loading input
Staged construction
Minimum pore pressure [P-stop]: 1.0000 kN/m²
Incremental multiplier

Time interval: 730.000 day Define...
Realised end time: 1310.000 day GW Flow...

Gambar 4.36 : *Input Phase Konsolidasi 3 Tahun Pada Tab General dan Parameters*

22. Konsolidasi 10 Tahun

Tahapan konsolidasi 10 tahun dengan langkah membuat judul Konsolidasi 10 tahun pada *tab General* – Phase selanjutnya pada *Start from phase* pilih Konsolidasi 3 Tahun, dengan *Calculation type* (*consolidation*), kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters* – *Loading input* dengan *Time interval* 2555 hari, kemudian klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.37.

General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
Number / ID.: 21 | konsol 10
Start from phase: 20 - konsol 3

Calculation type
Consolidation analysis

Advanced

General | Parameters | Multipliers | Preview

Control parameters
Additional Steps: 250

Iterative procedure
☒ Standard setting
☐ Manual setting

Loading input
☒ Staged construction
☐ Minimum pore pressure
☐ Incremental multiplier

P-stop: 1.0000 kN/m²

Time interval: 2555.00 day

Realised end time: 3865.00 day

Define... GW Flow... Advanced

Gambar 4.37 : Input Phase Konsolidasi 10 Tahun Pada Tab General dan Parameters

23. Konsolidasi 50 Tahun

Tahapan konsolidasi 50 tahun dengan langkah membuat judul Konsolidasi 50 tahun pada *tab General* – Phase selanjutnya pada *Start from phase* pilih Konsolidasi 10 tahun, dengan *Calculation type* (*consolidation*), kemudian memasukan *time interval* pada *tab Parameters* – *Loading input* dengan *Time interval* 14600 hari, kemudian klik *Next*, dapat dilihat pada Gambar 4.38.

General | Parameters | Multipliers | Preview

Phase
Number / ID.: 22 | konsol 50
Start from phase: 21 - konsol 10

Calculation type
Consolidation analysis

Advanced

General | Parameters | Multipliers | Preview

Gambar 4.38 : *Input Phase Konsolidasi 50 Tahun Pada Tab General dan Parameters*

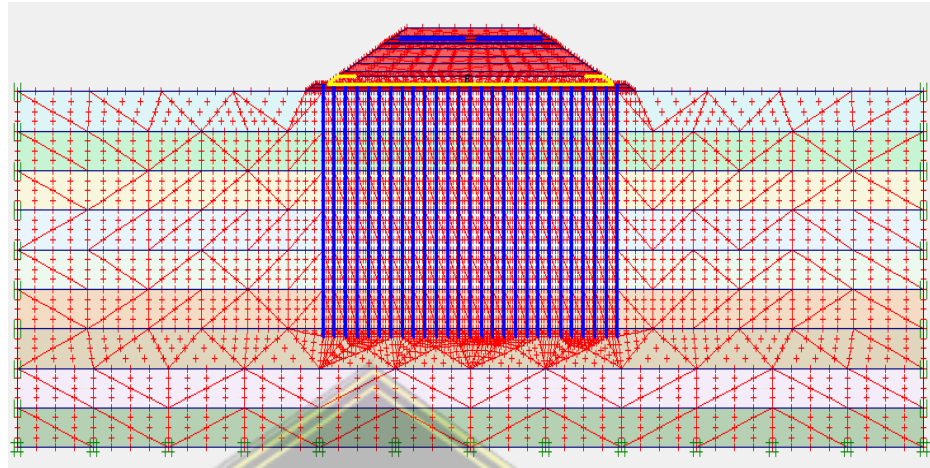
24. SF (Safety Factor)

Tahapan SF pada Lantai Kerja 0.5 m sampai Konsolidasi 50 tahun hampir sama dengan langkah sebelumnya yaitu membuat judul pada *tab General* selanjutnya pada *Phase*, *Start from phase* pilih *phase* sesuai dengan SF yang akan diperhitungkan dengan *Calculation type* (*phi/c reduction*), pada *tab Parameters – Loading input* pilih *incremental multiplier*, kemudian klik *Next* dapat dilihat pada Gambar 4.39.

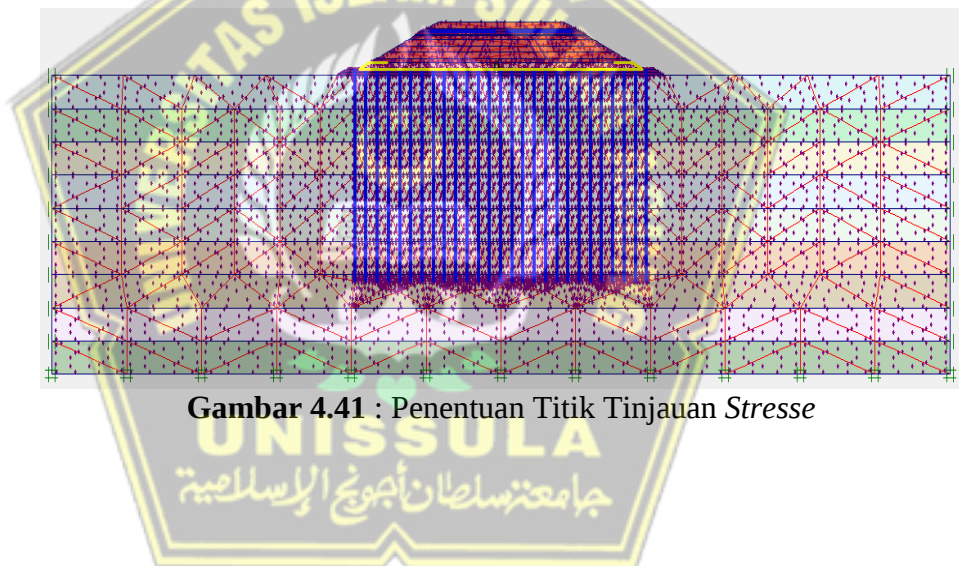
Gambar 4.39 : *Input Phase SF (Safety Factor) Pada Tab General dan Parameters*

25. Penentuan titik yang ditinjau untuk mengetahui curva hubungan antara penurunan dan waktu dengan cara klik dan kemudia klik area

yang akan ditinjau yaitu titik A terletak pada ujung tiang, B terletak titik B berada pada dasar *Load Transfer Flatform*. Kemudian klik *Update* dan *Calculate* , dapat dilihat pada Gambar 4.39 dan 4.40.



Gambar 4.40 : Penentuan Titik Tinjauan *Displacement*



Gambar 4.41 : Penentuan Titik Tinjauan *Stresse*

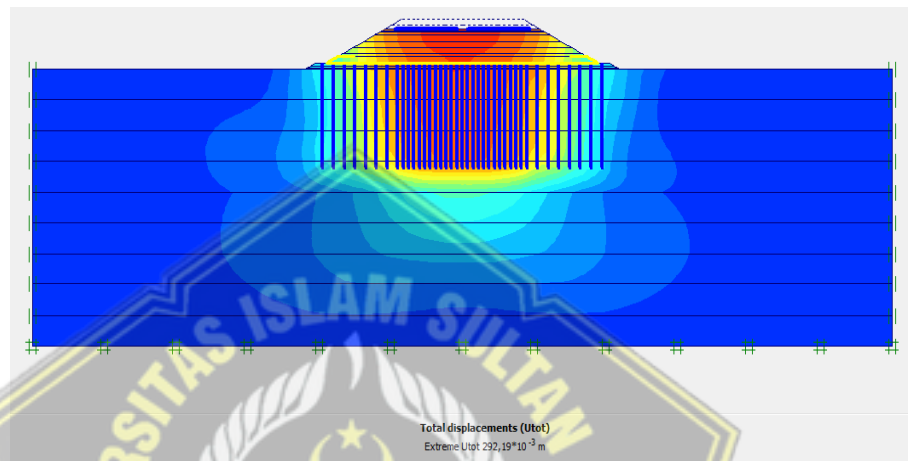
4.5 Hasil Perhitungan Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

4.5.1 Output Setelah Perkerasan Jalan Bekerja

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

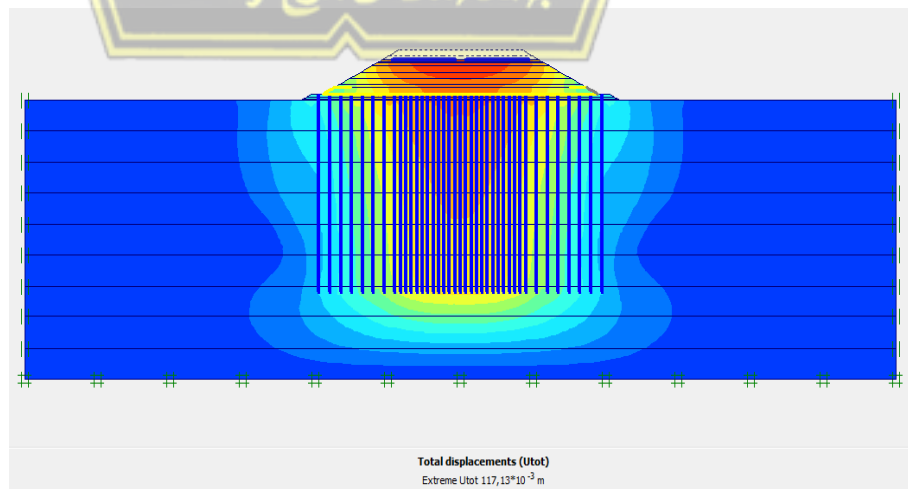
Pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan maka kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,219 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42 : *Displacement* Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah perkerasan jalan dilakukan maka kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,713 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.43.

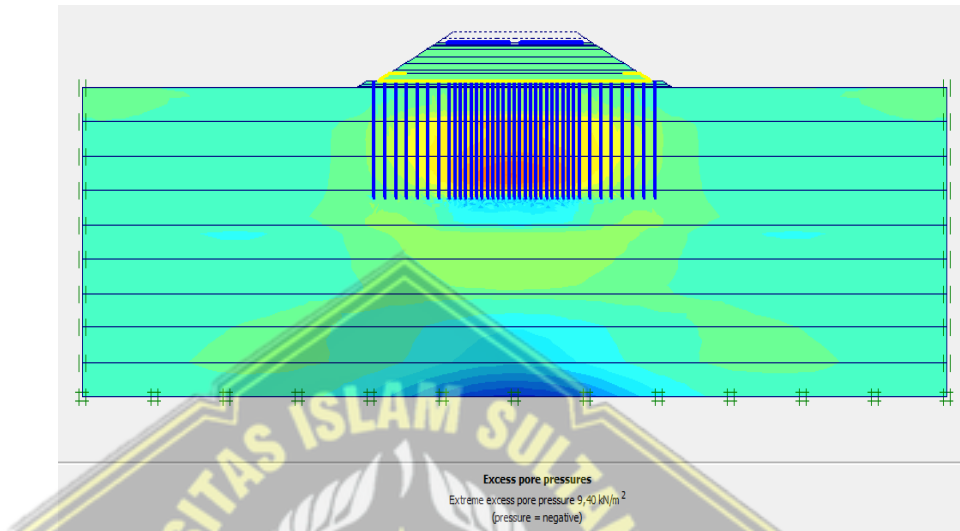


Gambar 4.43 : *Displacement* Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

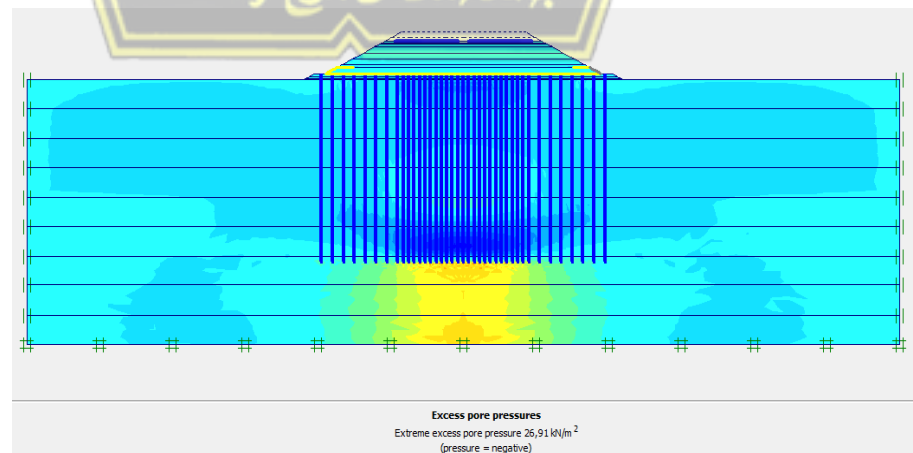
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $9,40 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.44.



Gambar 4.44 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Setelah perkerasan jalan dilakukan pada permodelan *end bearing pile* maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar $26,91 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.45.

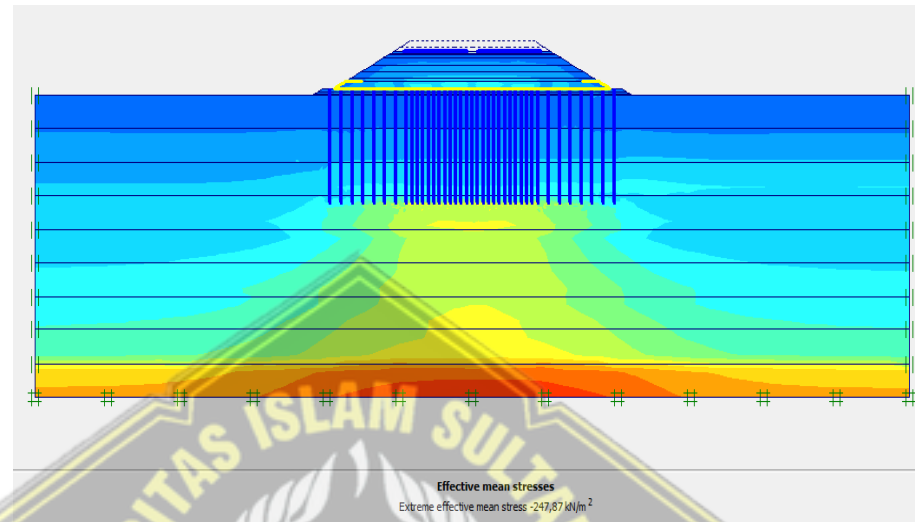


Gambar 4.45 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

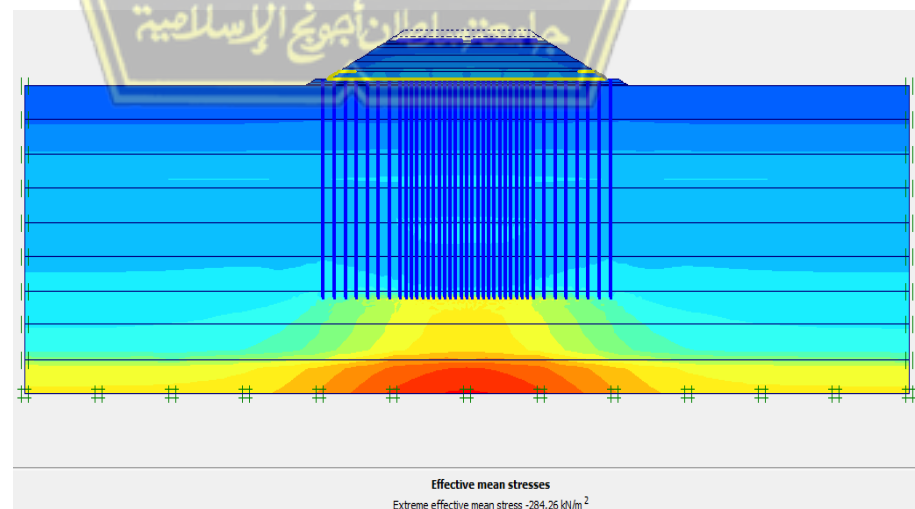
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $-247,87 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.46.



Gambar 4.46 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $-284,26 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.47.



Gambar 4.47 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor setelah perkerasan jalan pada permodelan *friction pile* dengan variasi jarak antar tiang adalah 2,2189, dapat dilihat pada Gambar 4.48.

Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2189

Gambar 4.48 : *Safety Factor* Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor setelah perkerasan jalan pada permodelan *end bearing pile* dengan variasi jarak antar tiang adalah 2,2920, dapat dilihat pada Gambar 4.49.

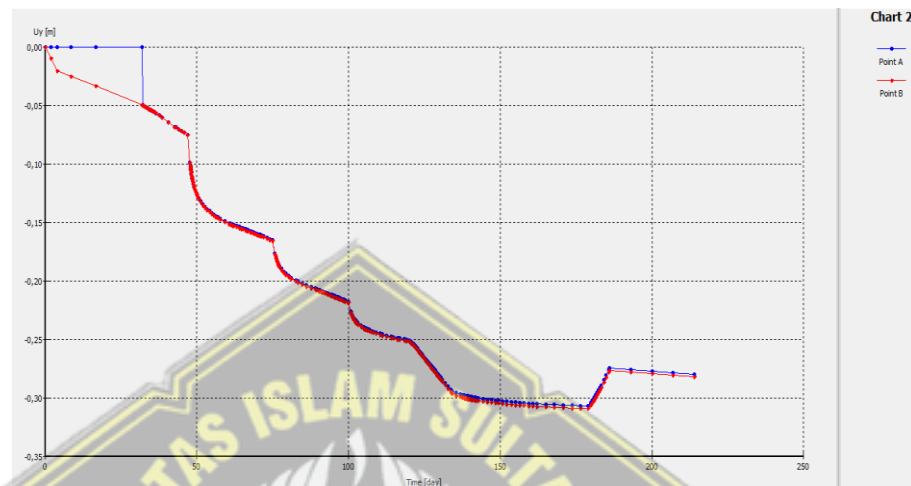
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2920

Gambar 4.49 : *Safety Factor* Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

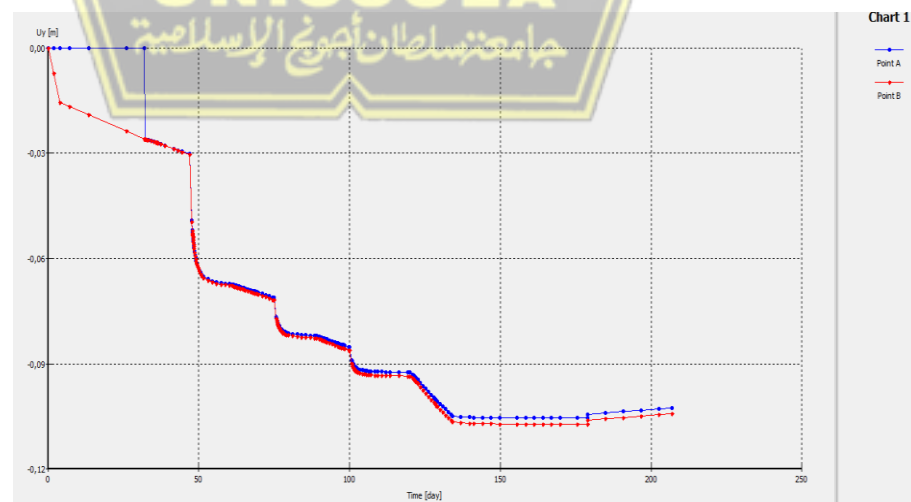
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah perkerasan jalan dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,9 m dan titik B sebesar -28,2 m, dapat dilihat pada Gambar 4.50.



Gambar 4.50: Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *End Bearing Pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah dilakukan yaitu pada titik A sebesar -10,3 cm dan titik B sebesar -10,4 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.51.



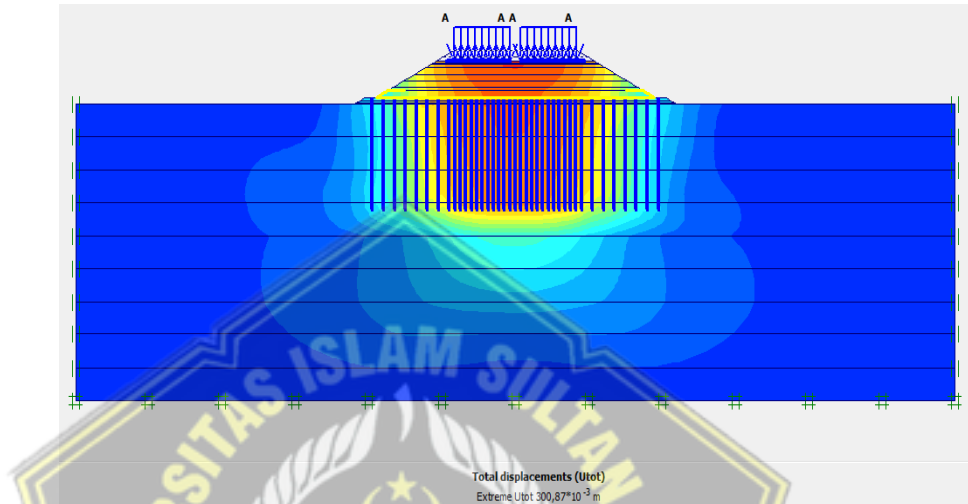
Gambar 4.51: Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1Meter

4.5.2 Output Setelah Beban Lalu Lintas Bekerja

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

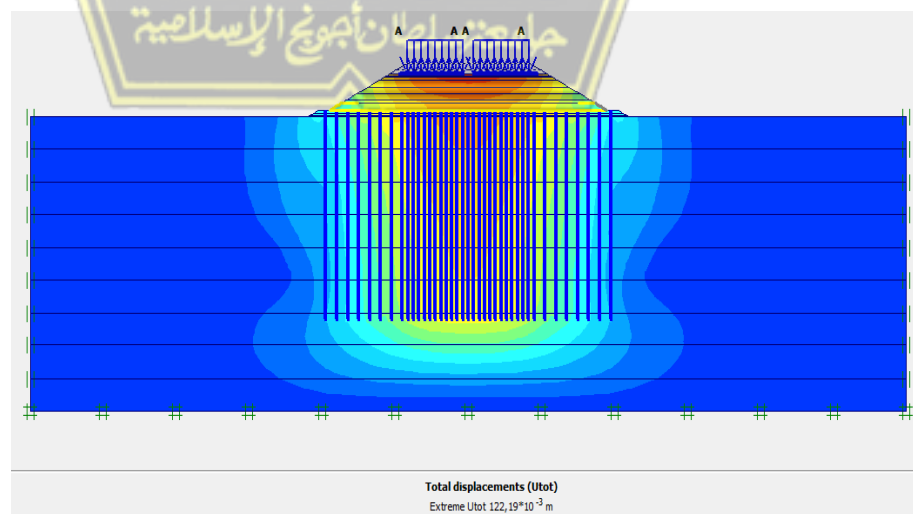
Pada permodelan *friction pile* setelah beban lalu lintas bekerja maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 30,087 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.52.



Gambar 4.52 : *Displacement* Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 12,219 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.53.

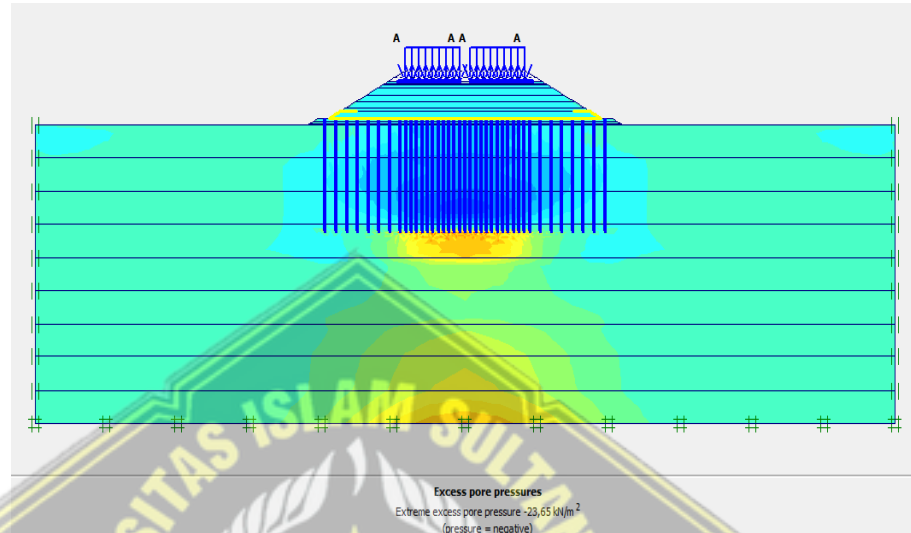


Gambar 4.53 : *Displacement* Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

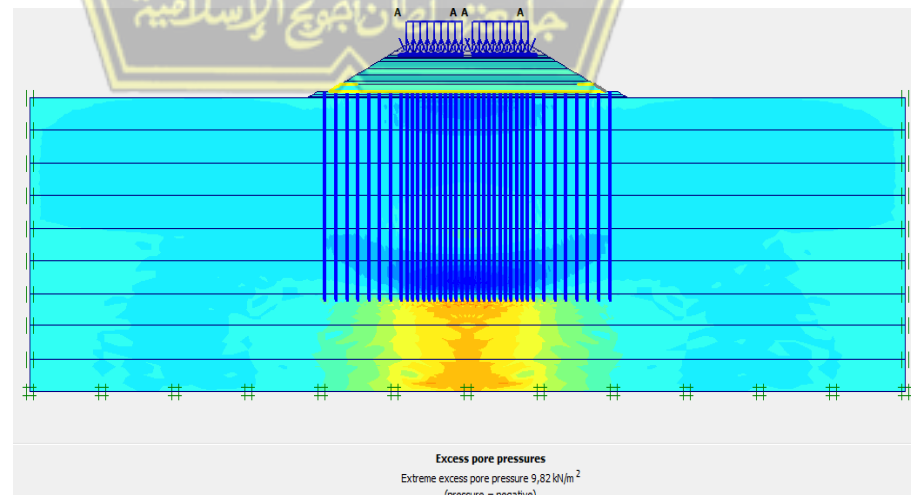
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *friction pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar - 23,65 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.54.



Gambar 4.54: Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar 9,82 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.55.

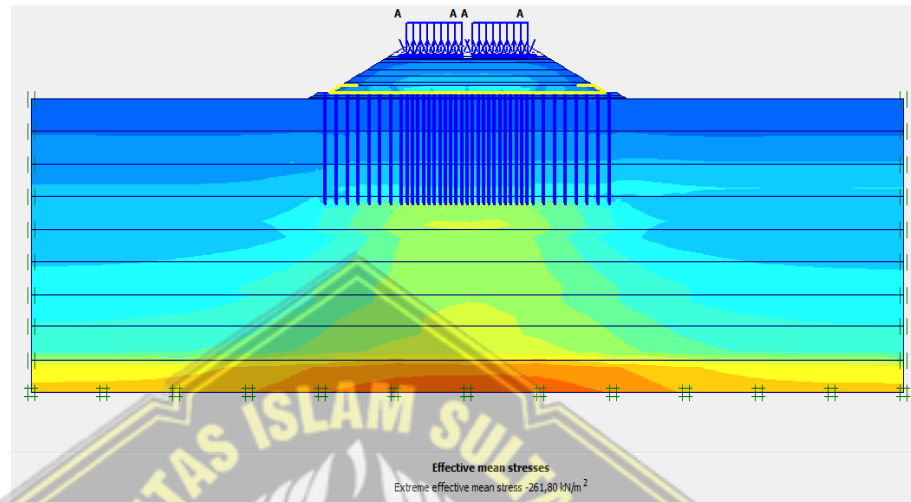


Gambar 4.55: Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

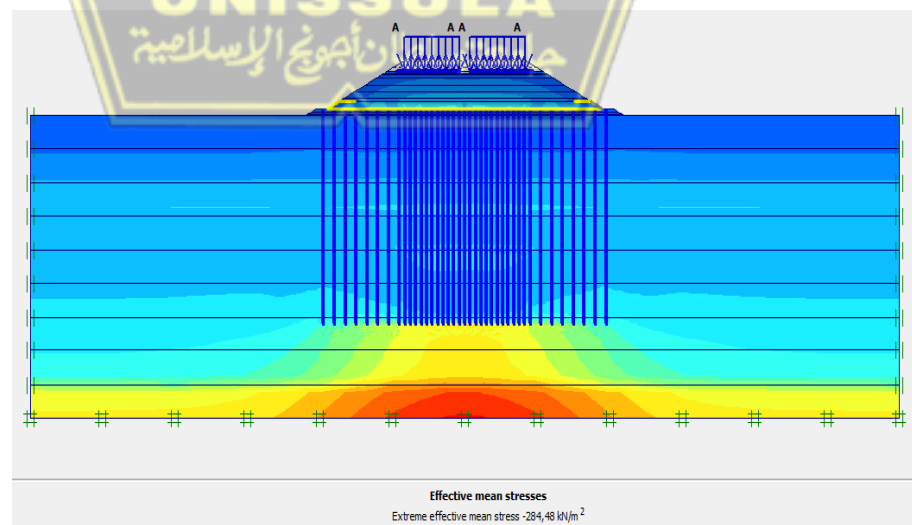
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *Friction Pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar $-261,80 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.56.



Gambar 4.56 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar $-284,48 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.57.

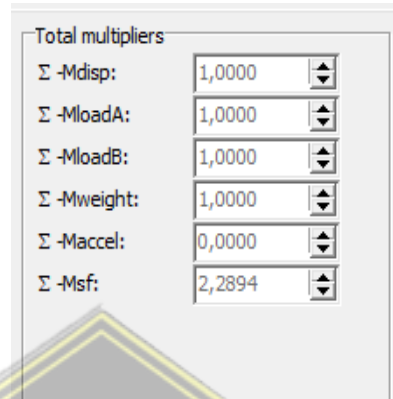


Gambar 4.57 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor setelah beban lalu lintas bekerja pada permodelan *friction pile* adalah 2,2894 dapat dilihat pada Gambar 4.58.

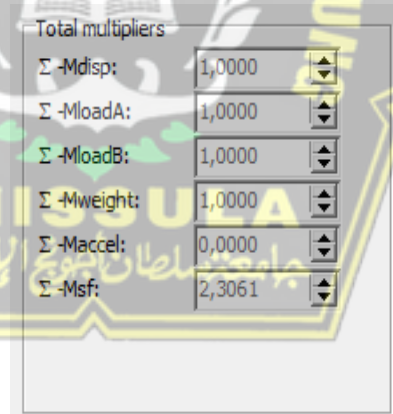


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2894

Gambar 4.58: *Safety Factor* Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor setelah beban lalu lintas bekerja pada permodelan *end bearing pile* adalah 2,3061, dapat dilihat pada Gambar 4.59.



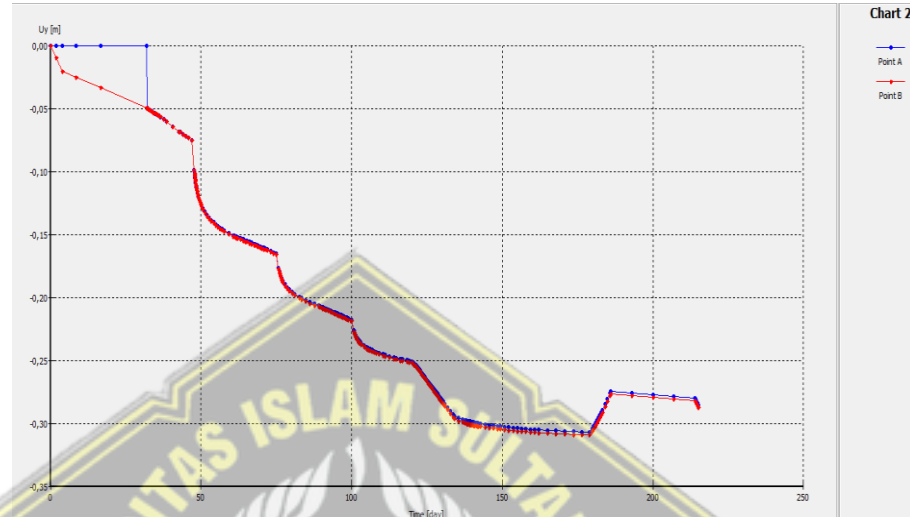
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3061

Gambar 4.59 : *Safety Factor* Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

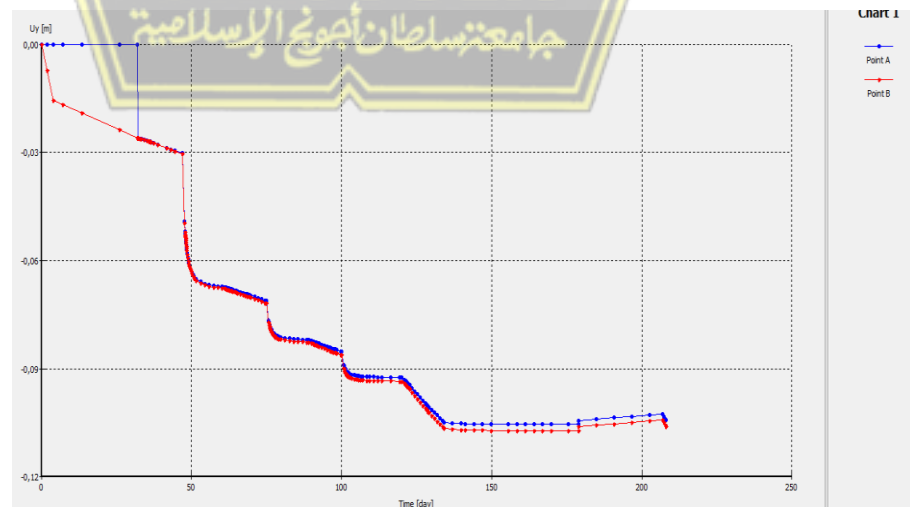
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah beban lalu lintas bekerja yaitu pada titik A sebesar -28,3 cm dan titik B -28,6 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.60.



Gambar 4.60 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah beban lalu lintas bekerja yaitu pada titik A -10,3 cm dan titik B sebesar -10,5 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.61.



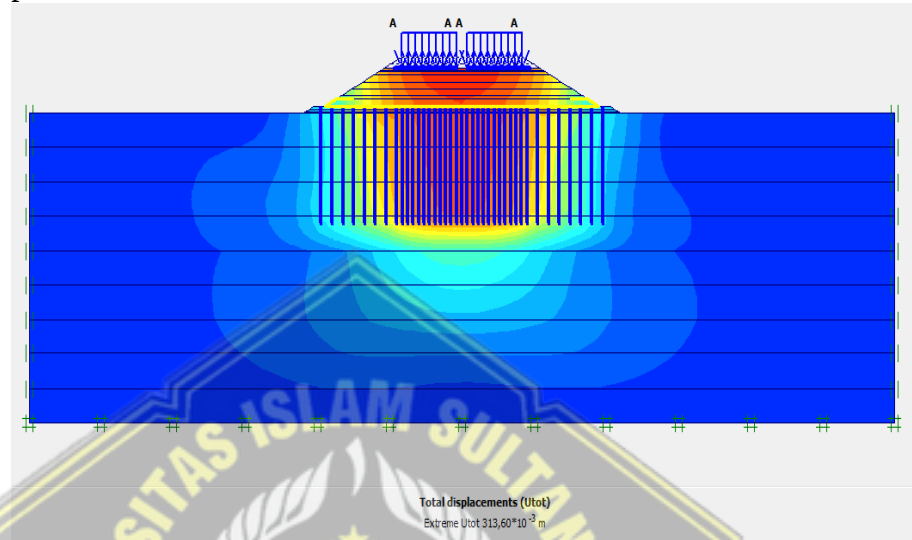
Gambar 4.61 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Tahun Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

4.5.3 Output Setelah Ter-konsolidasi 1 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

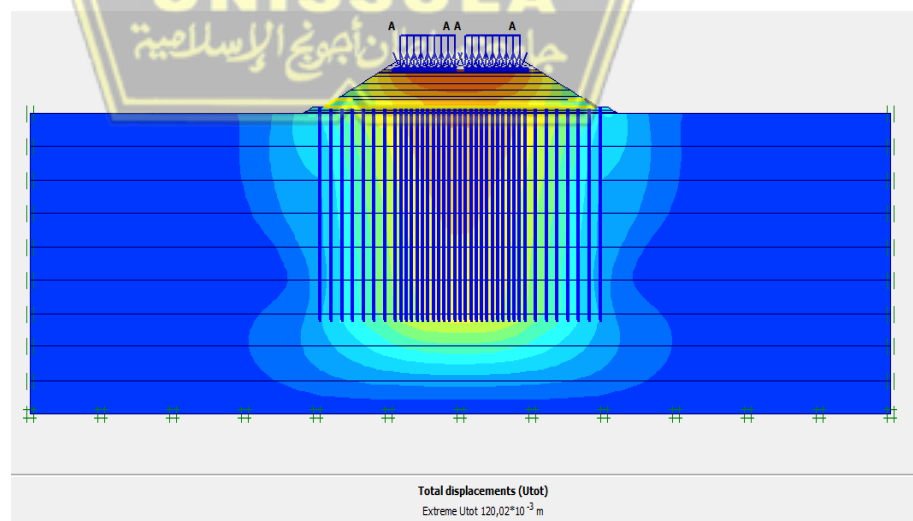
Pada permodelan *Friction pile* setelah konsolidasi 1 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 31,360 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.62.



Gambar 4.62 : *Displacement* Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 1 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 12,002 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.63.

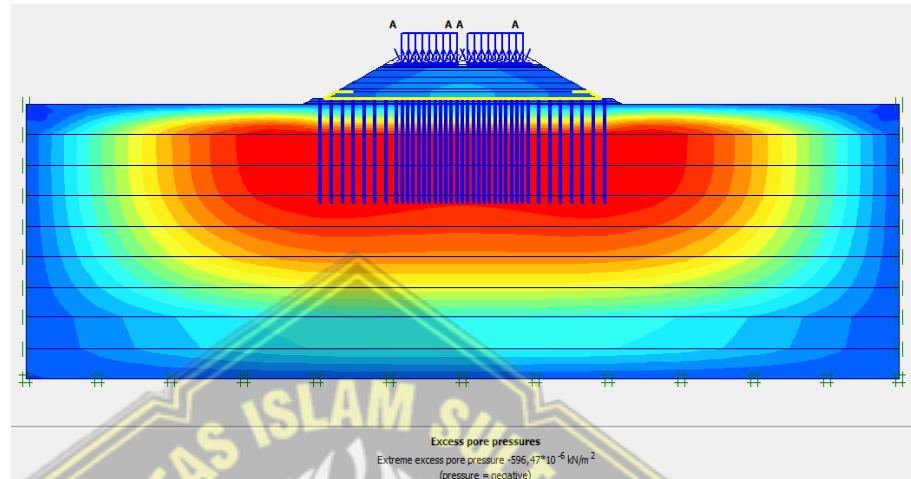


Gambar 4.63 : *Displacement* setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *end bearing pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

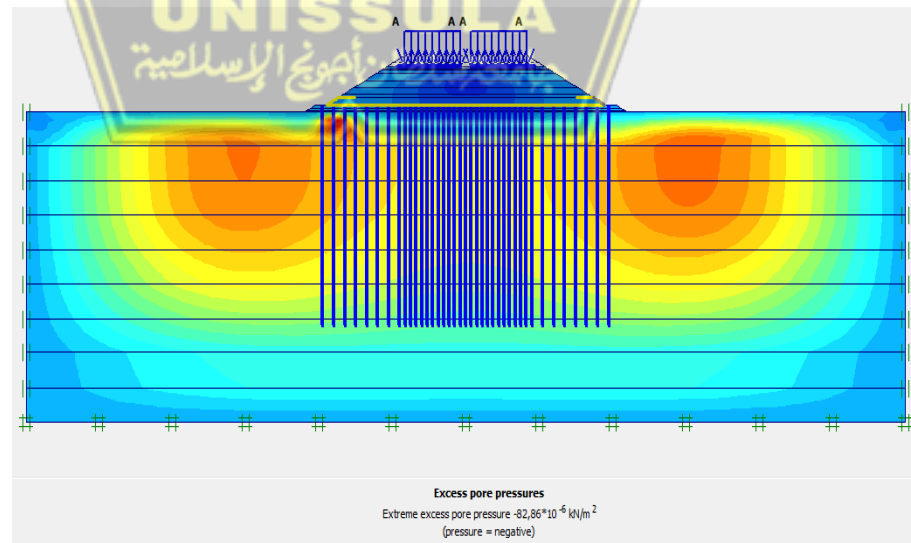
Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 1 tahun sebesar $-596,47 \times 10^{-6} \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.64.



Gambar 4.64 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 1 tahun sebesar $-82,86 \times 10^{-6} \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.65.

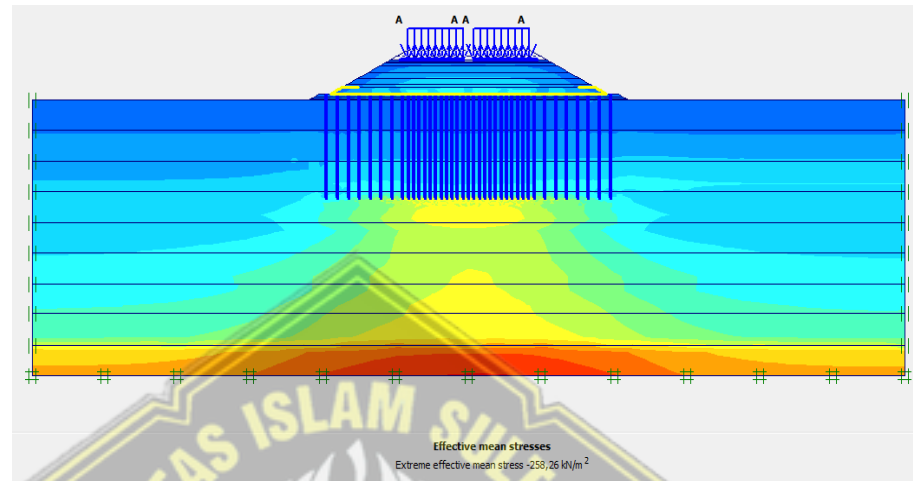


Gambar 4.65 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

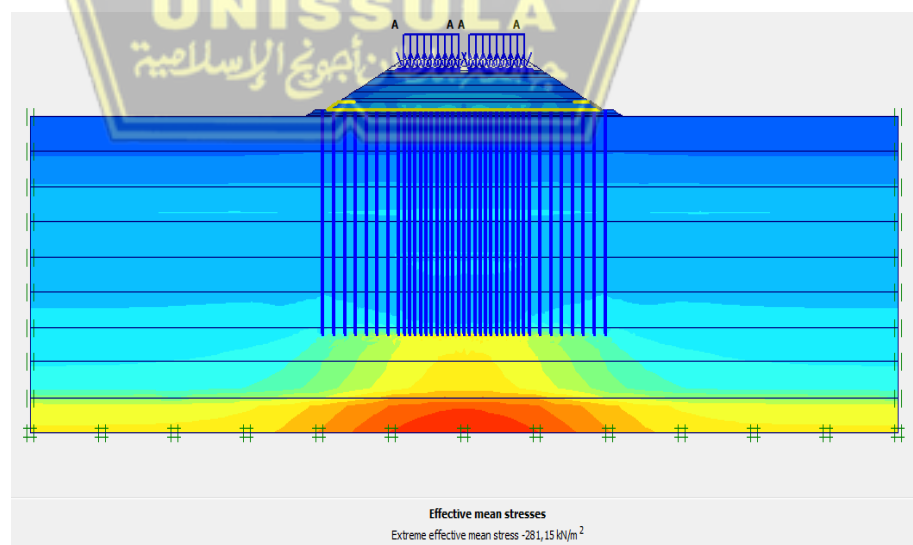
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 1 tahun sebesar $-258,26 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.66.



Gambar 4.66: Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 1 tahun sebesar $-281,15 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.67.

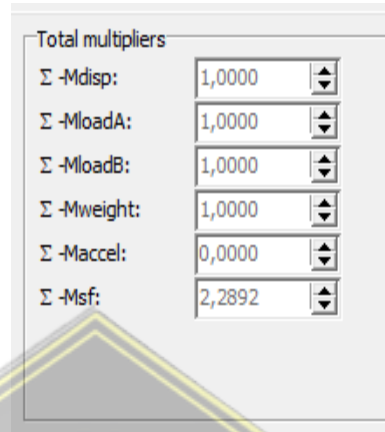


Gambar 4.67: Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *Friction Pile* setelah terkonsolidasi 1 tahun adalah 2,2892, dapat dilihat pada Gambar 4.68.

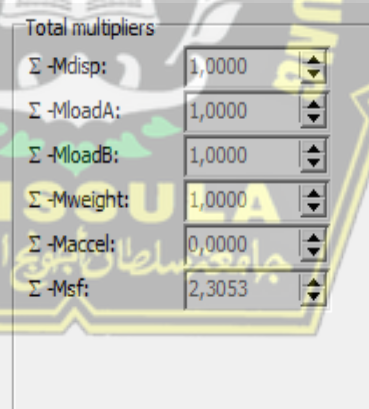


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2892

Gambar 4.68 : *Safety Factor* Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 1 tahun adalah 2,3053, dapat dilihat pada Gambar 4.69.



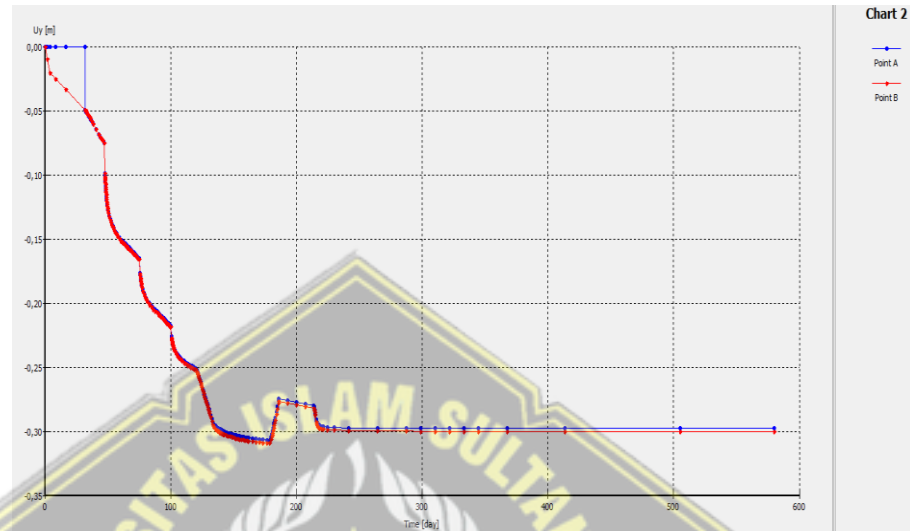
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3053

Gambar 4.69 : *Safety Factor* Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

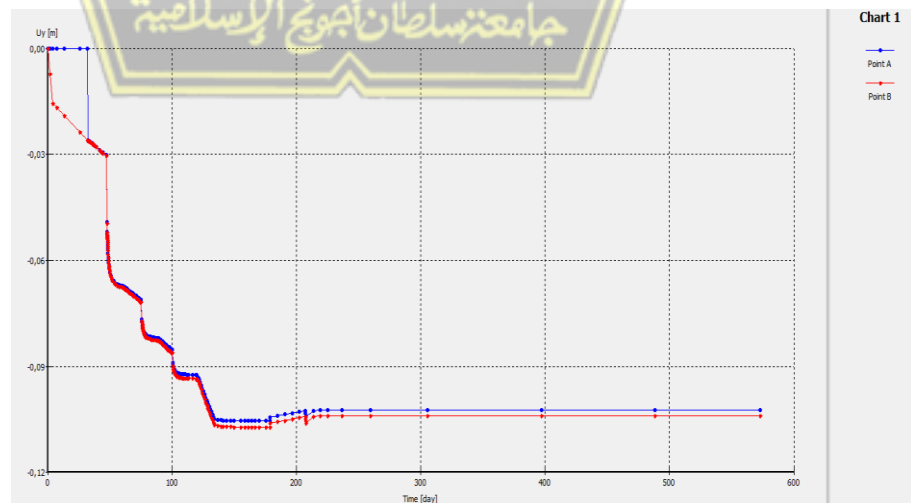
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -29,7 cm dan titik B sebesar -30, dapat dilihat pada Gambar 4.70



Gambar 4.70 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -10,2 cm dan pada titik B sebesar -10,4 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.71.



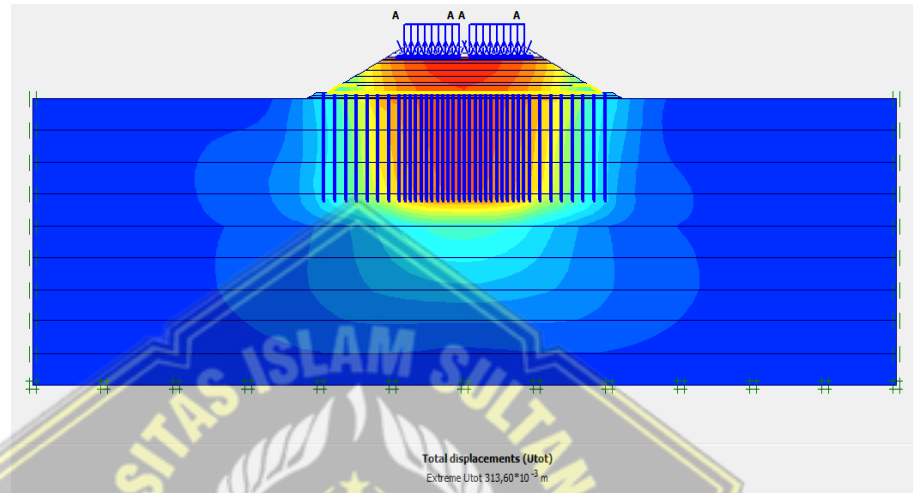
Gambar 4.71 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

4.5.4 Output Setelah Ter-konsolidasi 3 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

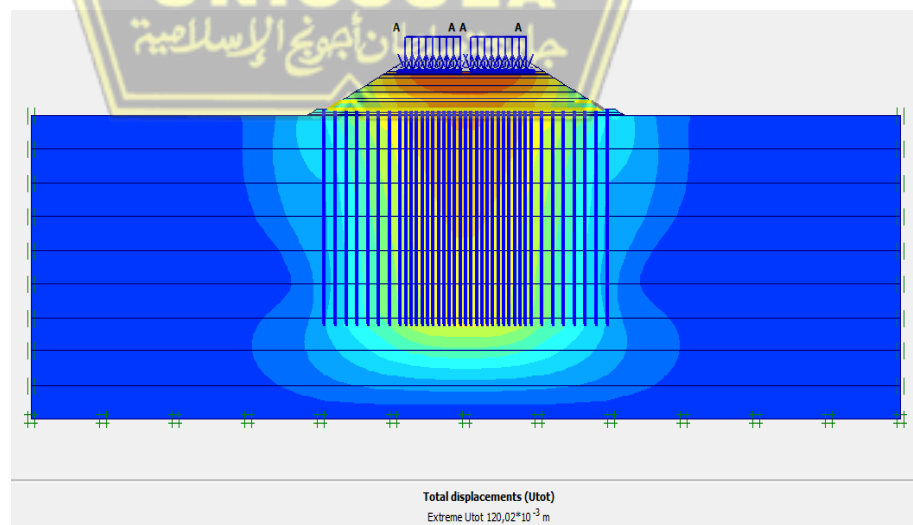
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 3 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 31,360 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.72.



Gambar 4.72 : *Displacement* Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 3 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 12,002 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.73.

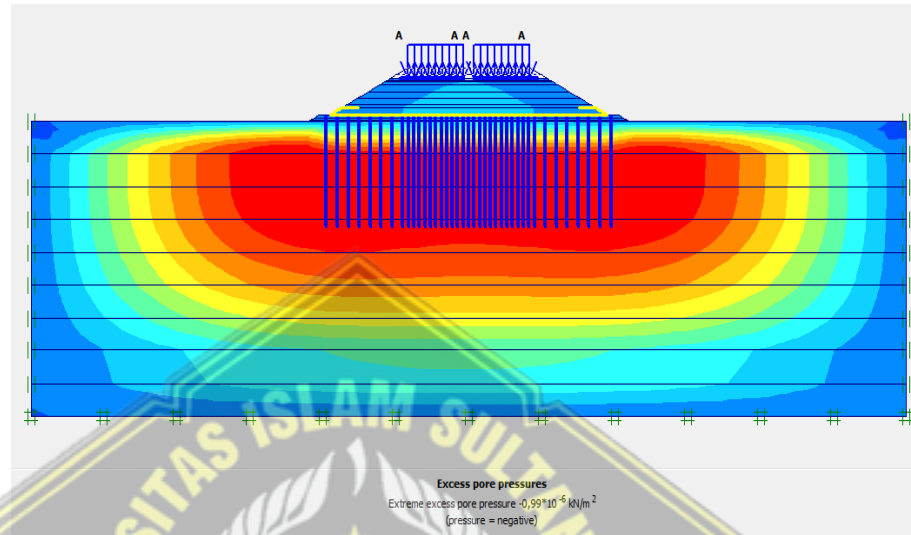


Gambar 4.73 : *Displacement* Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

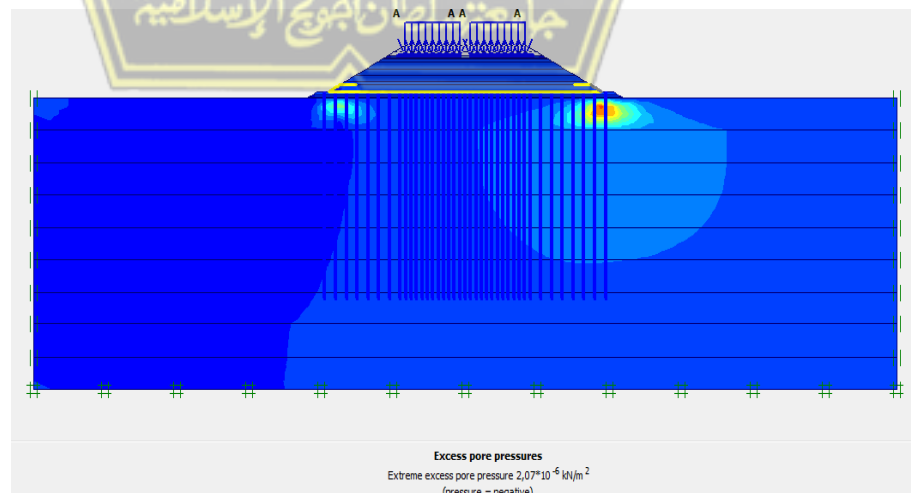
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 3 tahun sebesar $-0,99 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.74.



Gambar 4.74 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 3 tahun sebesar $2,07 \times 10^{-6}$ kN/m² dapat dilihat pada Gambar 4.75.

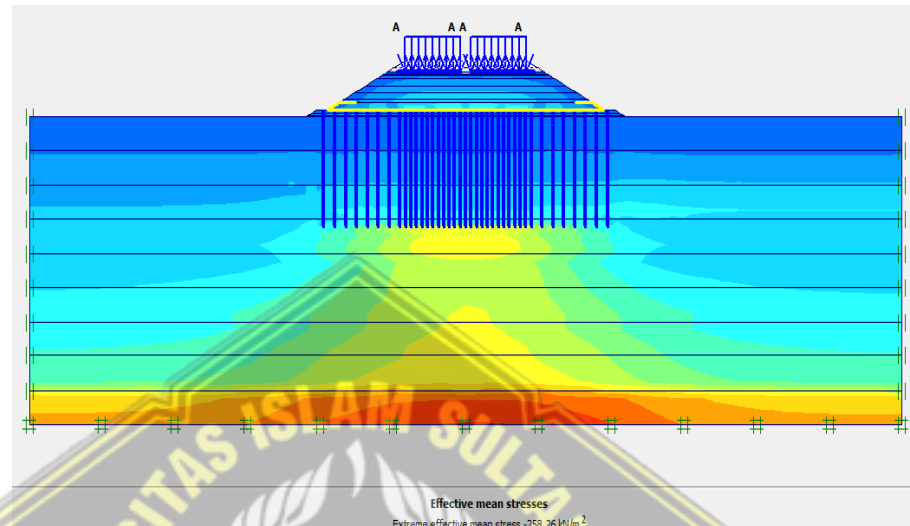


Gambar 4.75 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

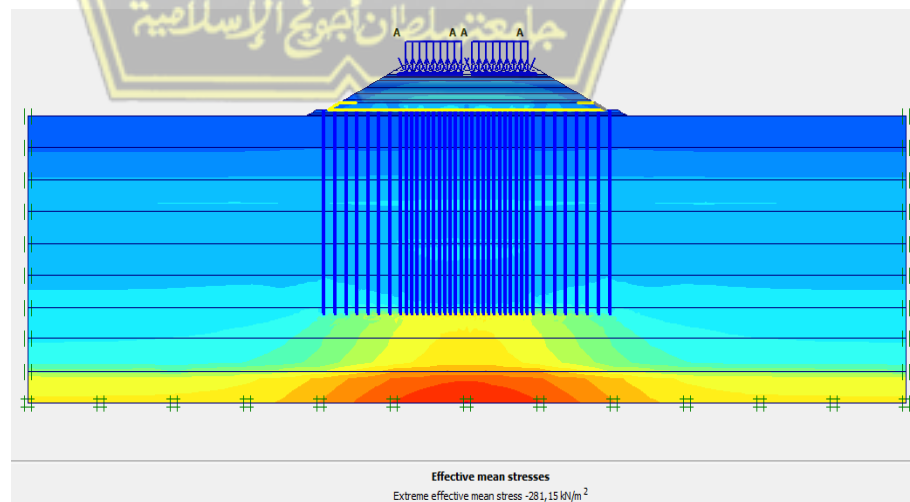
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 3 tahun sebesar $-258,26 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.76.



Gambar 4.76 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 3 tahun sebesar $-281,15 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.77.

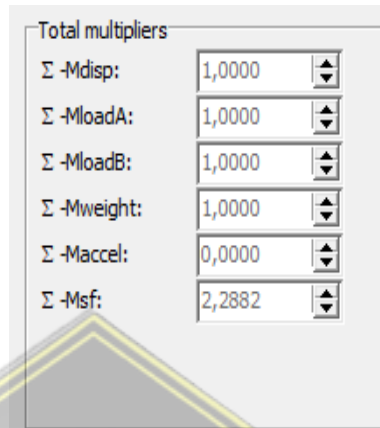


Gambar 4.77 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 3 tahun adalah 2,2882, dapat dilihat pada Gambar 4.78.

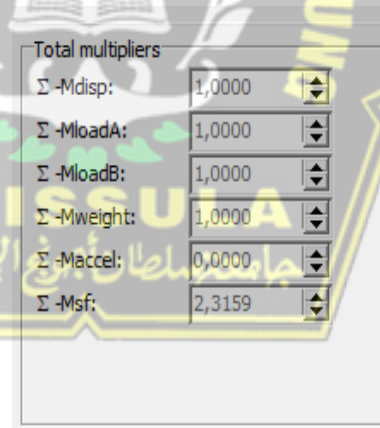


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2882

Gambar 4.78 : *Safety Factor* Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 3 tahun adalah 2,3159, dapat dilihat pada Gambar 4.79.



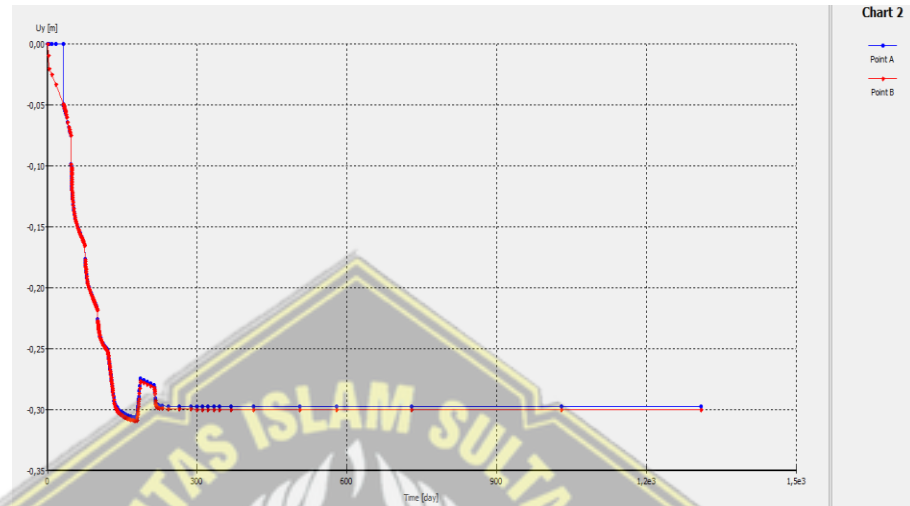
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3159

Gambar 4.79 : *Safety Factor* Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

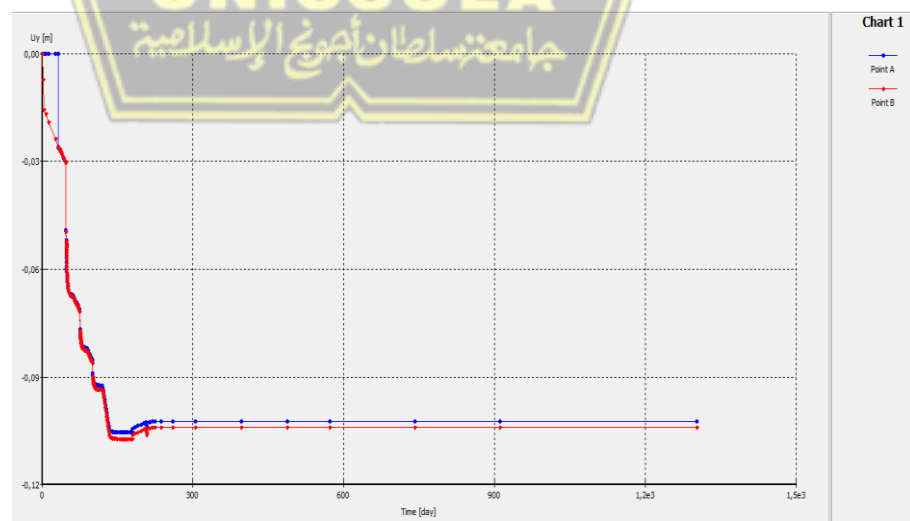
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 3 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -29,7 cm dan titik B sebesar -30 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.80.



Gambar 4.80 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 3 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -10,2 cm dan titik B sebesar -10,4 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.81.



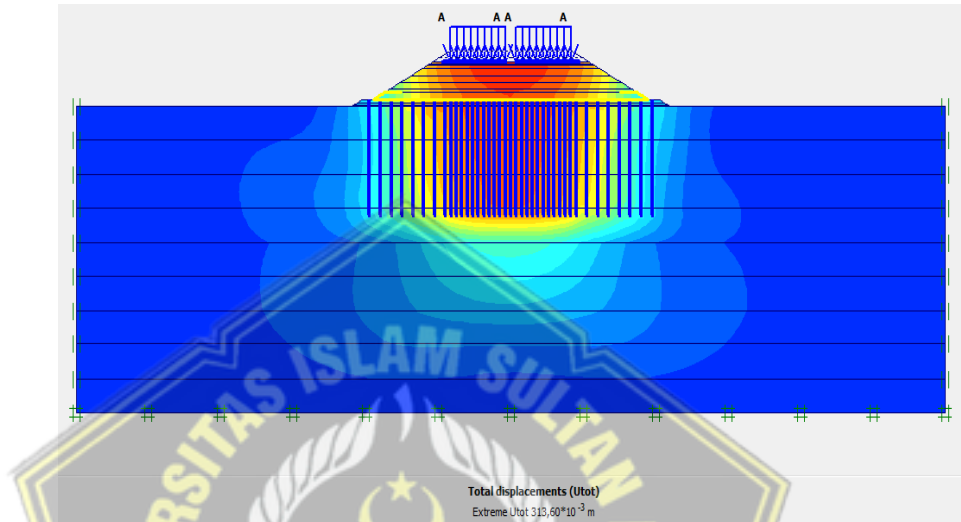
Gambar 4.81 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

4.5.5 Output Setelah Ter-konsolidasi 10 Tahun

a. Displacement

- Permodelan *Friction Pile*

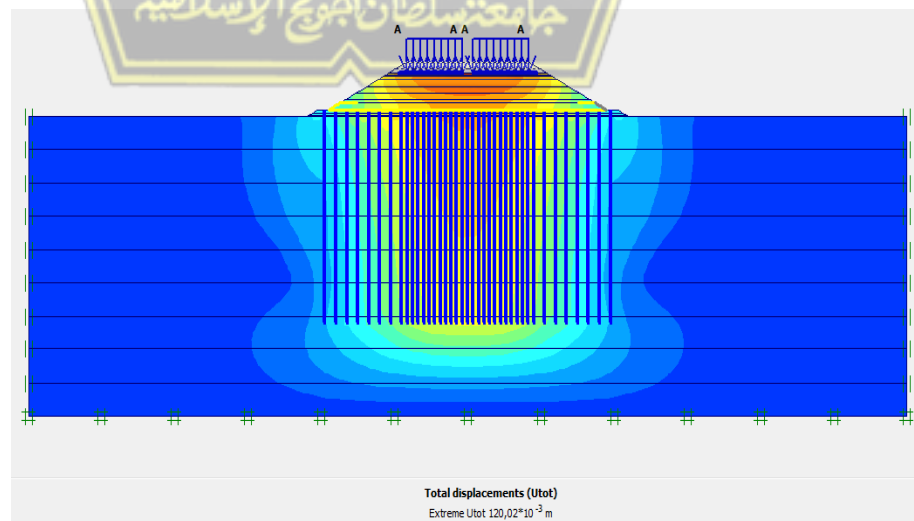
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 10 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 31,360 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.82.



Gambar 4.82 :Displacement Saat Konsolidasi 10 Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- Permodelan *End Bearing Pile*

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 10 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 12,002 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.83.

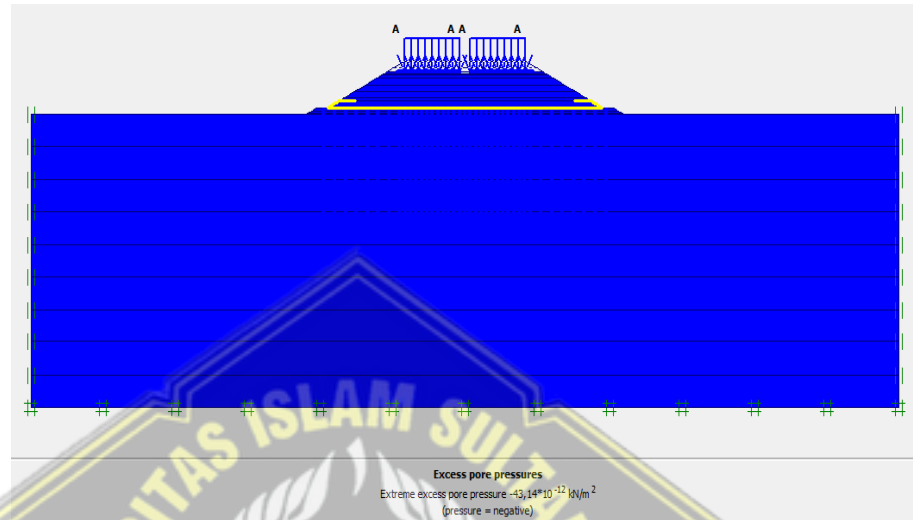


Gambar 4.83 :Displacement Saat Konsolidasi 10 Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

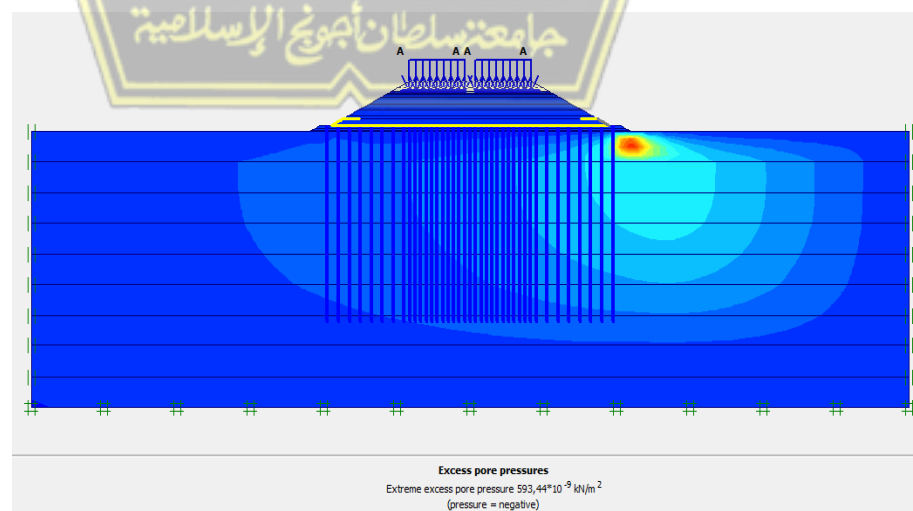
Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 10 tahun sebesar $-43,14 \times 10^{-12}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.84.



Gambar 4.84 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 10 tahun sebesar $593,44 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.85

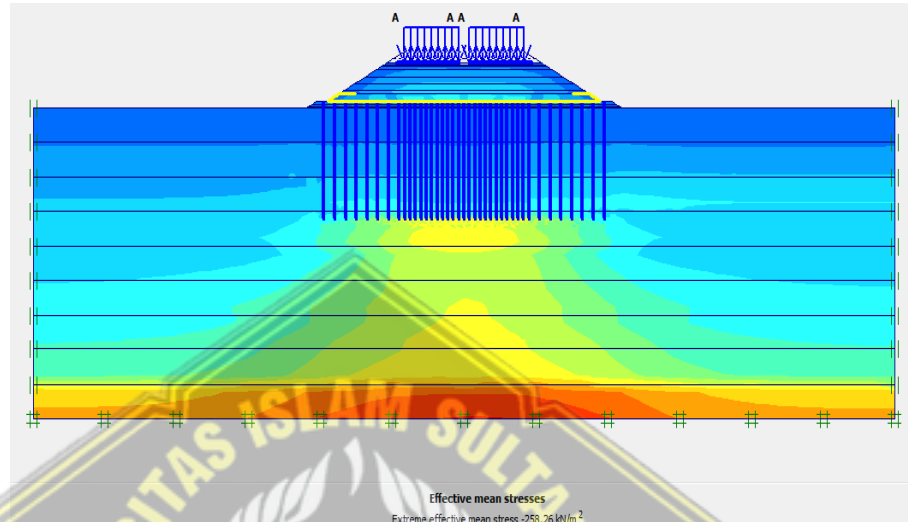


Gambar 4.85 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

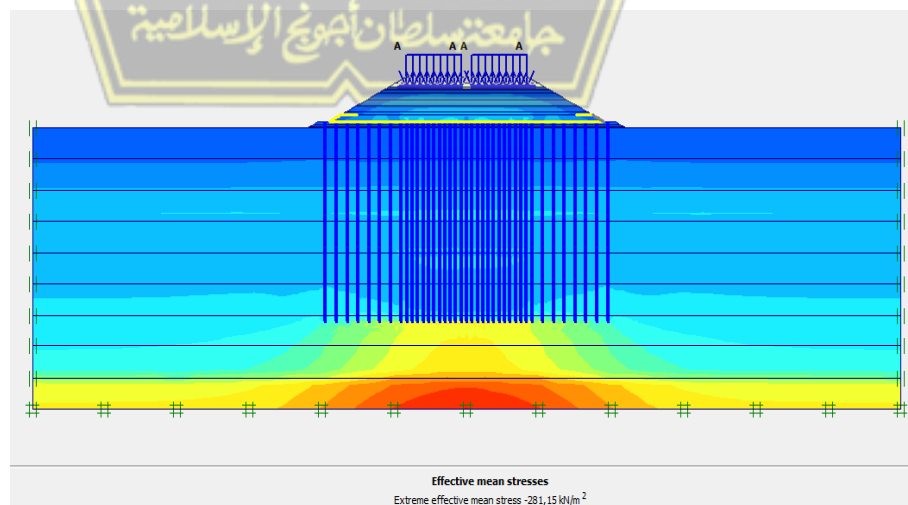
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 10 tahun sebesar $-258,26 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.86.



Gambar 4.86 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 10 tahun sebesar $-281,15 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.87.

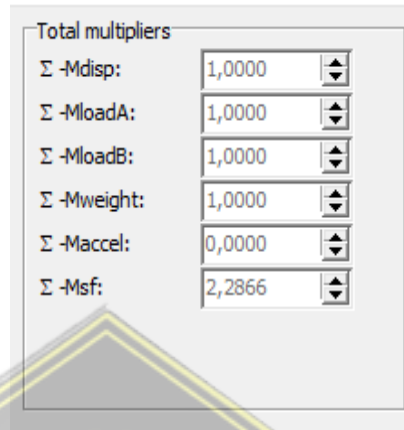


Gambar 4.87 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

d. Safety Factor

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 10 tahun adalah 2,2866, dapat dilihat pada Gambar 4.88

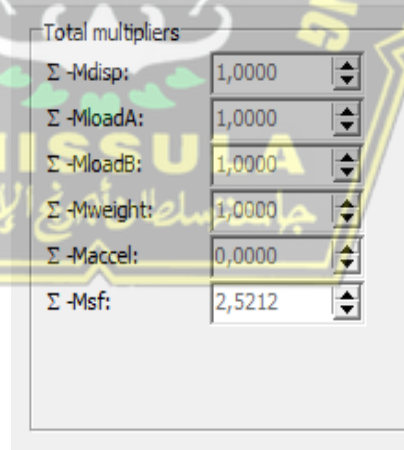


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2866

Gambar 4.88 : *Safety Factor* Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 10 tahun adalah 2,5212, dapat dilihat pada Gambar 4.89.



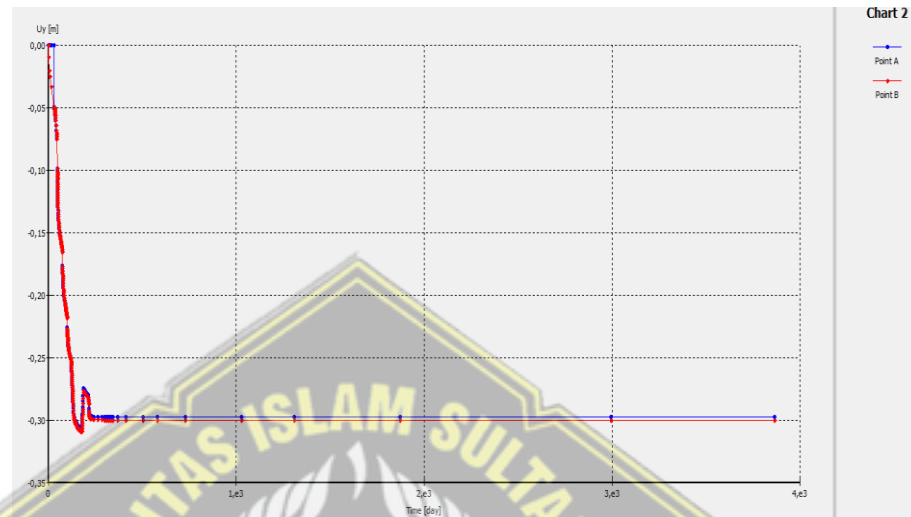
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,5212

Gambar 4.89 : *Safety Factor* Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

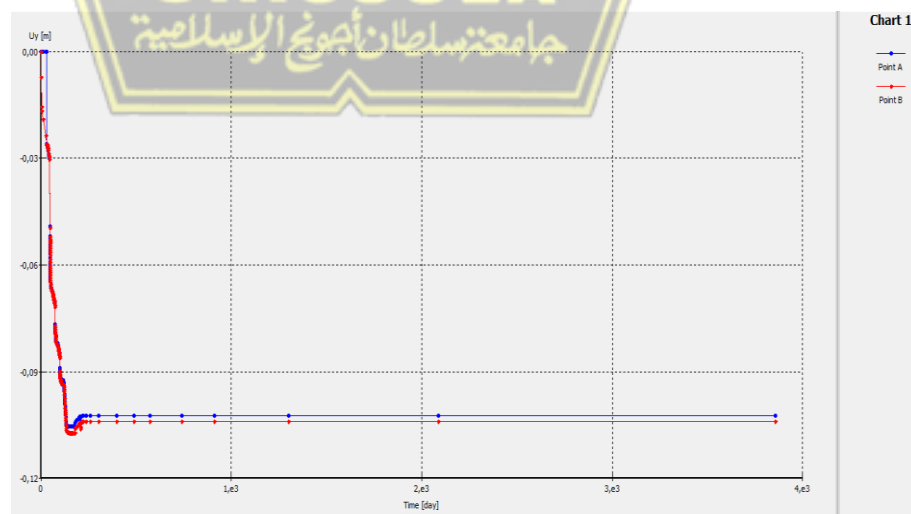
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 10 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -29,7cm dan titik B sebesar -30 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.90.



Gambar 4.90 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 10 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -10,2 cm dan titik B sebesar -10,4 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.91.



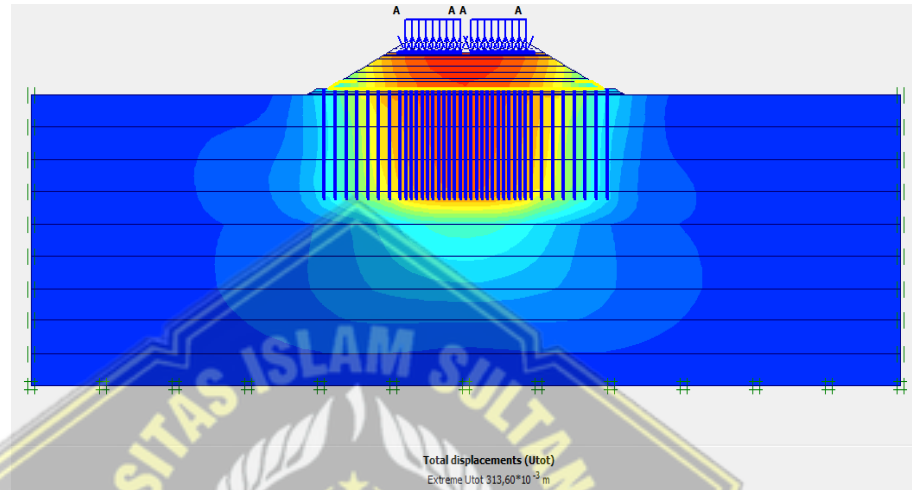
Gambar 4.91 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

4.5.6 Output Setelah Ter-konsolidasi 50 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

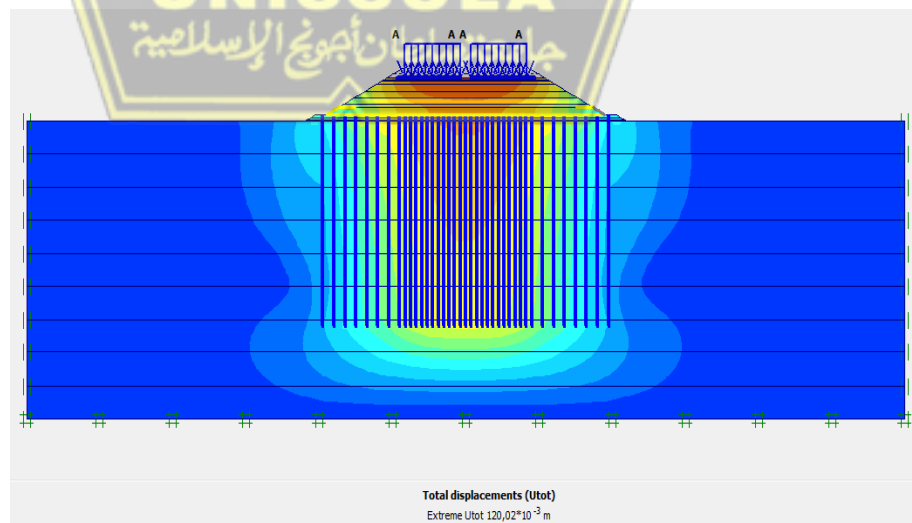
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 50 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 31,360 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.92.



Gambar 4.92 :*Displacement* Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 50 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 12,002 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.93.

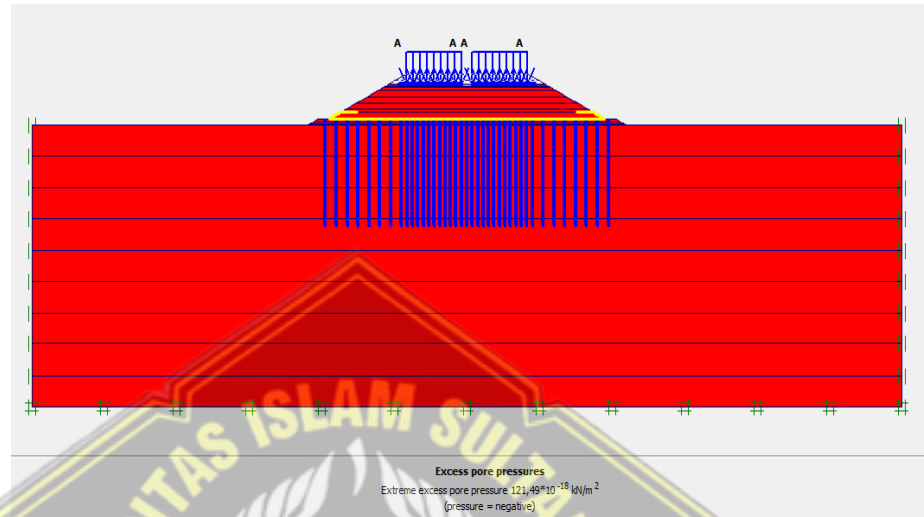


Gambar 4.93 :*Displacement* Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

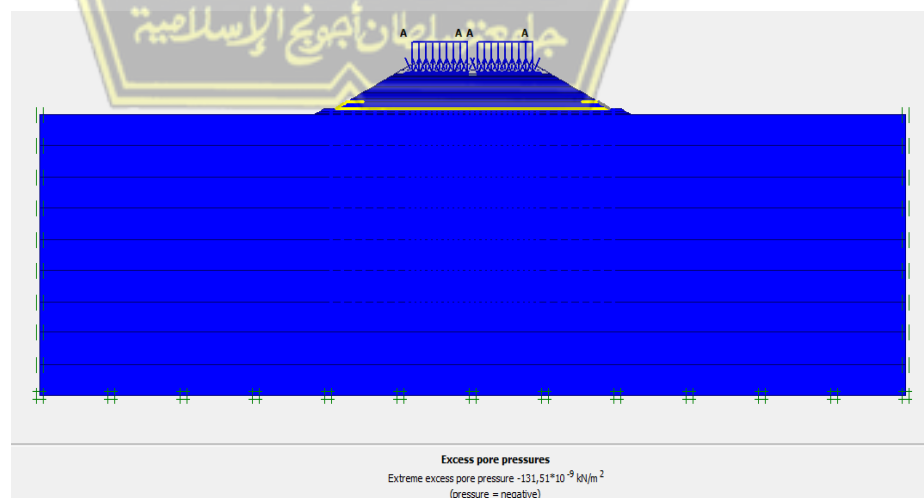
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 50 tahun sebesar $121,49 \times 10^{-18}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.94.



Gambar 4.94 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 50 tahun sebesar - $131,51 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.95.

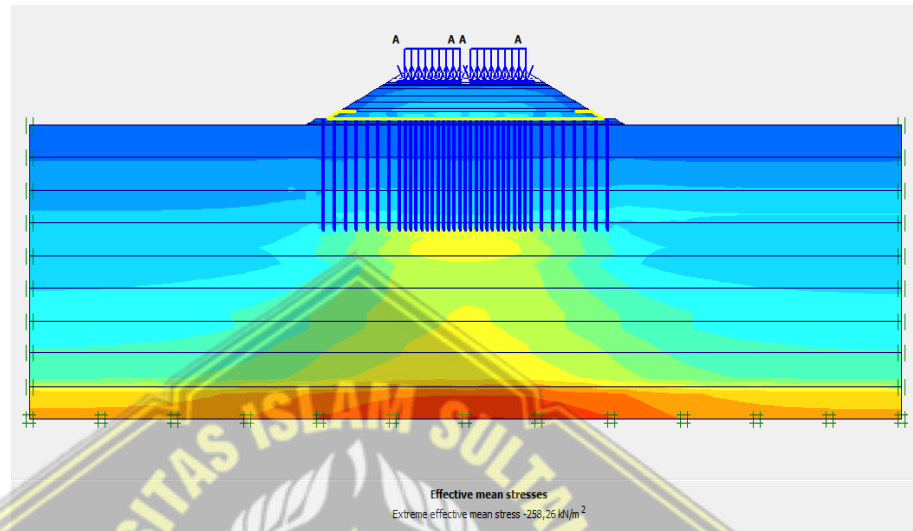


Gambar 4.95 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

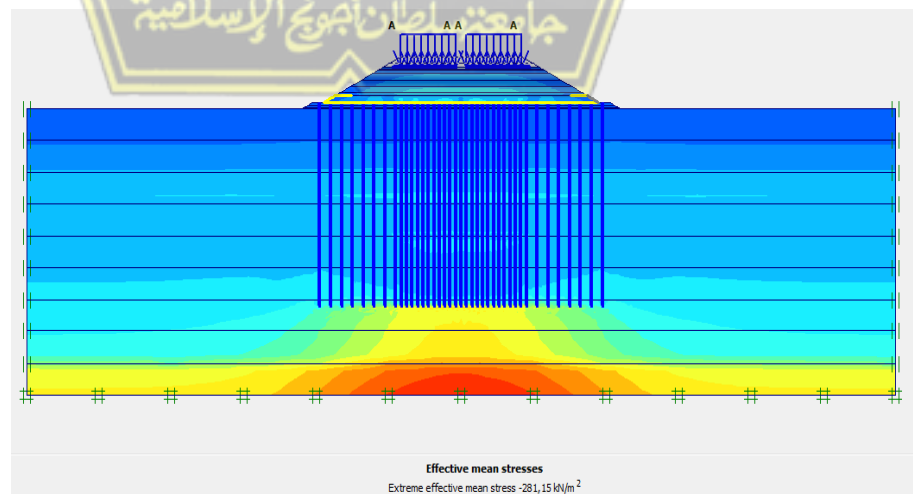
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *Friction pile* setelah konsolidasi 50 tahun sebesar $-258,26 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.96.



Gambar 4.96 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 50 tahun sebesar $-281,15 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.97.

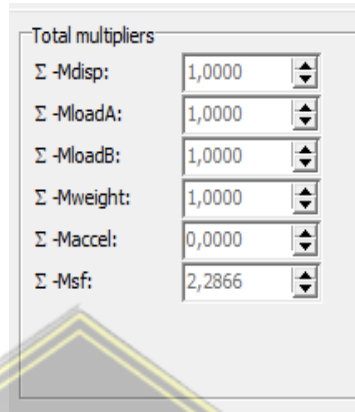


Gambar 4.97: Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 50 tahun adalah 2,2866, dapat dilihat pada Gambar 4.98.

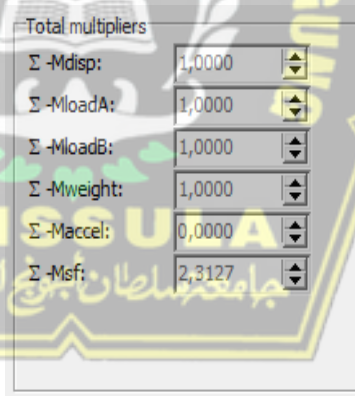


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2866

Gambar 4.98 : *Safety Factor* Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 50 tahun adalah 2,3127, dapat dilihat pada Gambar 4.99.



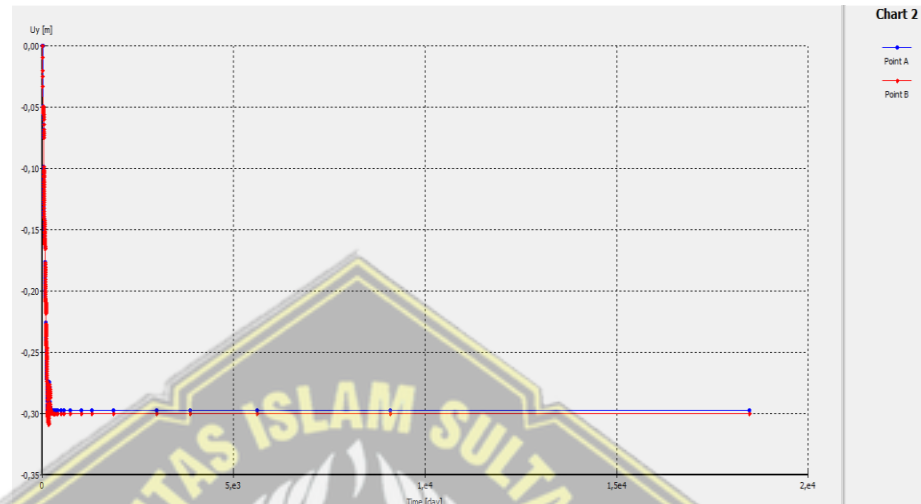
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3127

Gambar 4.99 : *Safety Factor* Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

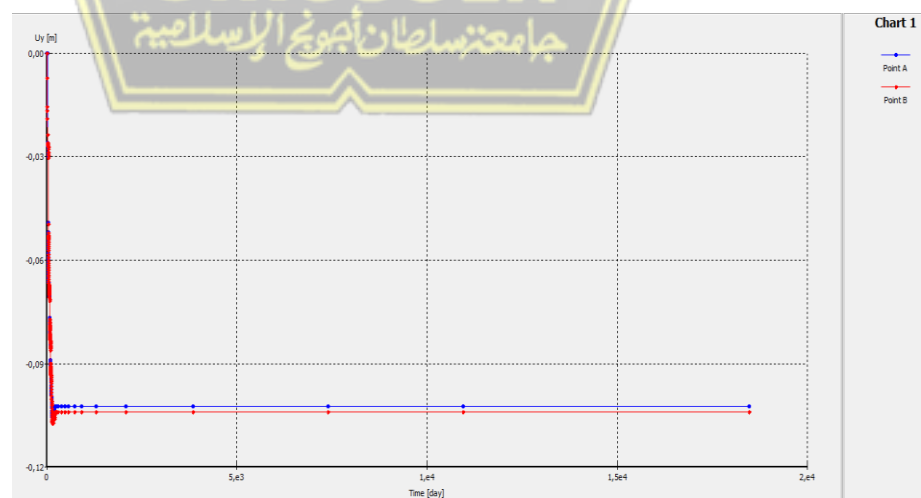
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -29,7 cm dan titik B sebesar -30 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.100.



Gambar 4.100 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -10,2 cm dan titik B sebesar -10,4 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.101.



Gambar 4.101 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bering Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

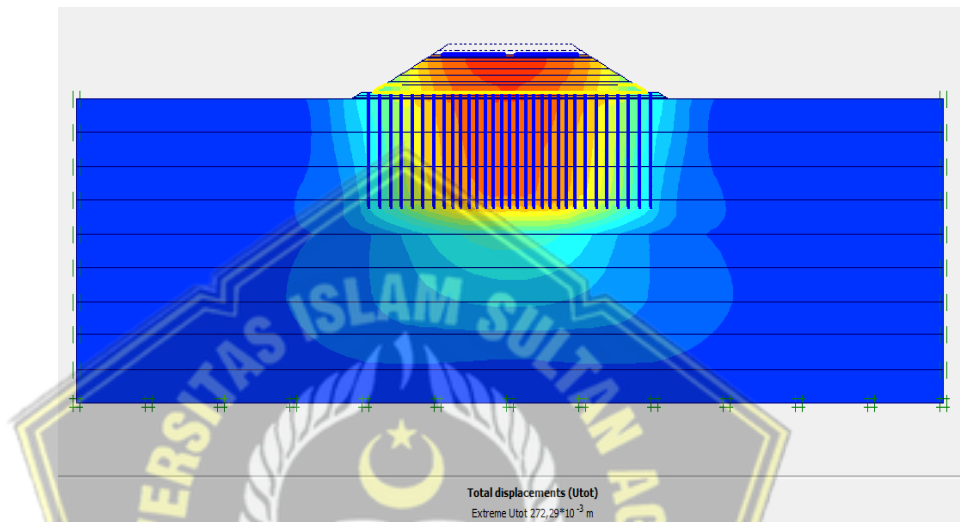
4.6 Hasil Perhitungan Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

4.6.1 Output Setelah Perkerasan Jalan Bekerja

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

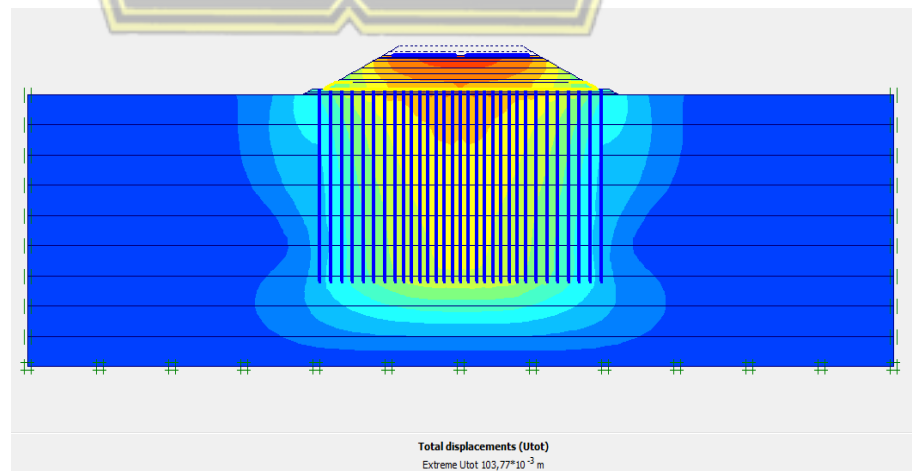
Pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 27,292 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.102.



Gambar 4.102 : *Displacement* Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah perkerasan jalan dilakukan maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 10,377 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.103.

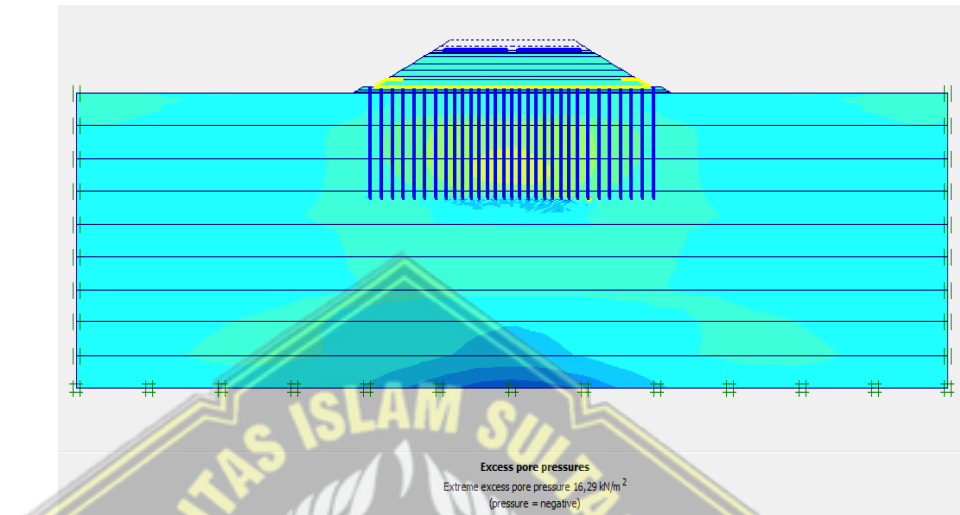


Gambar 4.103 : *Displacement* Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

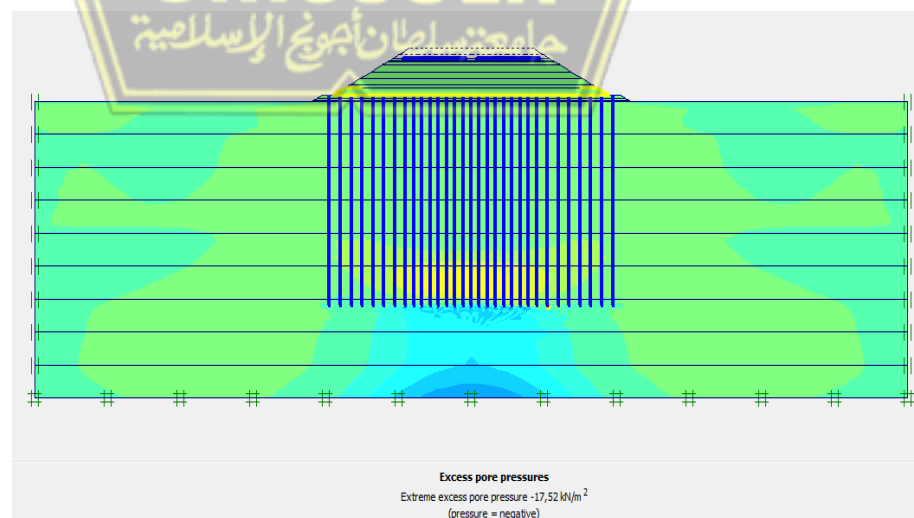
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $16,29 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.104.



Gambar 4.104 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Setelah perkerasan jalan dilakukan pada permodelan *end bearing pile* maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar $17,52 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.105.

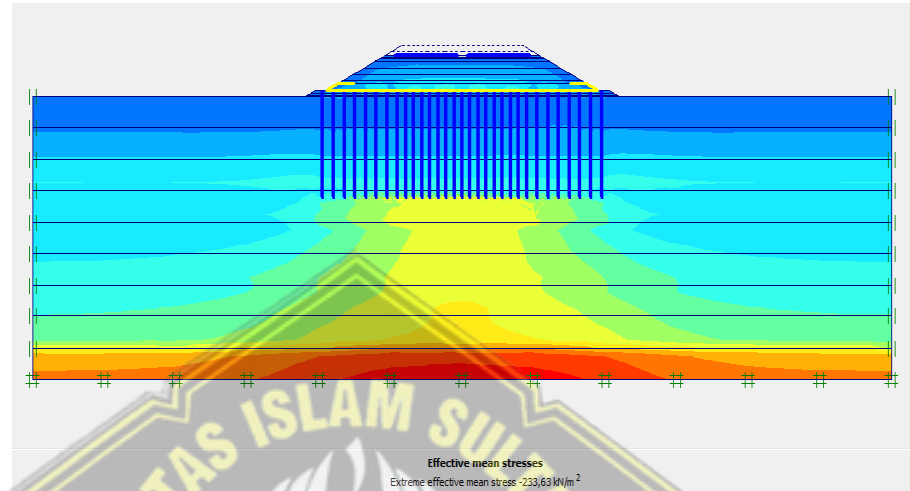


Gambar 4.105 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

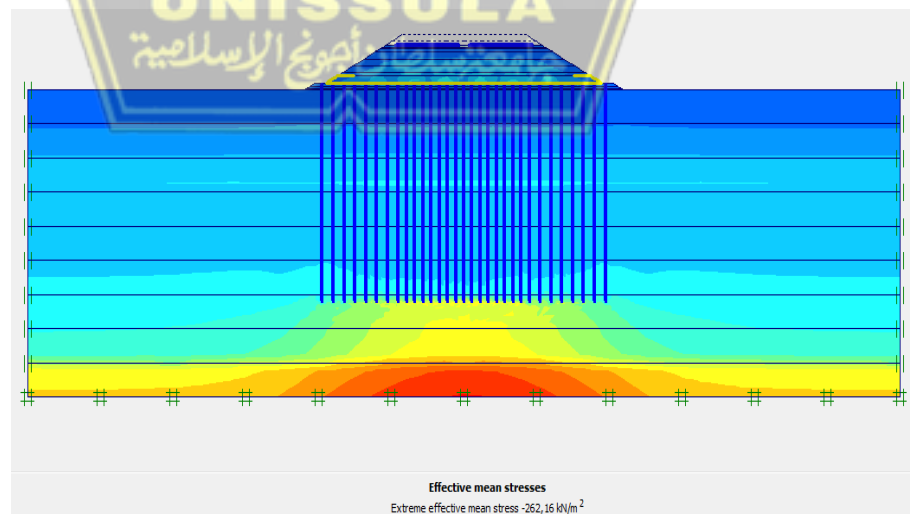
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $-233,63 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.106.



Gambar 4.106 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $-262,16 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.107.

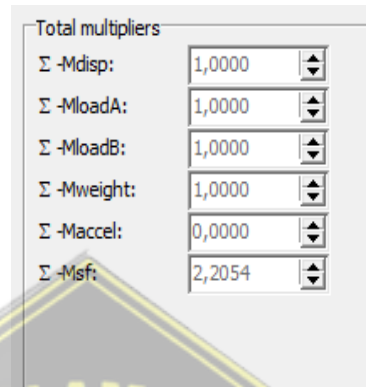


Gambar 4.107 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

d. *Safety Factor*

- Permodelan *Friction Pile*

Safety factor setelah perkerasan jalan pada permodelan *friction pile* dengan variasi jarak antar tiang adalah 2,2054, dapat dilihat pada Gambar 4.108.

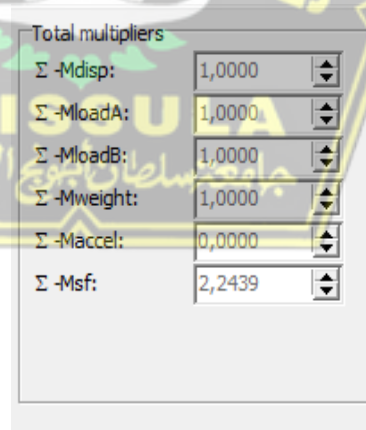


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2054

Gambar 4.108 : *Safety Factor* Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- Permodelan *End Bearing Pile*

Safety factor setelah perkerasan jalan pada permodelan *end bearing pile* dengan variasi jarak antar tiang adalah 2,2439, dapat dilihat pada Gambar 4.109.



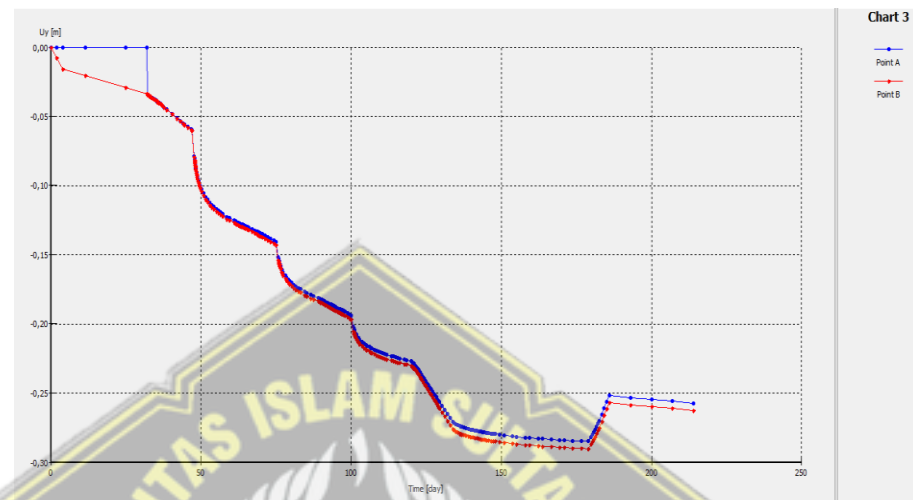
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2439

Gambar 4.109 : *Safety Factor* Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

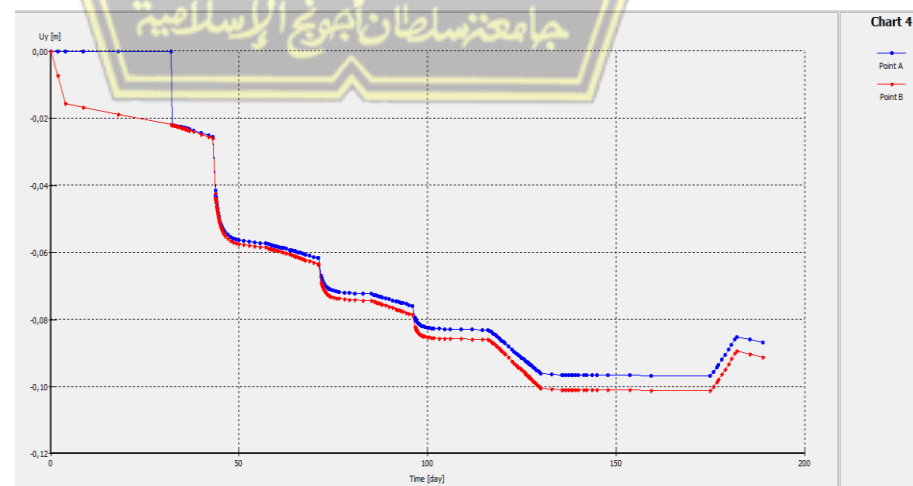
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah perkerasan jalan dilakukan yaitu pada titik A sebesar -25,7 cm dan pada titik B sebesar -26,3 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.110.



Gambar 4.110: Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing***

Pada permodelan *End Bearing Pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah dilakukan yaitu pada titik A sebesar -8,7 cm dan pada titik B sebesar -9,1 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.111.



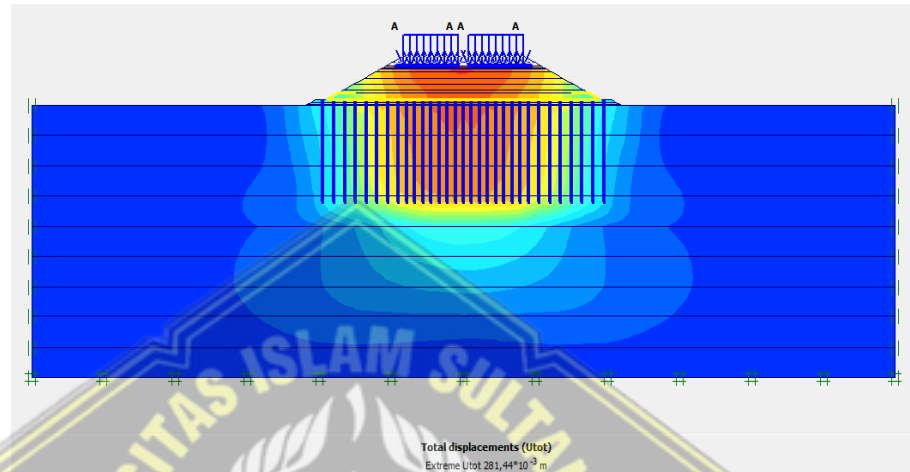
Gambar 4.111: Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

4.6.2 Output Setelah Beban Lalu Lintas Bekerja

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

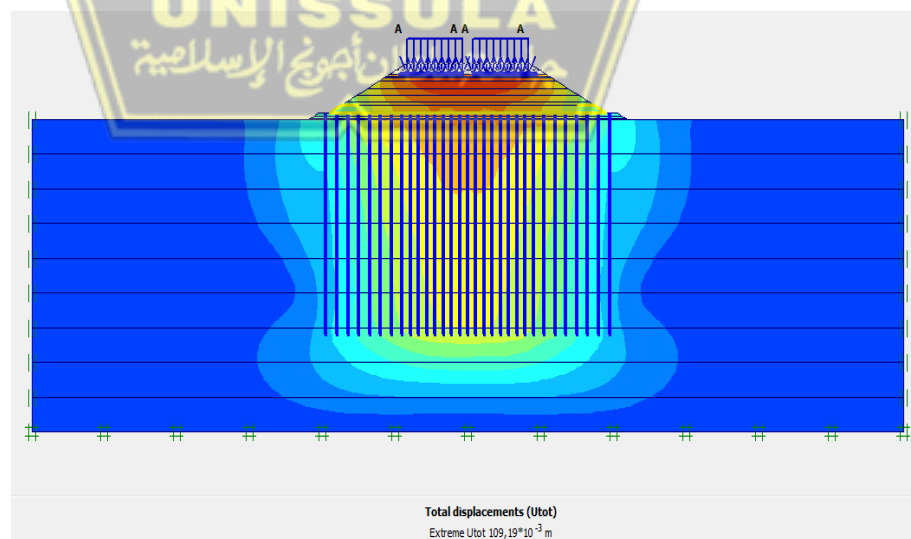
Pada permodelan *friction pile* setelah beban lalu lintas bekerja maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 28,144 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.112.



Gambar 4.112 : *Displacement* Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 10,919 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.113.

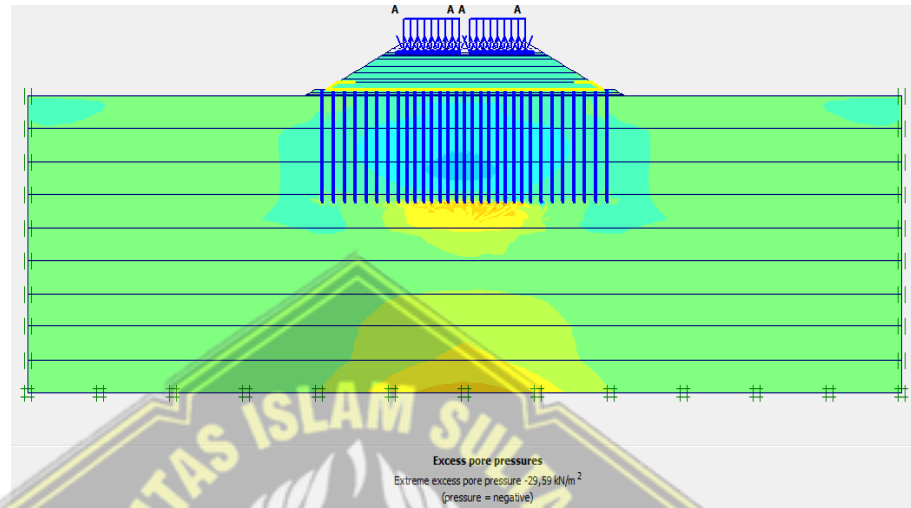


Gambar 4.113 : *Displacement* Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

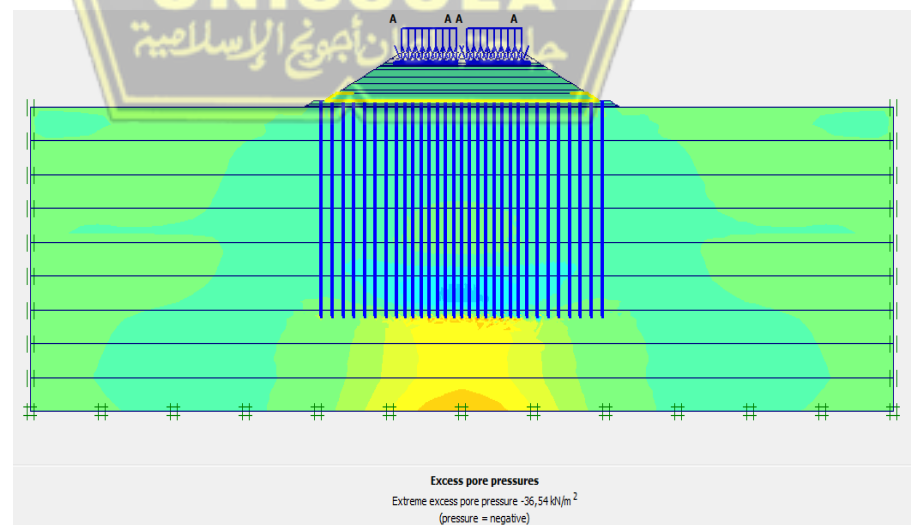
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *friction pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar - 29,59 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.114.



Gambar 4.114: Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar - 36,54 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.115.

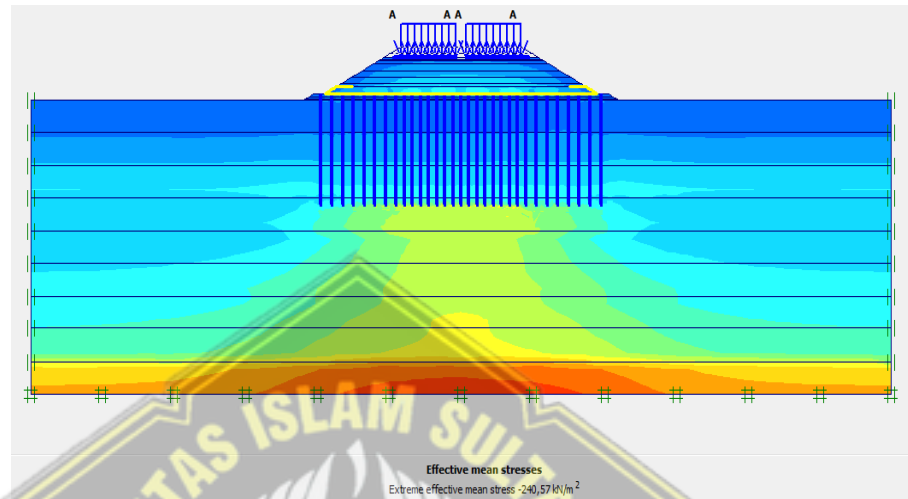


Gambar 4.115: Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

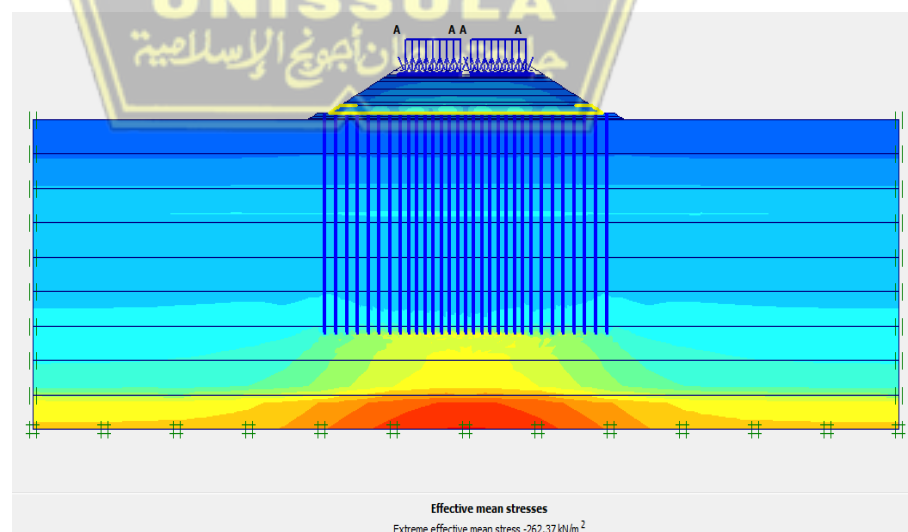
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *Friction Pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar $-240,57 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.116.



Gambar 4.116 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar $-262,37 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.117.

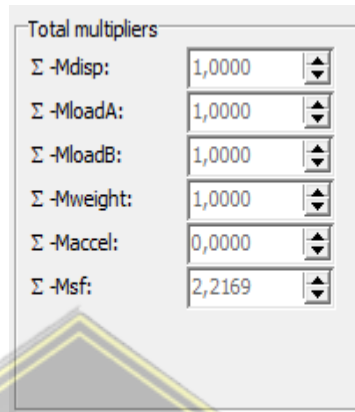


Gambar 4.117 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor setelah beban lalu lintas bekerja pada permodelan *friction pile* adalah 2,2169, dapat dilihat pada Gambar 4.118.

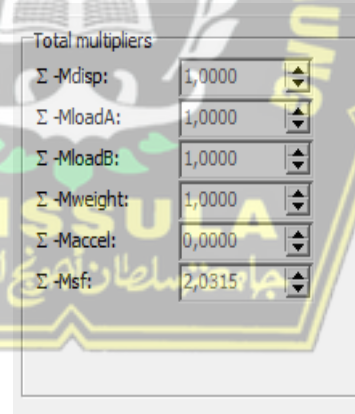


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2169

Gambar 4.118: *Safety Factor* Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor setelah beban lalu lintas bekerja pada permodelan *end bearing pile* adalah 2,0315, dapat dilihat pada Gambar 4.119.



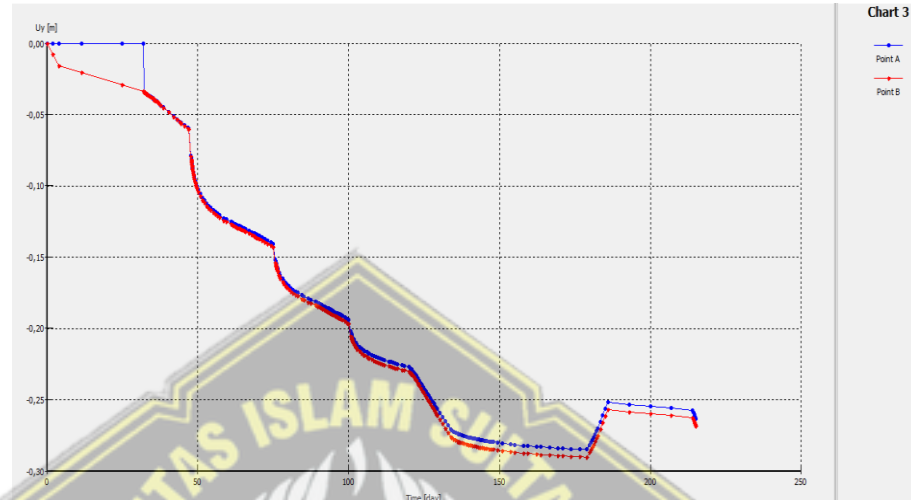
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,0315

Gambar 4.119 : *Safety Factor* Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

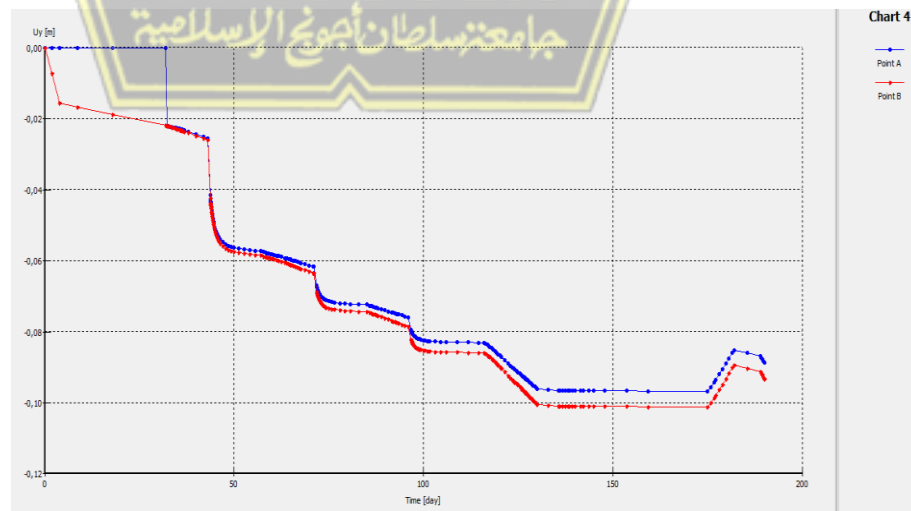
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah beban lalu lintas bekerja yaitu pada titik A sebesar -26,1 cm dan pada titik B sebesar -26,7 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.120.



Gambar 4.120 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah beban lalu lintas bekerja yaitu pada titik A sebesar 8,8 cm dan pada titik B sebesar -9,3 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.121.



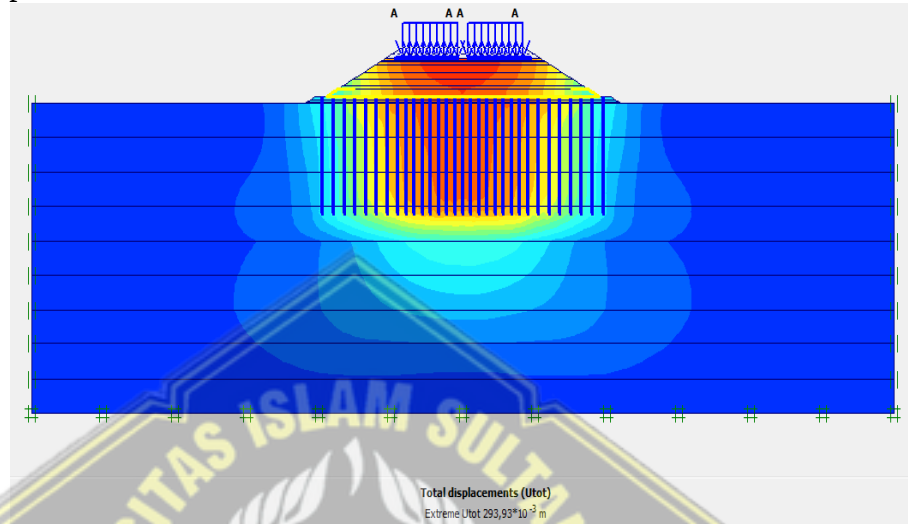
Gambar 4.121 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

4.6.3 Output Setelah Ter-konsolidasi 1 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

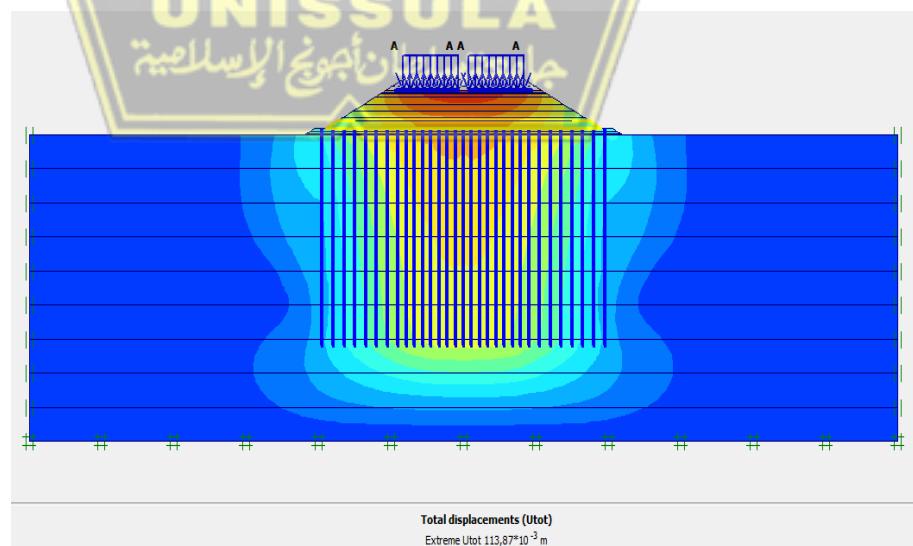
Pada permodelan *Friction pile* setelah konsolidasi 1 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,393 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.122.



Gambar 4.122 : *Displacement* Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 1 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,387 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.123.

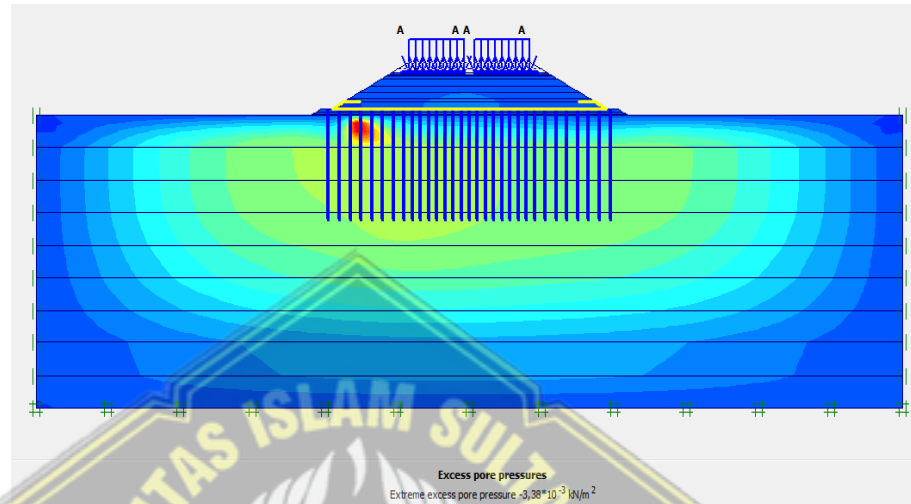


Gambar 4.123 : *Displacement* setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *end bearing pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

• Permodelan *Friction Pile*

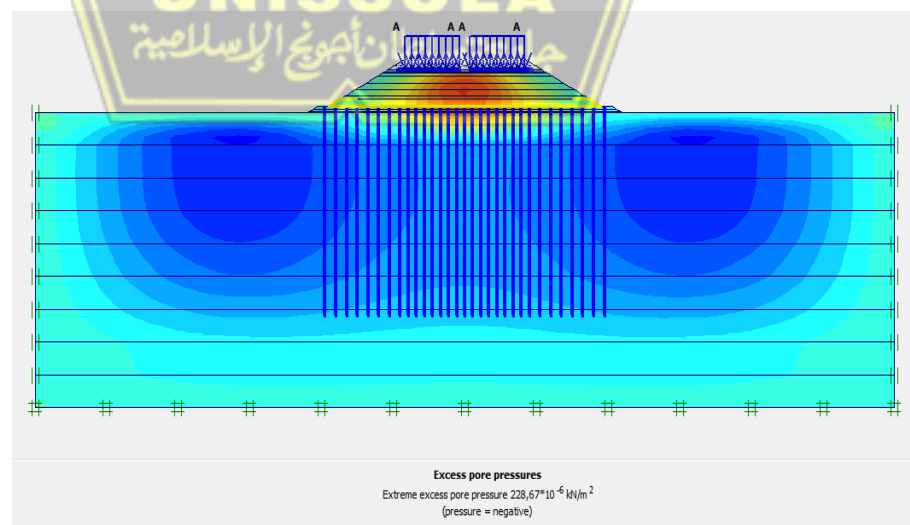
Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 1 tahun sebesar $-3,38 \times 10^{-3} \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.124.



Gambar 4.124 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

• Permodelan *End Bearing Pile*

Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 1 tahun sebesar $228,67 \times 10^{-6} \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.125.

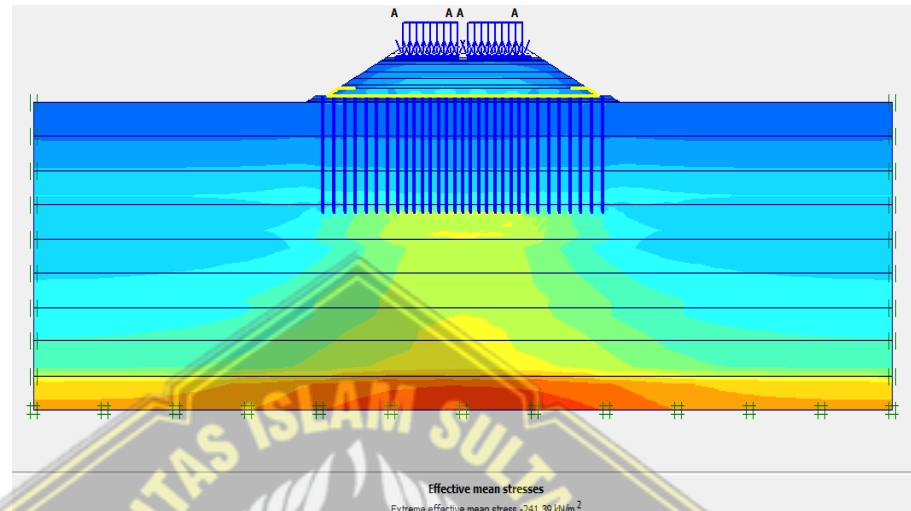


Gambar 4.125 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

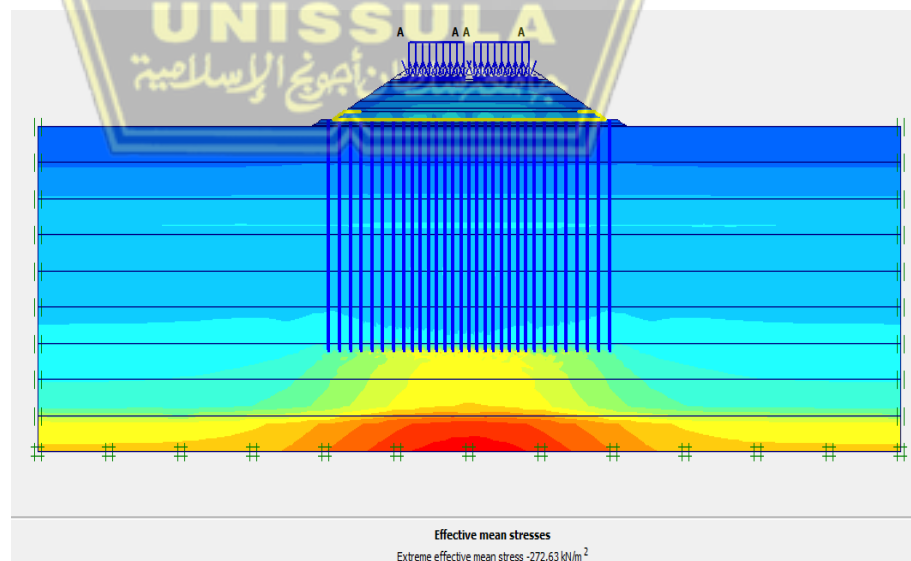
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 1 tahun sebesar $-241,39 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.126.



Gambar 4.126: Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 1 tahun sebesar $-272,63 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.127.

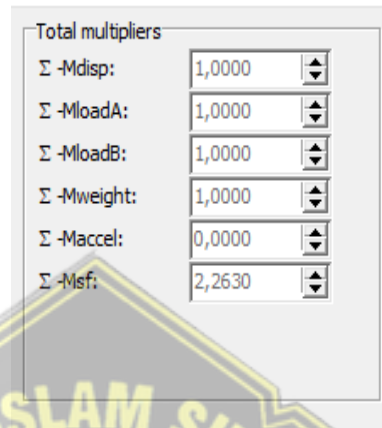


Gambar 4.127: Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *Friction Pile* setelah terkonsolidasi 1 tahun adalah 2,2630, dapat dilihat pada Gambar 4.128.

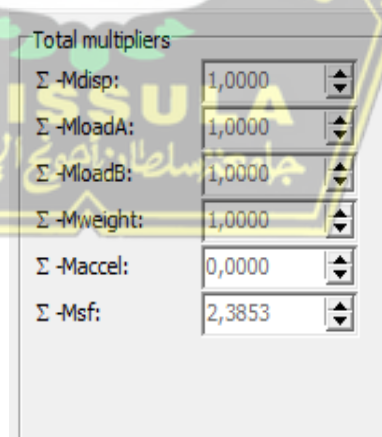


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2630

Gambar 4.128 : *Safety Factor* Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 1 tahun adalah 2,3853, dapat dilihat pada Gambar 4.129.



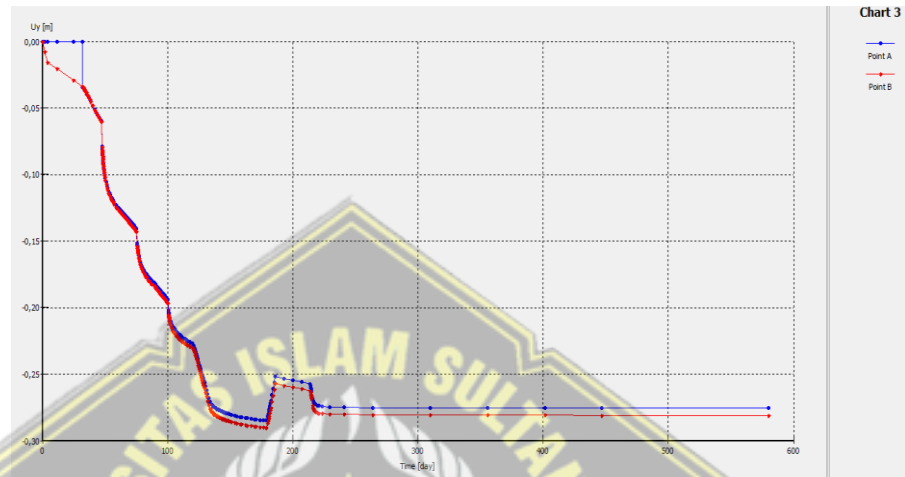
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3853

Gambar 4.129 : *Safety Factor* Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

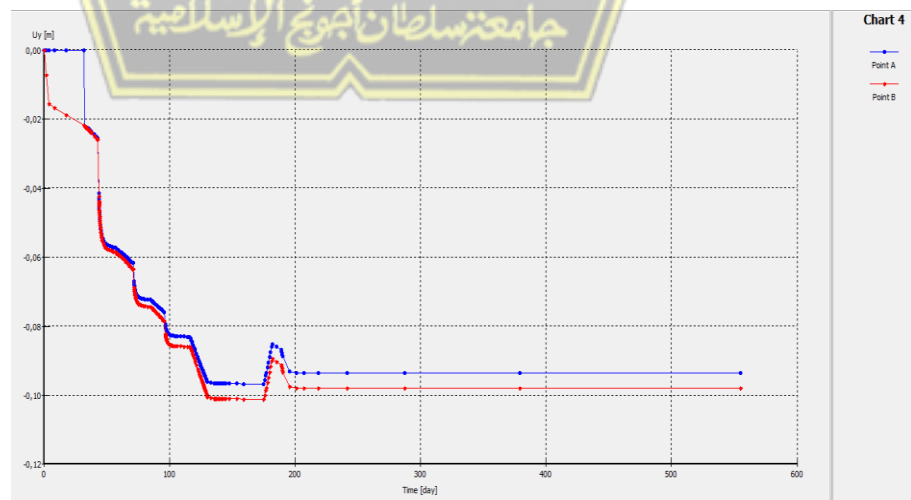
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,6 cm dan pada titik B sebesar -28,1 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.130



Gambar 4.130 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,4 cm dan pada titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.131



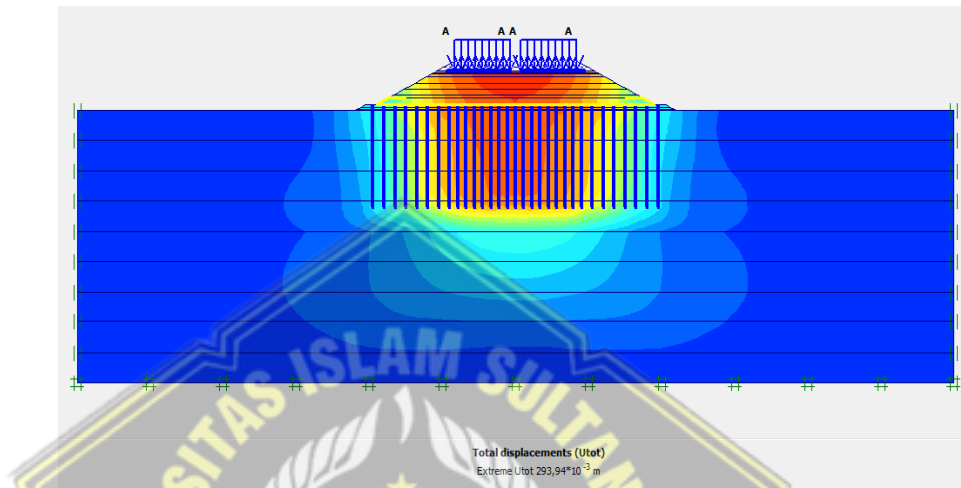
Gambar 4.131 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

4.6.4 Output Setelah Ter-konsolidasi 3 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

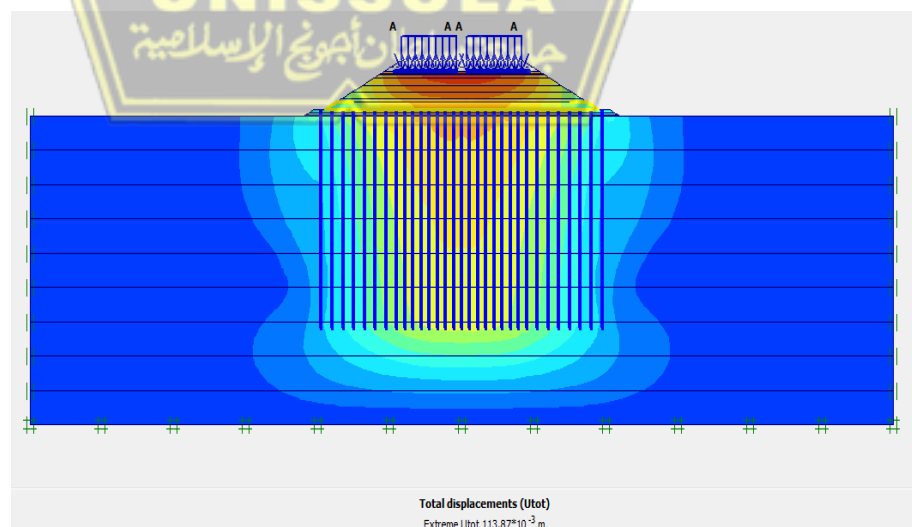
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 3 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,394 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.132.



Gambar 4132 : *Displacement* Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 3 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,387 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.133.

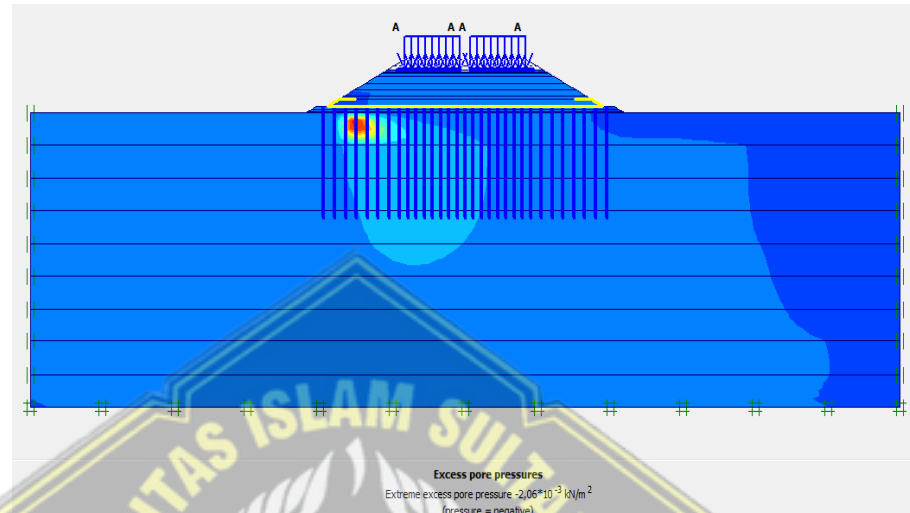


Gambar 4.133 : *Displacement* Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

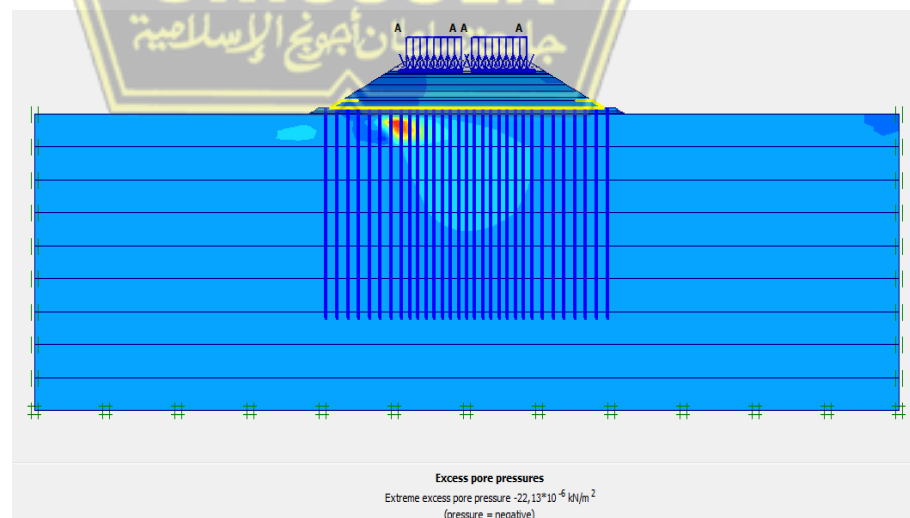
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 3 tahun sebesar $-2,06 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.134.



Gambar 4.134 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 3 tahun sebesar $-22,13 \times 10^{-6}$ kN/m² dapat dilihat pada Gambar 4.135.

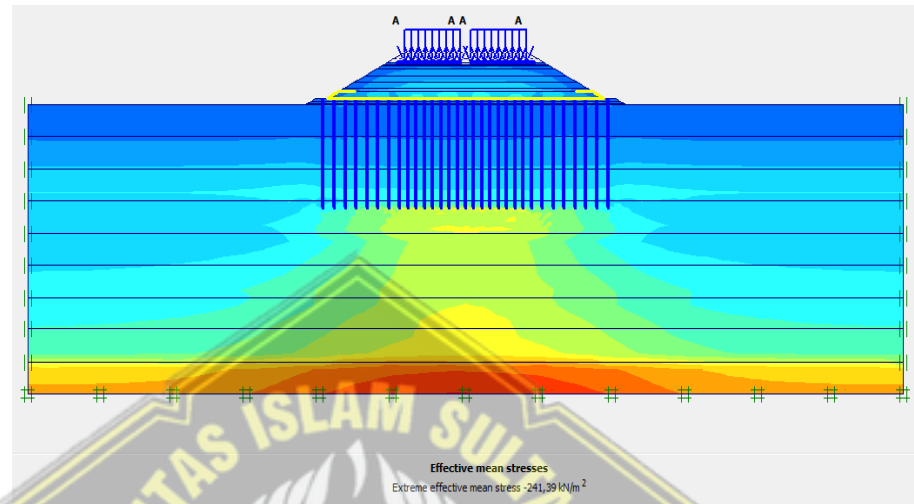


Gambar 4.135 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

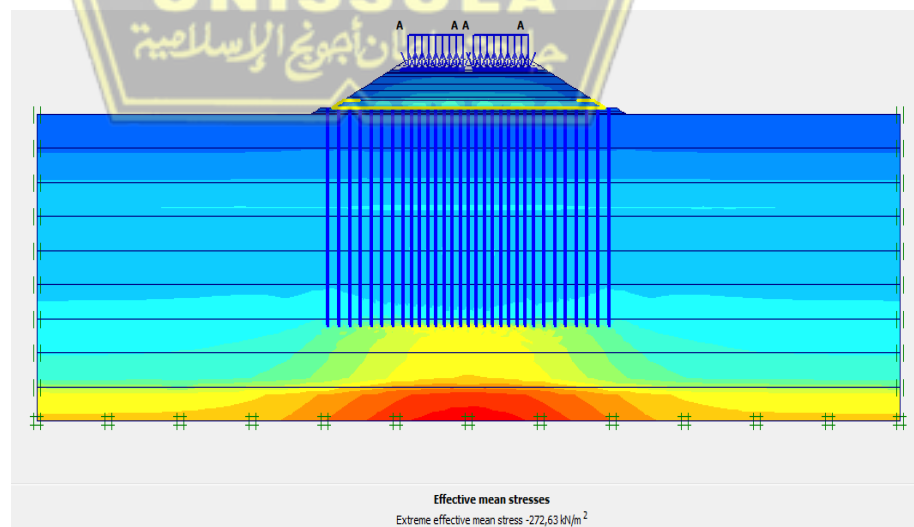
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 3 tahun sebesar $-241,39 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.136.



Gambar 4.136 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 3 tahun sebesar $-272,63 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.137.

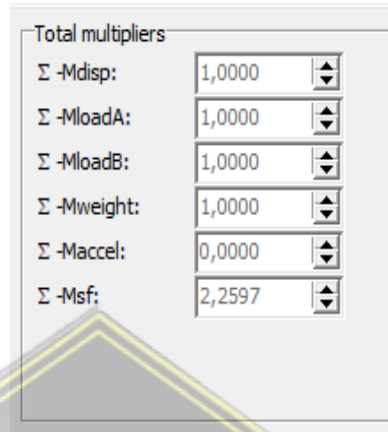


Gambar 4.137 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 3 tahun adalah 2,2597, dapat dilihat pada Gambar 4.138.

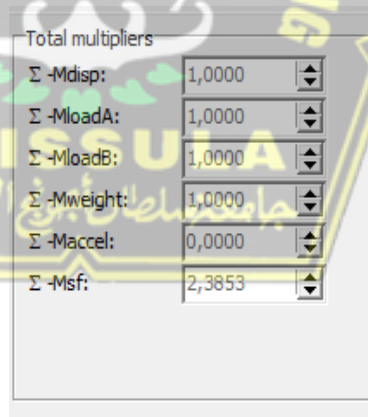


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2597

Gambar 4.138 : *Safety Factor* Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 3 tahun adalah 2,3853, dapat dilihat pada Gambar 4.139.



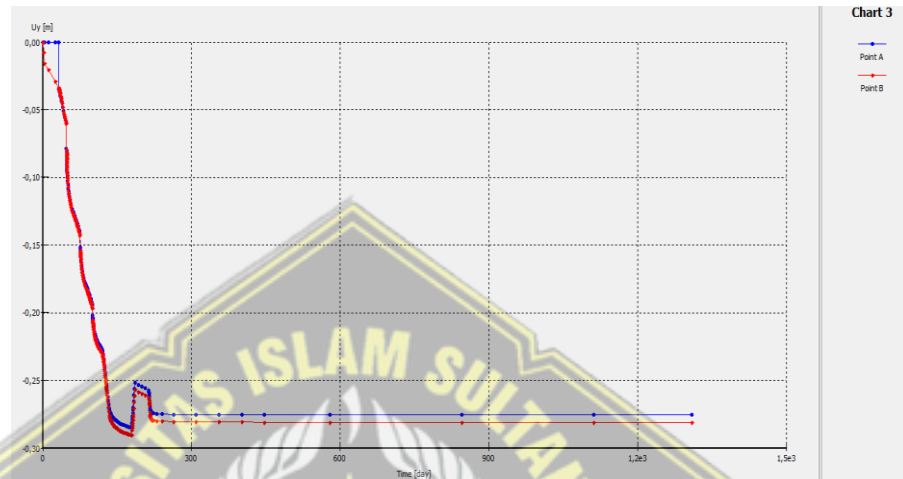
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3853

Gambar 4.139 : *Safety Factor* Konsolidasi 2 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

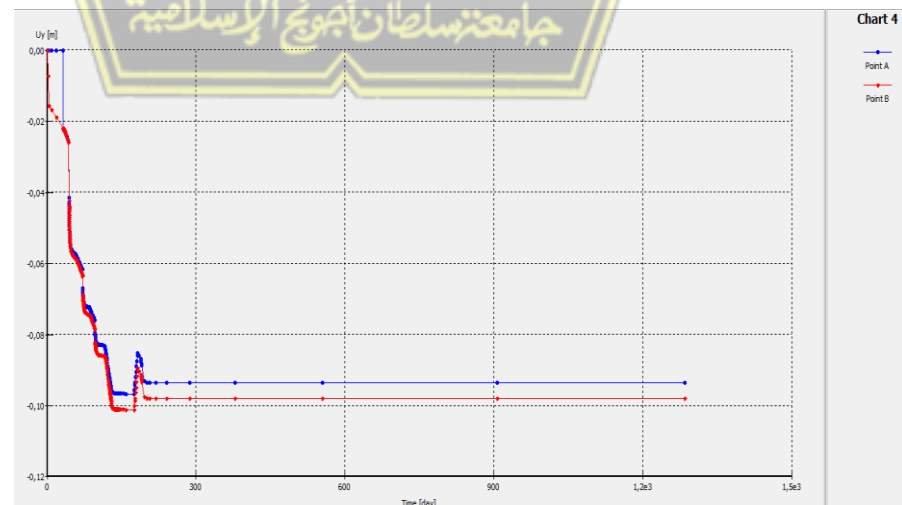
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 3 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,6 cm dan pada titik B sebesar -28,1 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.140.



Gambar 4.140 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 3 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,4 cm dan pada titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.141.



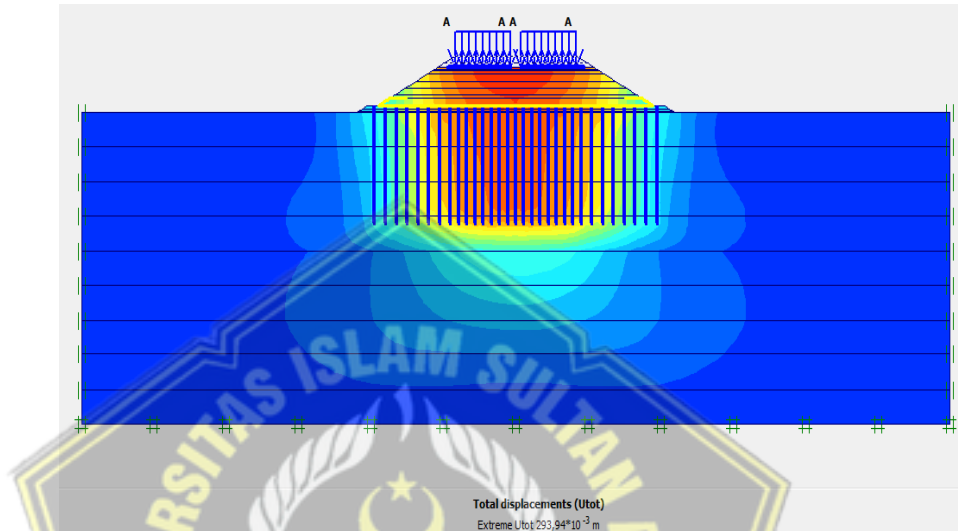
Gambar 4.141 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

4.6.5 Output Setelah Ter-konsolidasi 10 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

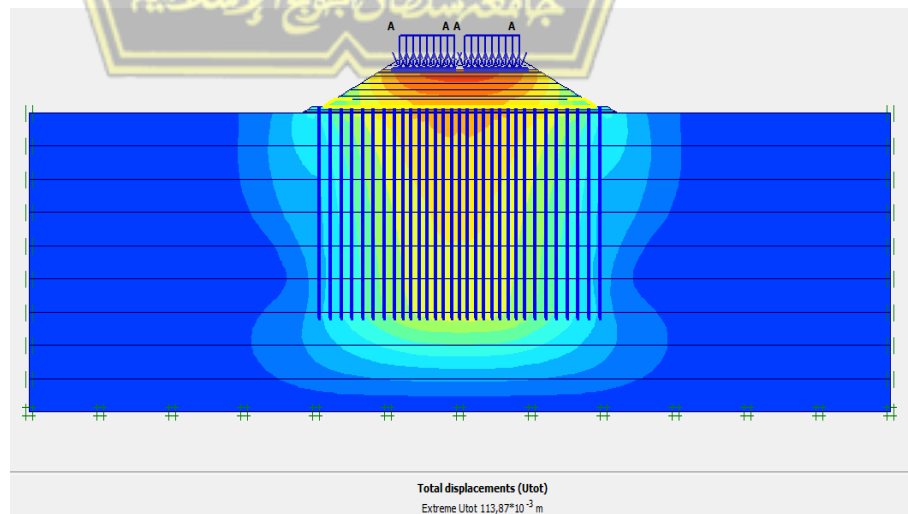
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 10 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,394 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.142.



Gambar 4.142 : *Displacement* Saat Konsolidasi 10 Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 10 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,387 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.143.

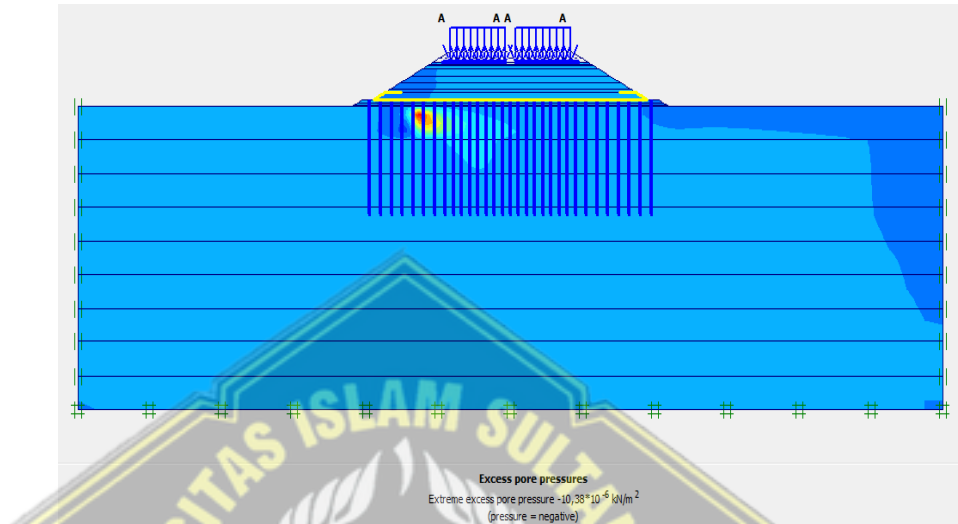


Gambar 4.143 : *Displacement* Saat Konsolidasi 10 Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

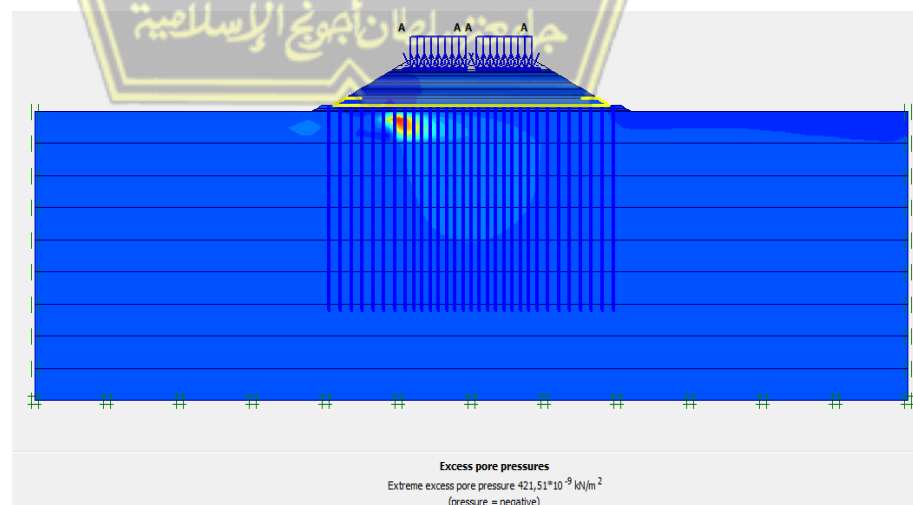
Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 10 tahun sebesar $-10,38 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.144.



Gambar 4.144 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 10 tahun sebesar $421,51 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.145

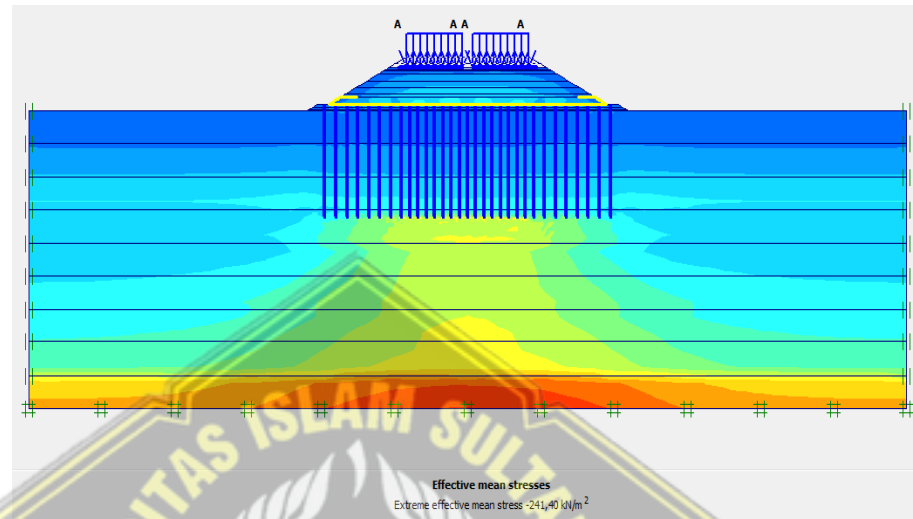


Gambar 4.145 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

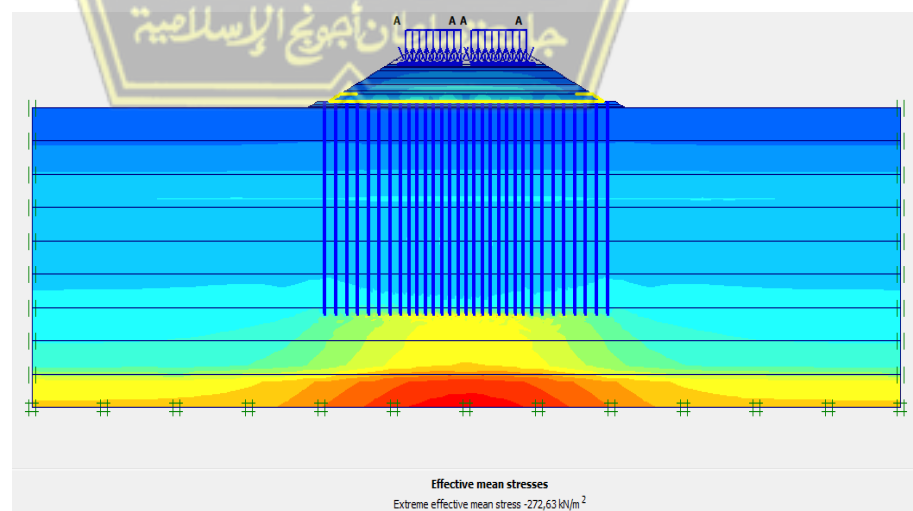
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 10 tahun sebesar $-241,40 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.146.



Gambar 4.146 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 10 tahun sebesar $-272,63 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.147.

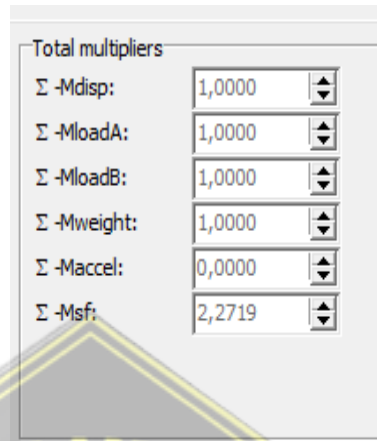


Gambar 4.147 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

d. Safety Factor

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 10 tahun adalah 2,2719 dapat dilihat pada Gambar 4.148

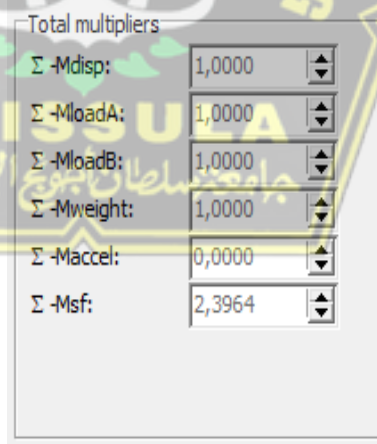


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2719

Gambar 4.148 : *Safety Factor* Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 10 tahun adalah 2,3964, dapat dilihat pada Gambar 4.149.



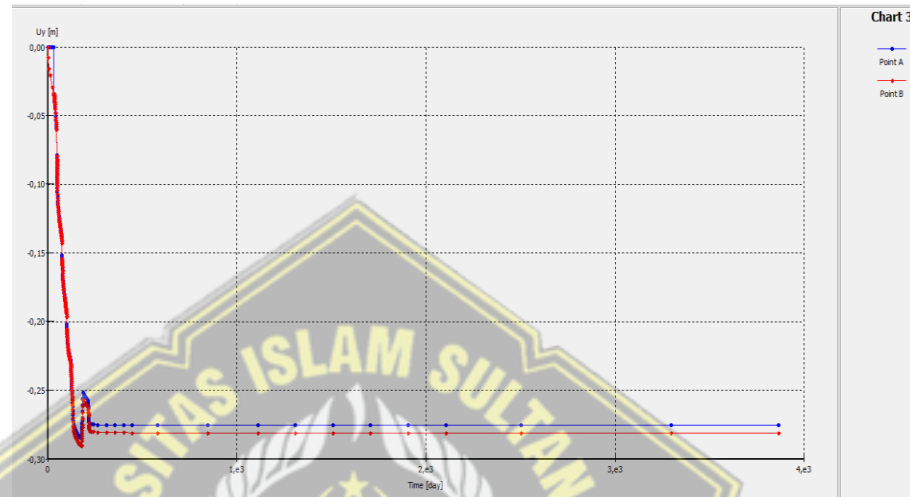
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3964

Gambar 4.149 : *Safety Factor* Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

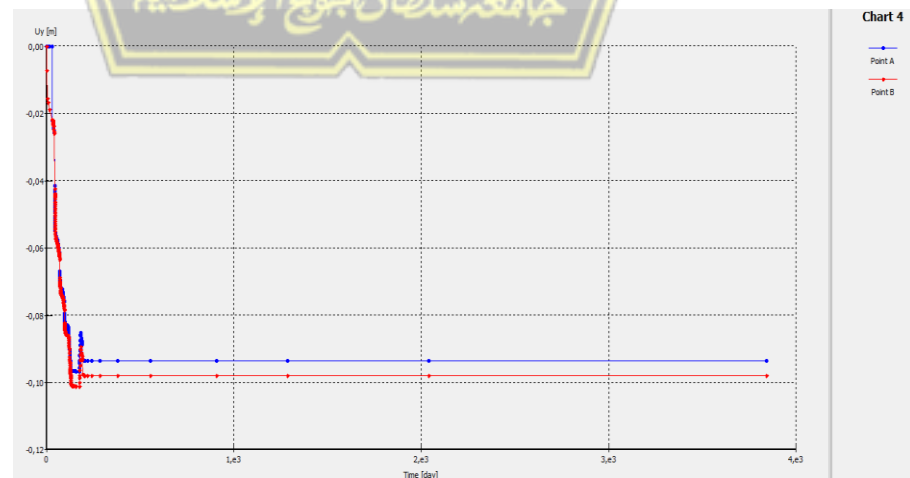
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 10 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,6 cm dan pada titik B sebesar -28,1 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.150.



Gambar 4.150 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,4 cm dan pada titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.151.



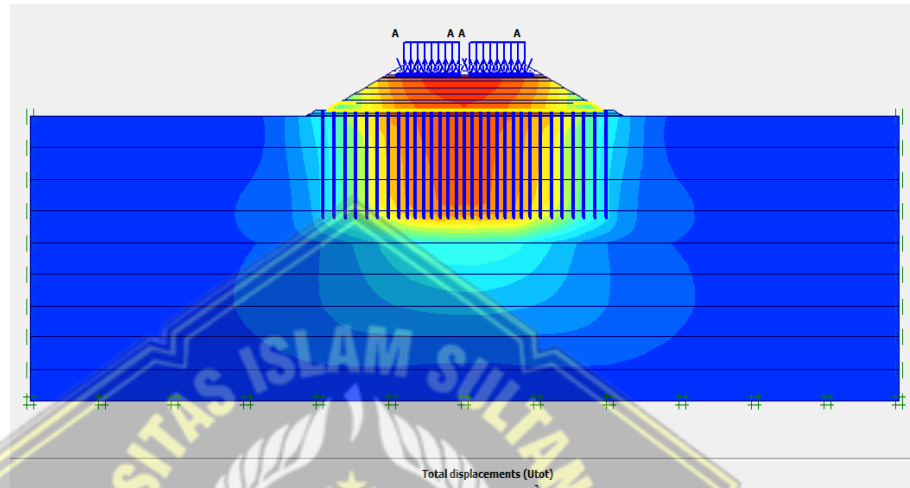
Gambar 4.151 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

4.6.6 Output Setelah Ter-konsolidasi 50 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

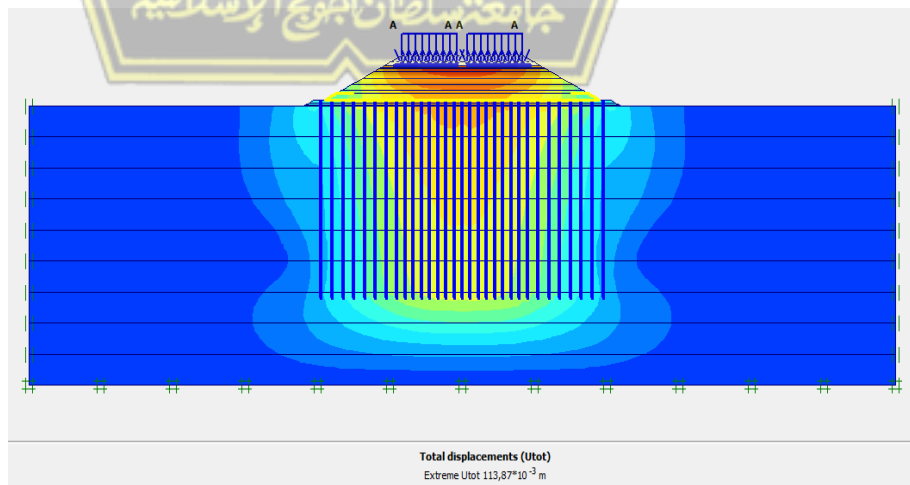
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 50 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,394 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.152.



Gambar 4.152 :*Displacement* Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 50 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,387 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.153.

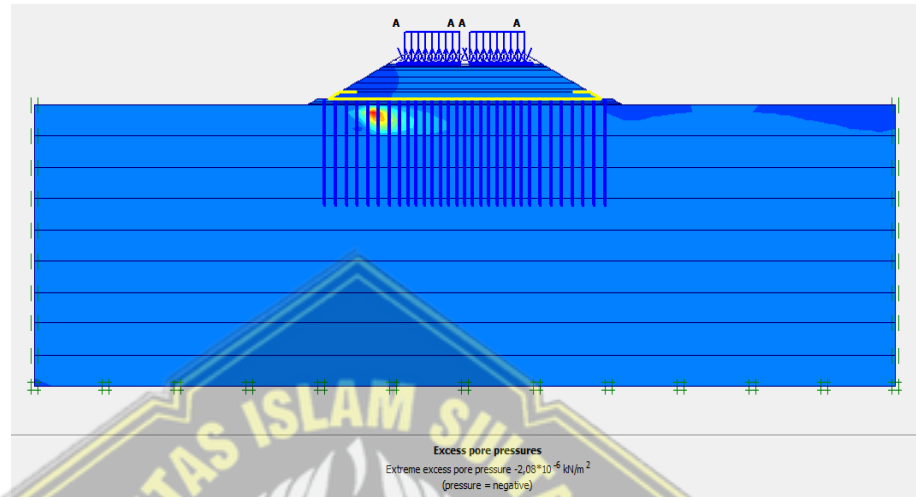


Gambar 4.153 :*Displacement* Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

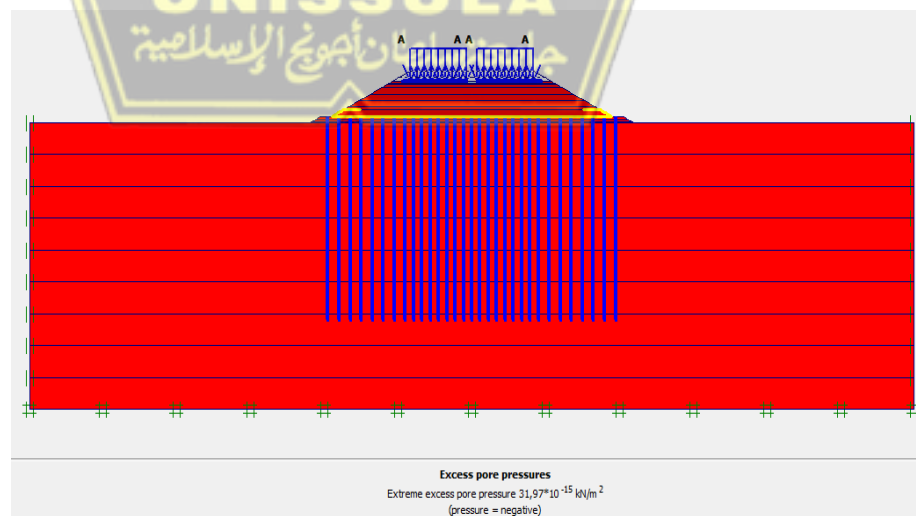
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 50 tahun sebesar $-2,08 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.154.



Gambar 4.154 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 50 tahun sebesar $31,97 \times 10^{-15}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.155.

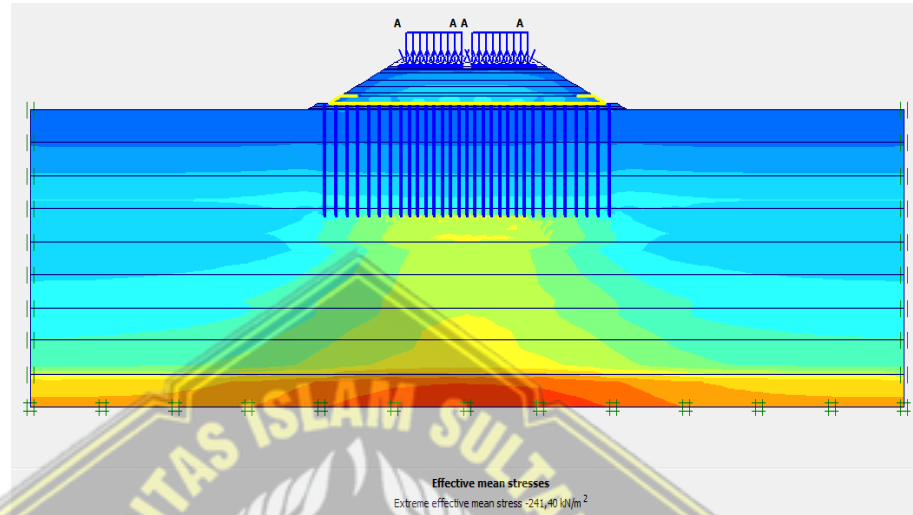


Gambar 4.155 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

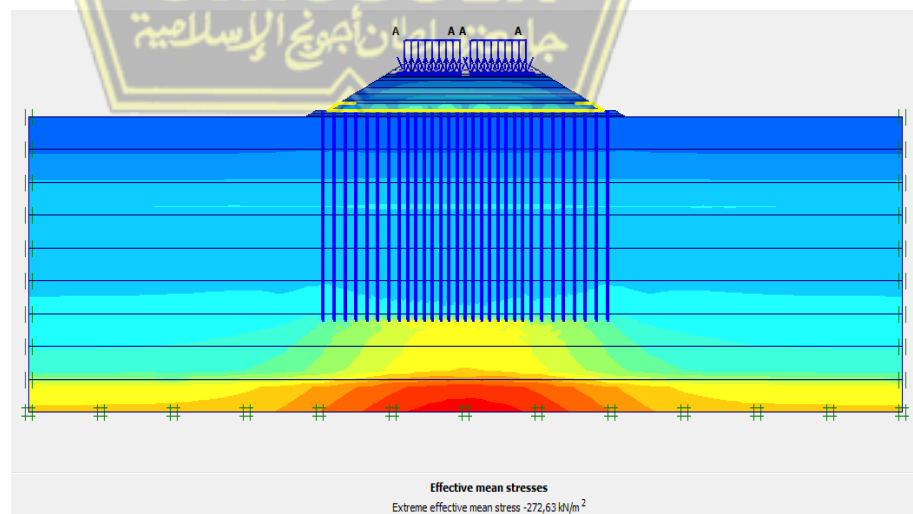
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *Friction pile* setelah konsolidasi 50 tahun sebesar $-241,40 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.156.



Gambar 4.156 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 50 tahun sebesar $-272,63 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.157.

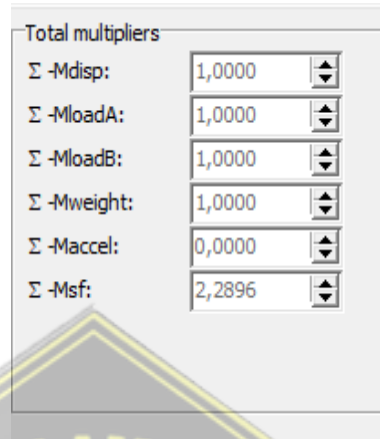


Gambar 4.157 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 50 tahun adalah 2,2896, dapat dilihat pada Gambar 4.158.

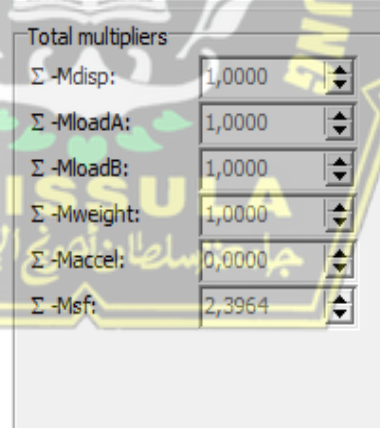


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2896

Gambar 4.158 : *Safety Factor* Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 50 tahun adalah 2,3964, dapat dilihat pada Gambar 4.159.



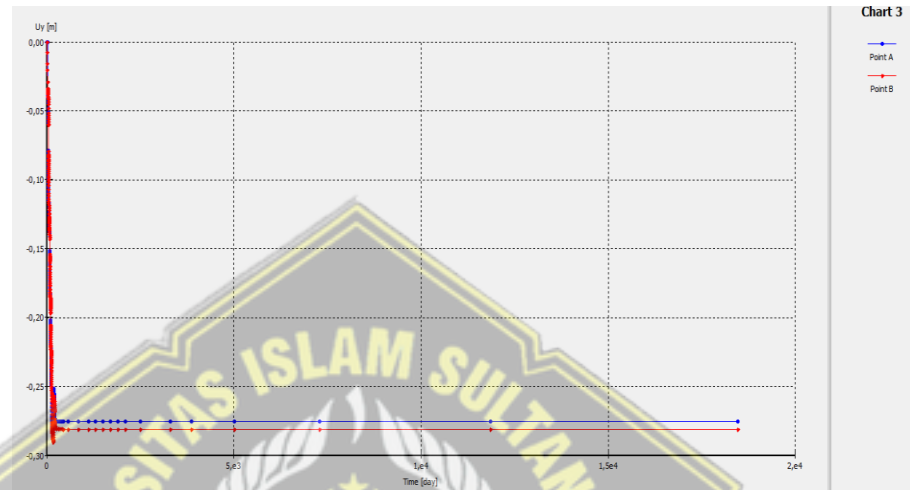
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3964

Gambar 4.159 : *Safety Factor* Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

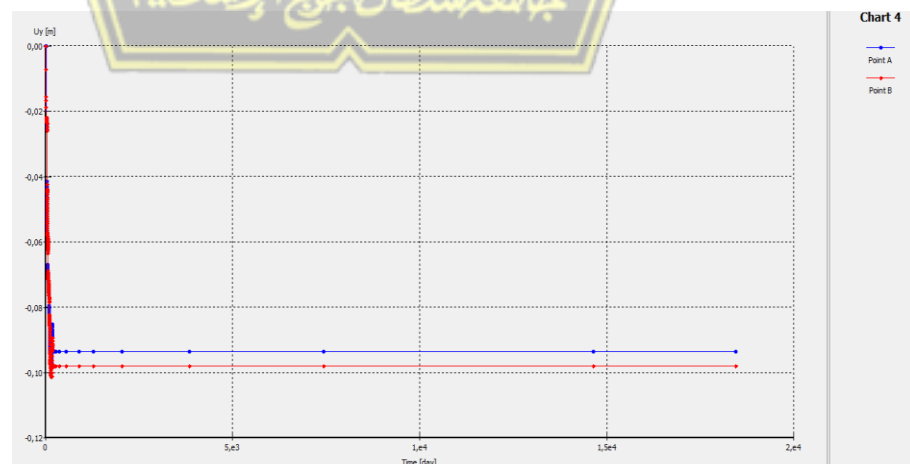
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,6 cm dan pada titik B sebesar -28,1 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.160.



Gambar 4.160 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,4 cm dan pada titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.161.



Gambar 4.161 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bering Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

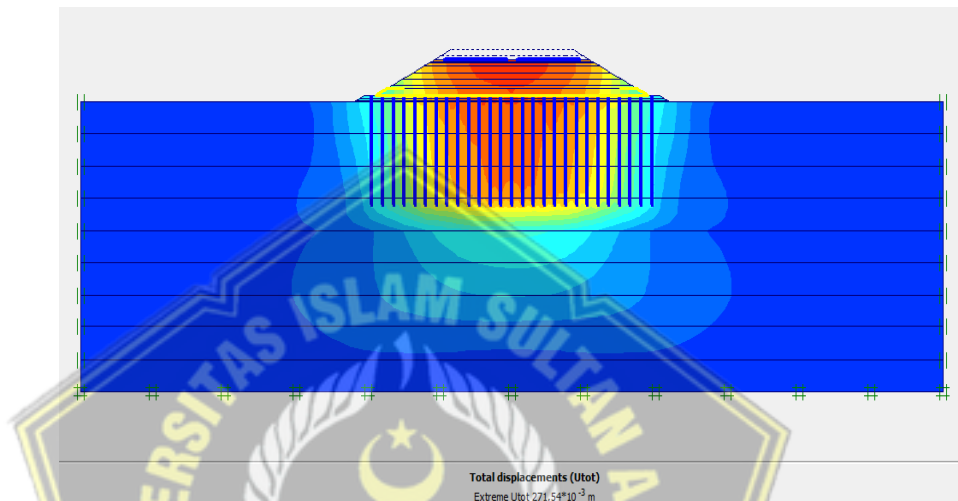
4.7 Hasil Perhitungan Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

4.7.1 Output Setelah Perkerasan Jalan Bekerja

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

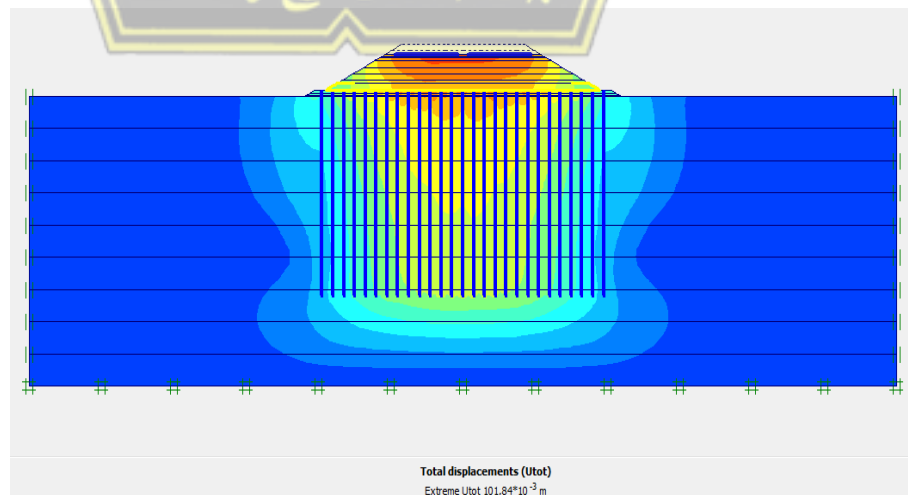
Pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan maka kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 27,154 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.162.



Gambar 4.162 : *Displacement* Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah perkerasan jalan dilakukan maka kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 10,184 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.163.

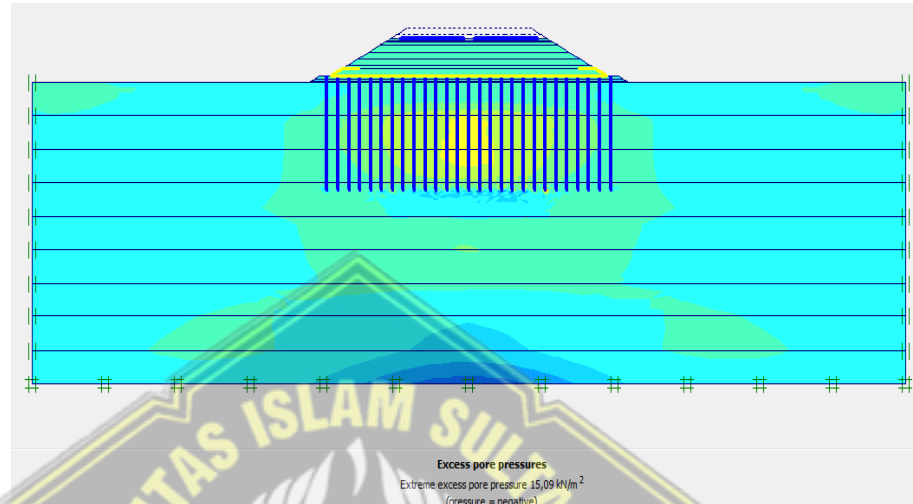


Gambar 4.163 : *Displacement* Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

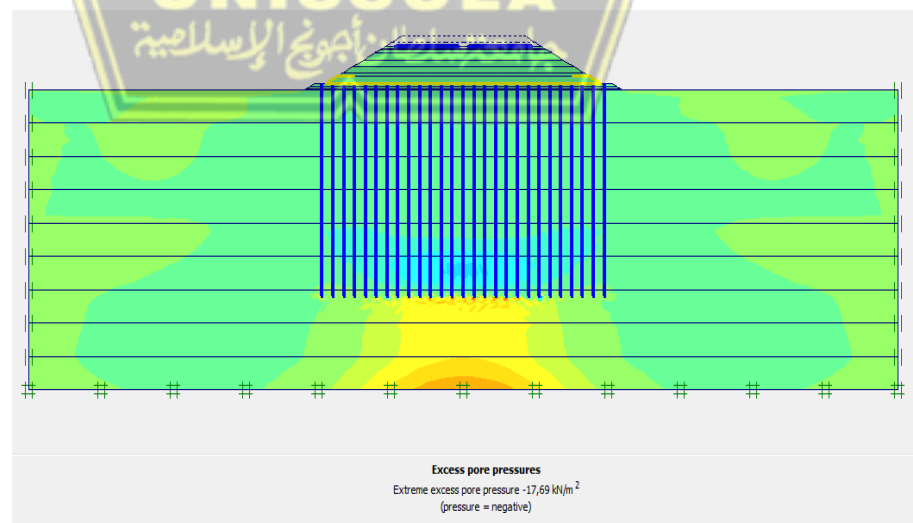
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*) pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar 15,09 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.164.



Gambar 4.164 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Setelah perkerasan jalan dilakukan pada permodelan *end bearing pile* maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar - 17,69 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.165.

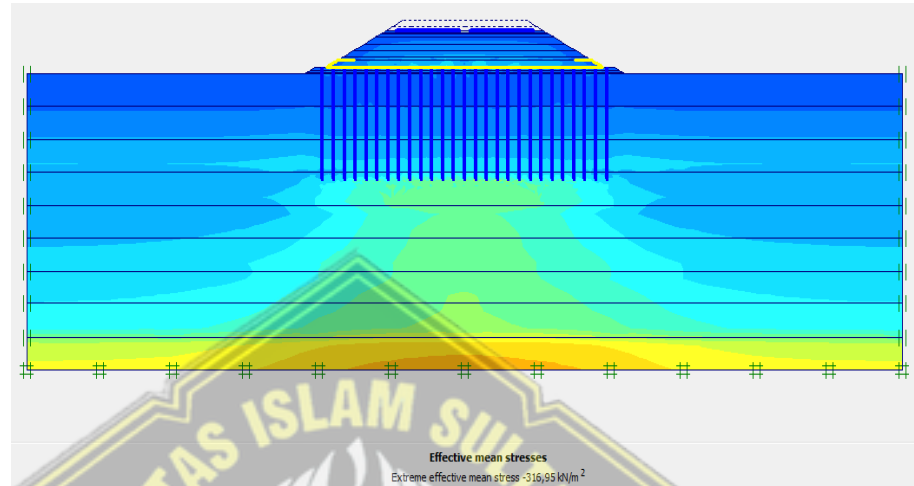


Gambar 4.165 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

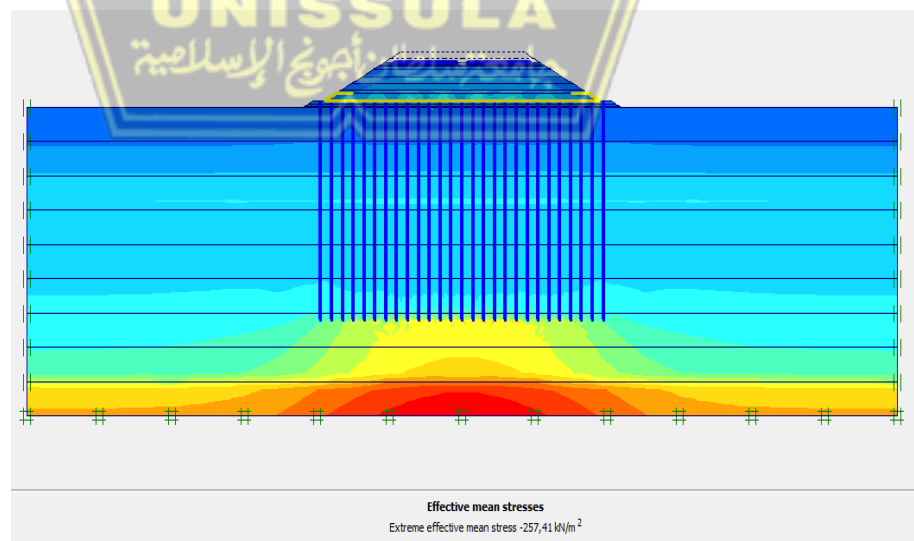
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $-316,95 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.166.



Gambar 4.166 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah perkerasan jalan dilakukan sebesar $-257,41 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.167.



Gambar 4.167 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

d. *Safety Factor*

- Permodelan *Friction Pile*

Safety factor setelah perkerasan jalan pada permodelan *friction pile* dengan variasi jarak antar tiang adalah 2,2830, dapat dilihat pada Gambar 4.168.

Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2830

Gambar 4.168 : *Safety Factor* Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- Permodelan *End Bearing Pile*

Safety factor setelah perkerasan jalan pada permodelan *end bearing pile* dengan variasi jarak antar tiang adalah 2,2561, dapat dilihat pada Gambar 4.169.

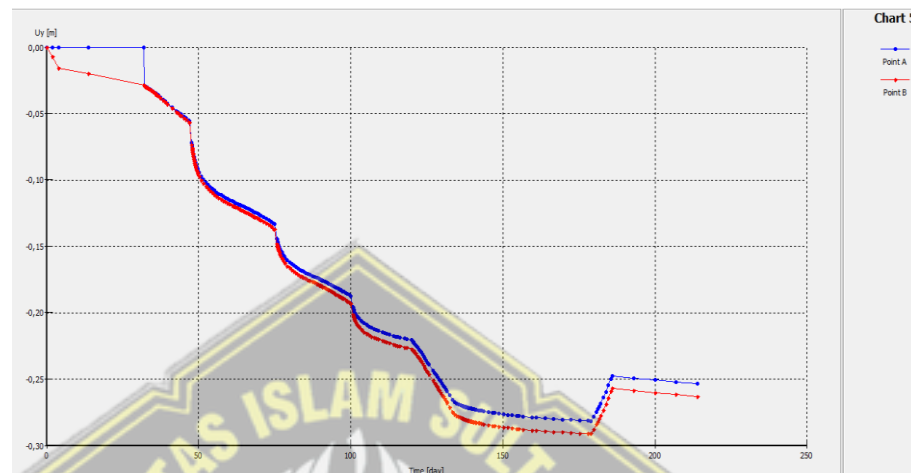
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,2561

Gambar 4.169 : *Safety Factor* Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

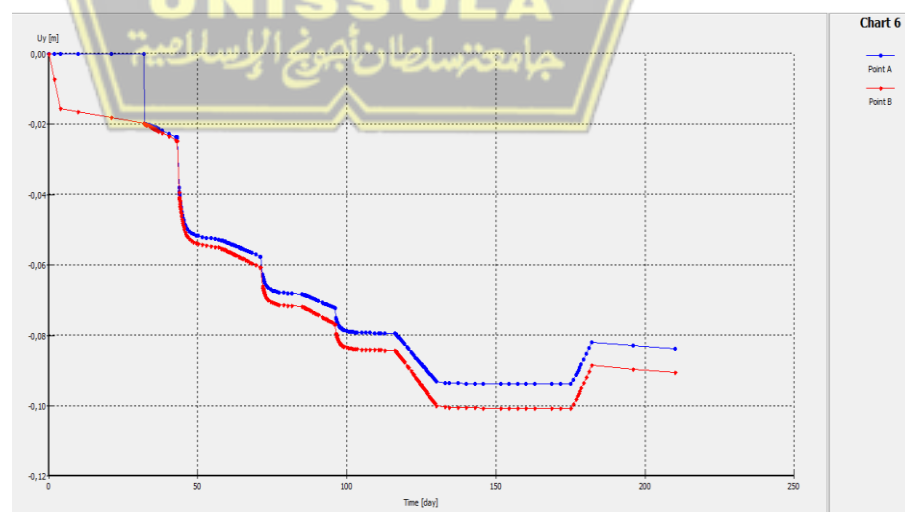
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah perkerasan jalan dilakukan yaitu pada titik A sebesar -25,4 cm dan pada titik B sebesar -26,3 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.170.



Gambar 4.170: Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *End Bearing Pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah dilakukan yaitu pada titik A sebesar -8,4 cm dan pada titik B sebesar -9,1 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.171.



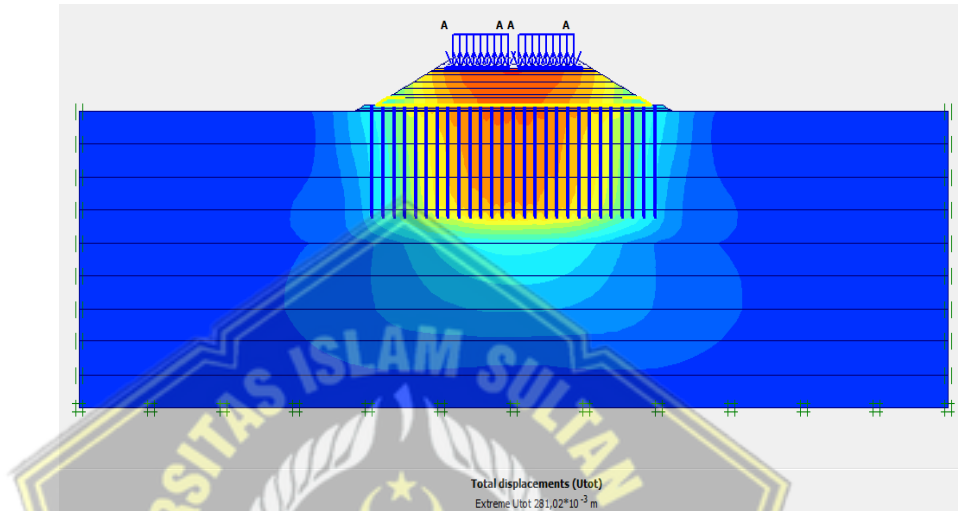
Gambar 4.171: Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Perkerasan Jalan Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

4.7.2 Output Setelah Beban Lalu Lintas Bekerja

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

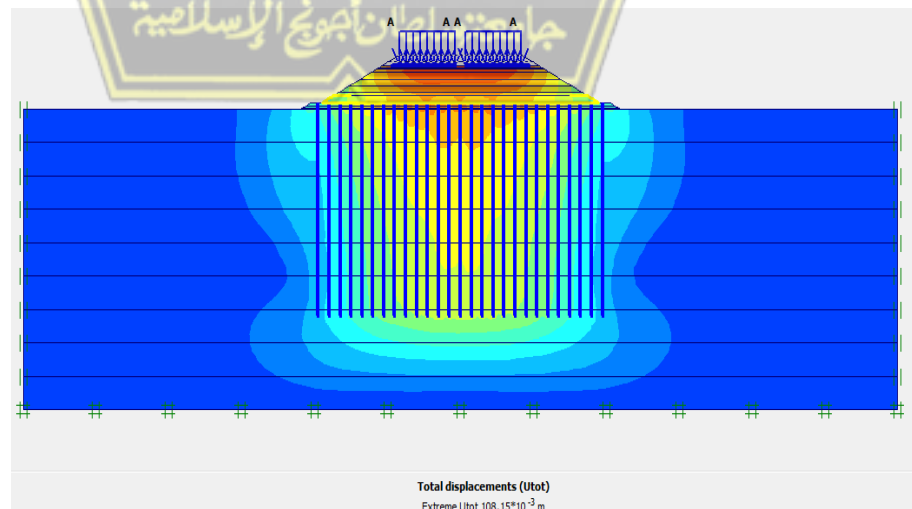
Pada permodelan *friction pile* setelah beban lalu lintas bekerja maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 28,102 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.172.



Gambar 4.172 : *Displacement* Saat Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja maka konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 10,815 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.173.

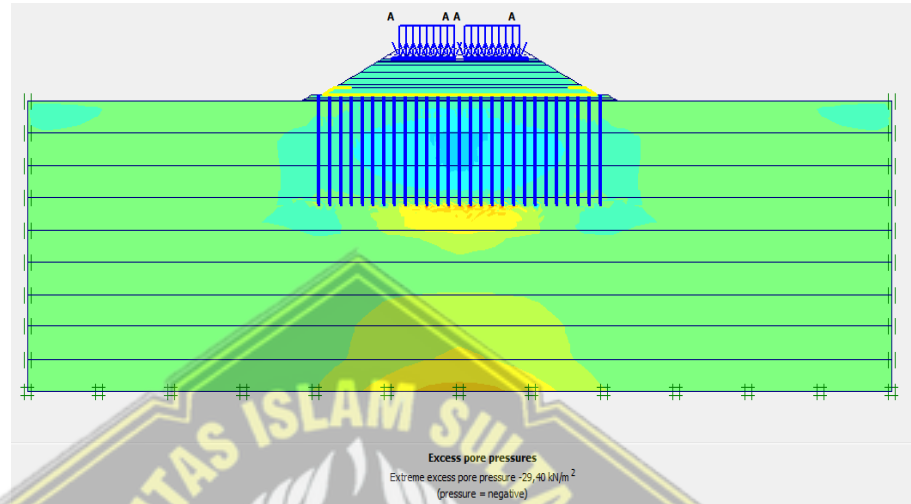


Gambar 4.173 : *Displacement* Beban Lalu Lintas Bekerja Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

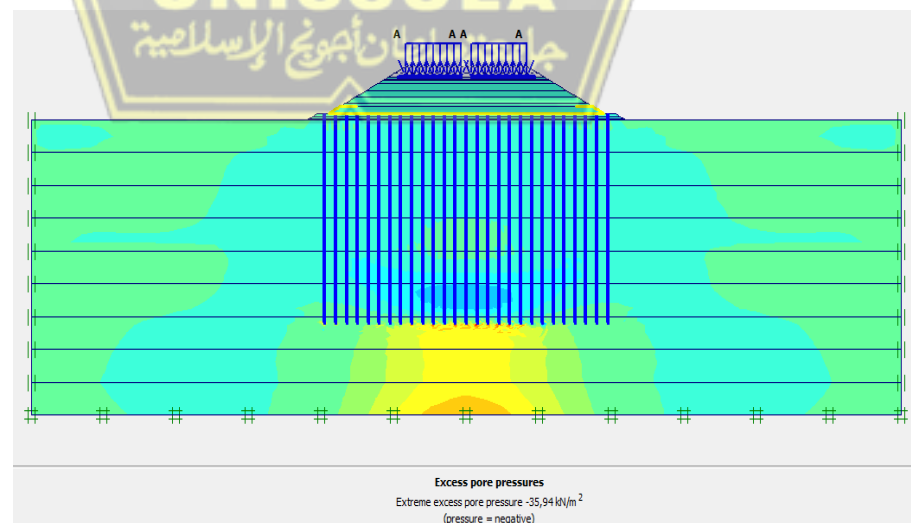
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *friction pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar - 29,40 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.174.



Gambar 4.174: Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar - 35,94 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.175.

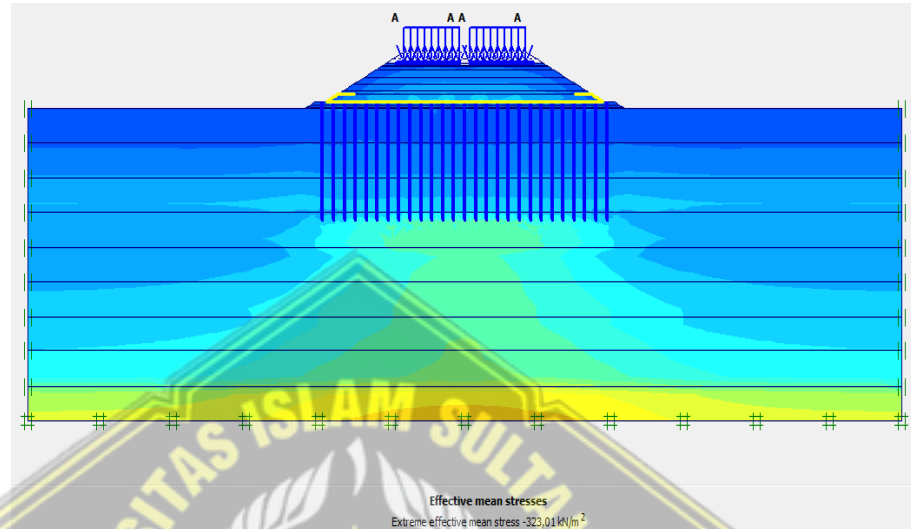


Gambar 4.175: Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

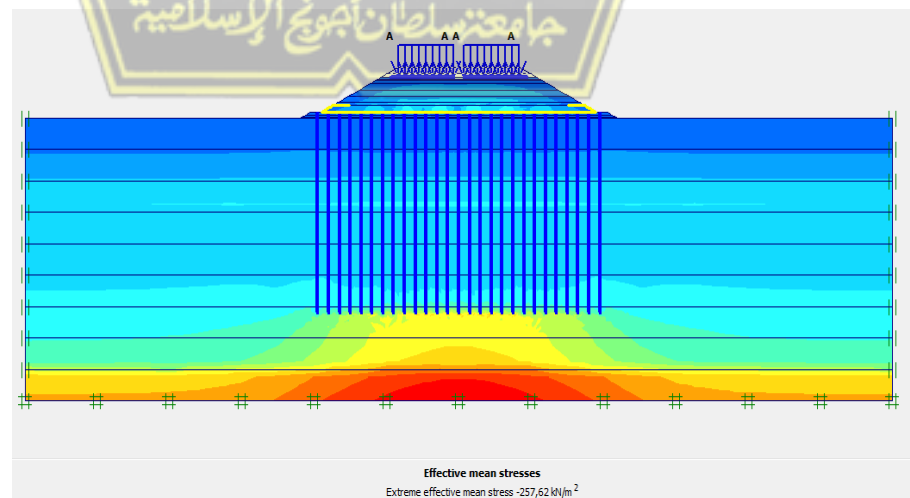
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *Friction Pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar $-323,01 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.176.



Gambar 4.176 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah beban lalu lintas bekerja sebesar $-257,62 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.177.

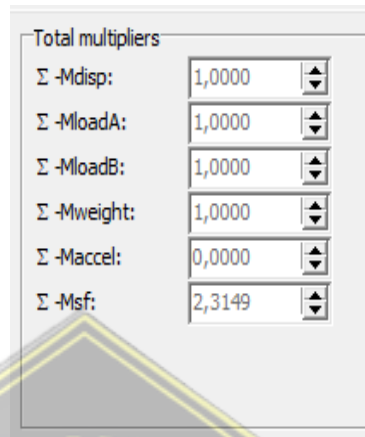


Gambar 4.177 : Tegangan Efektif Rata-Rata Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor setelah beban lalu lintas bekerja pada permodelan *friction pile* adalah 2,3149, dapat dilihat pada Gambar 4.178.

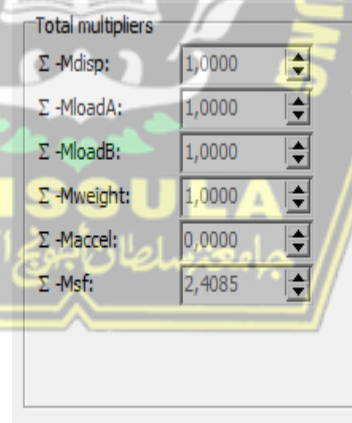


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3149

Gambar 4.178: *Safety Factor* Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor setelah beban lalu lintas bekerja pada permodelan *end bearing pile* adalah 2,4085, dapat dilihat pada Gambar 4.179.



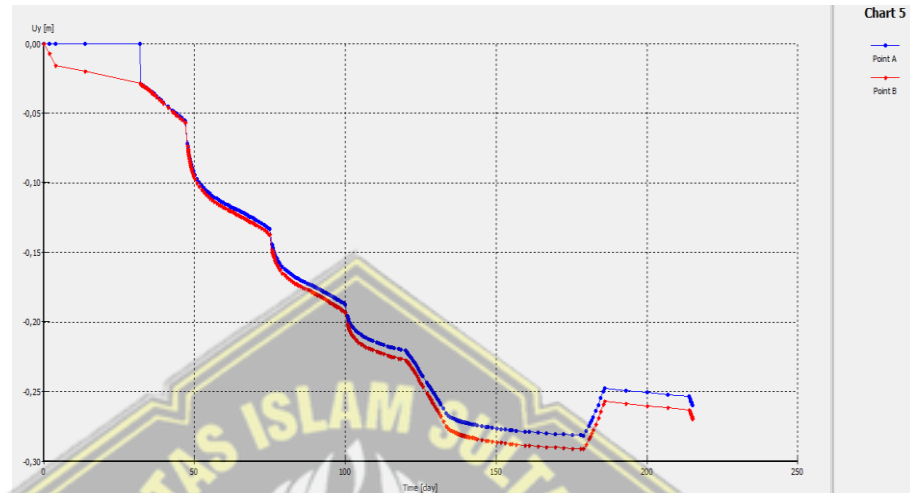
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,4085

Gambar 4.179 : *Safety Factor* Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

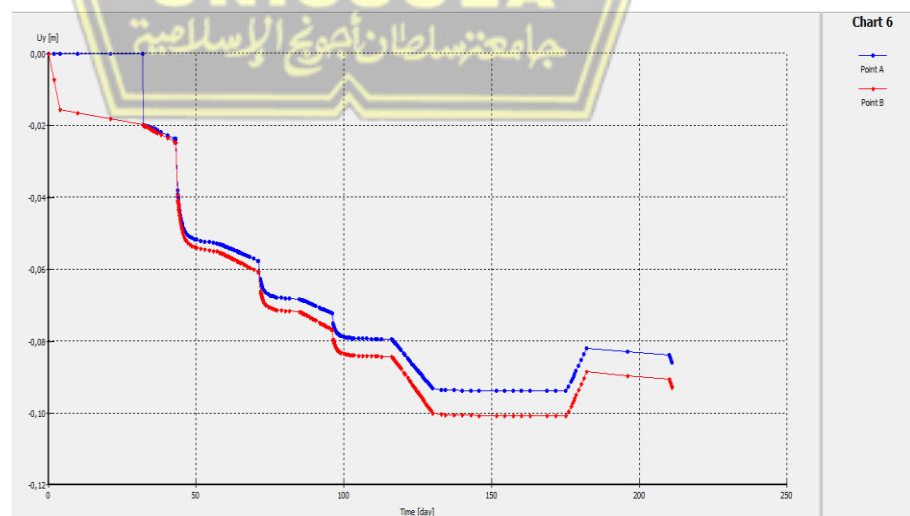
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah beban lalu lintas bekerja yaitu pada titik A sebesar -25,7 cm dan pada titik B sebesar -26,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.180.



Gambar 4.180 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah beban lalu lintas bekerja yaitu pada titik A -8,5 cm dan pada titik B sebesar -9,2 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.181.



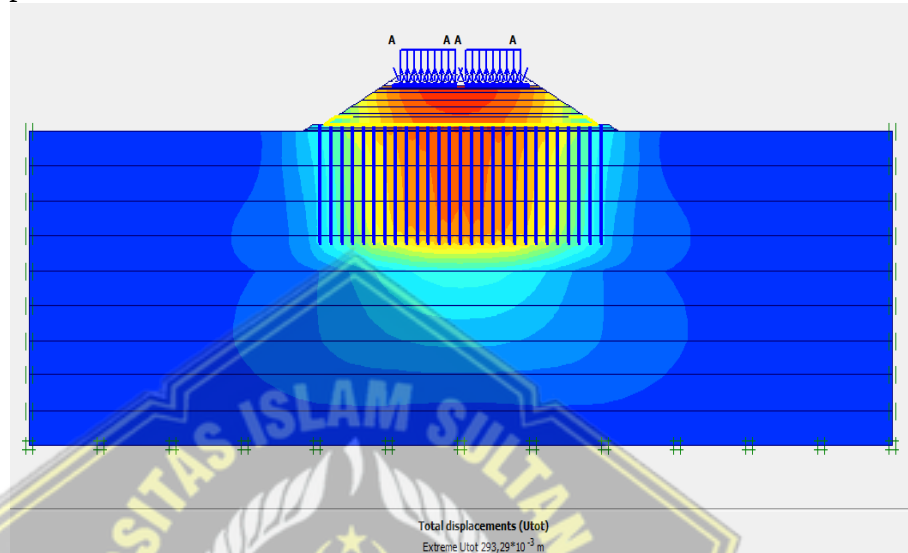
Gambar 4.181 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Saat Beban Lalu Lintas Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

4.7.3 Output Setelah Ter-konsolidasi 1 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

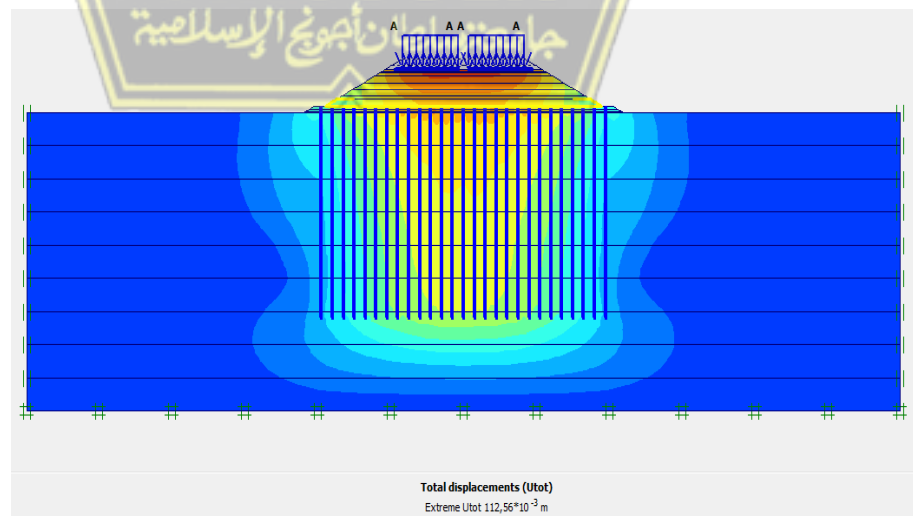
Pada permodelan *Friction pile* setelah konsolidasi 1 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,329 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.182.



Gambar 4.182 : *Displacement* Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 1 tahun konstruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,256 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.183.

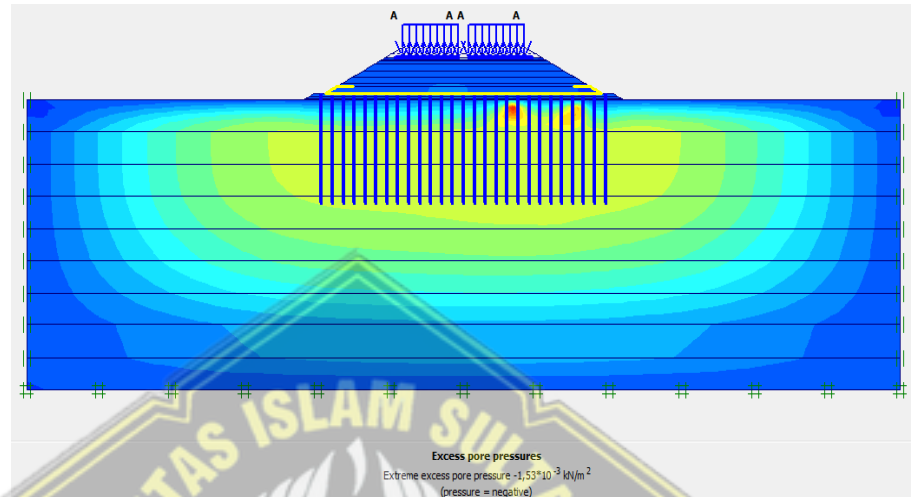


Gambar 4.183 : *Displacement* setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *end bearing pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

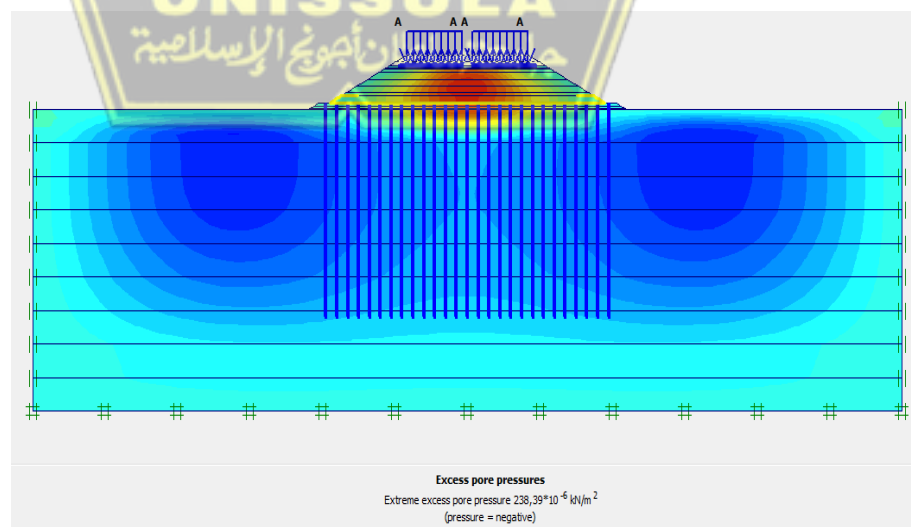
Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 1 tahun sebesar $-1,53 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.184.



Gambar 4.184: Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Saat Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 1 tahun sebesar $238,39 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.185.

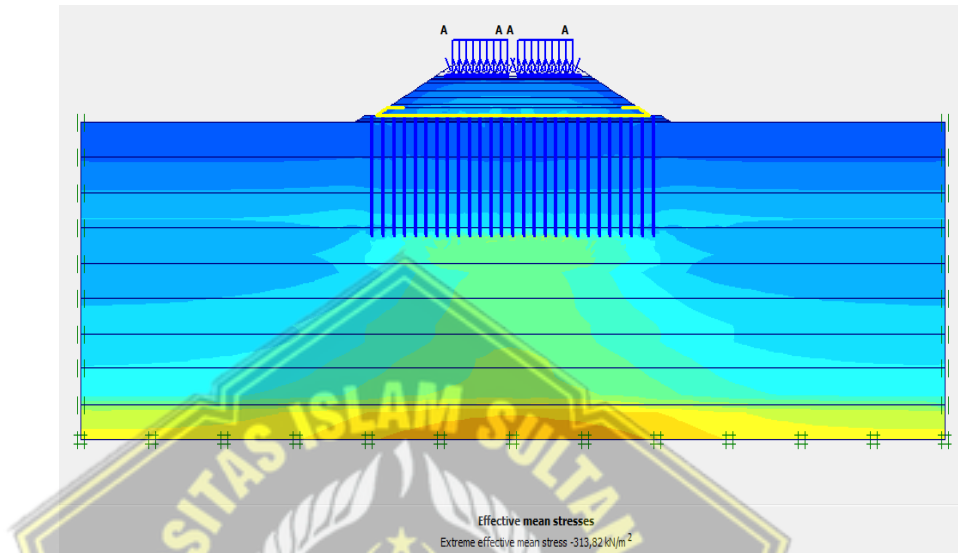


Gambar 4.185 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

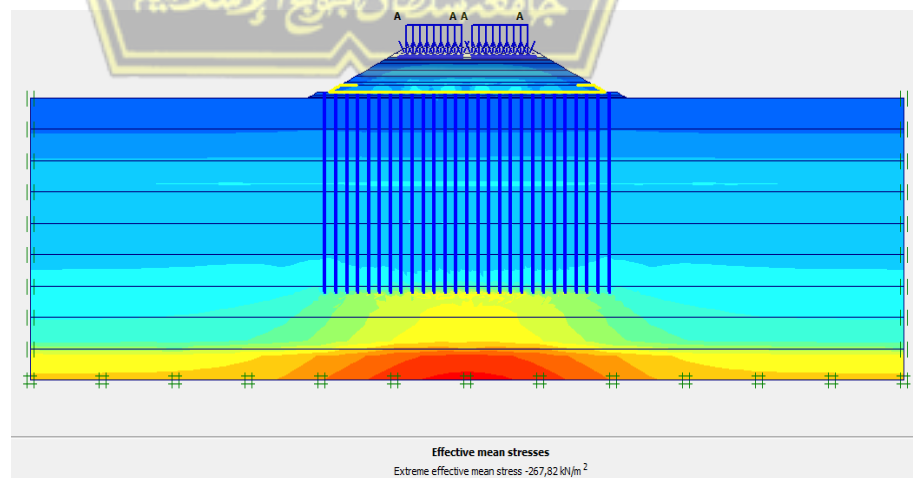
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 1 tahun sebesar $-313,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.186.



Gambar 4.186: Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 1 tahun sebesar $-267,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.187.

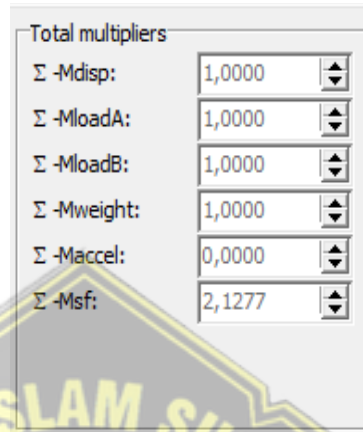


Gambar 4.187 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *Friction Pile* setelah terkonsolidasi 1 tahun adalah 2,1277, dapat dilihat pada Gambar 4.188.

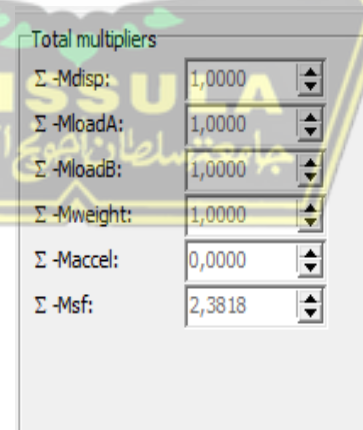


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,1277

Gambar 4.188: *Safety Factor* Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 1 tahun adalah 2,3818, dapat dilihat pada Gambar 4.189.



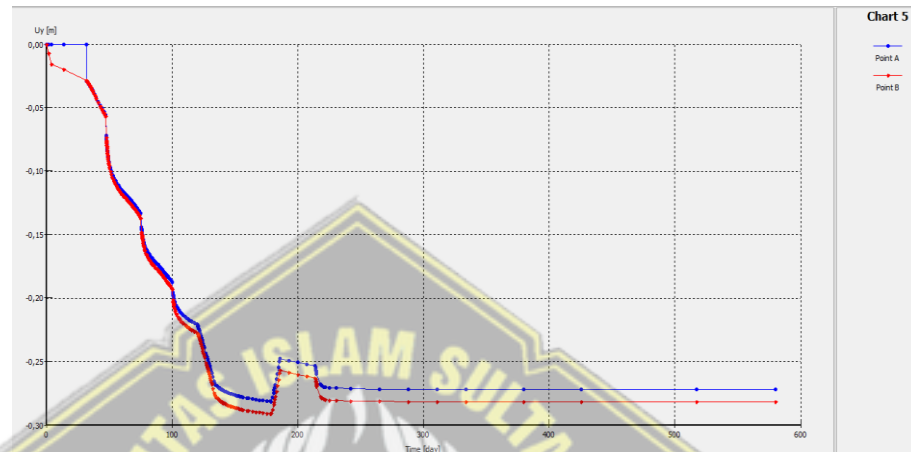
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3818

Gambar 4.189 : *Safety Factor* Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

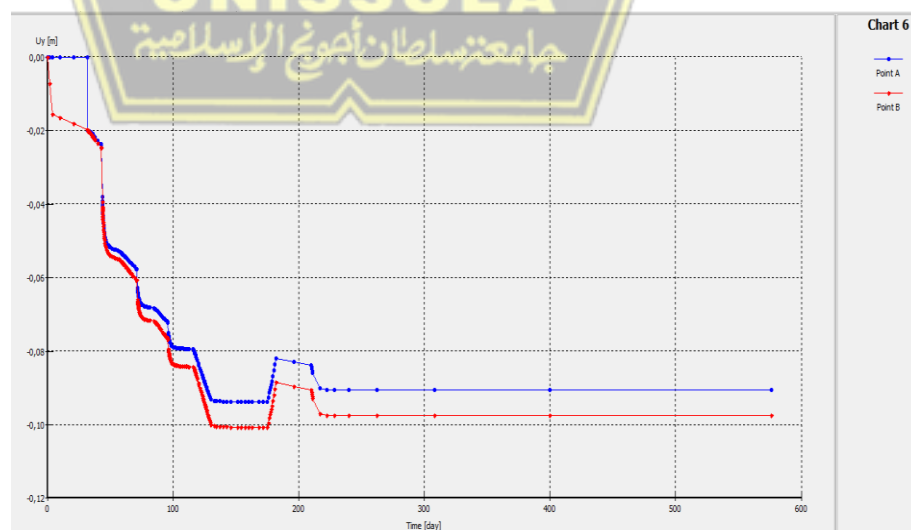
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,2 cm dan pada titik B sebesar -28,2 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.190



Gambar 4.190 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,1 cmdan pada titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.191.



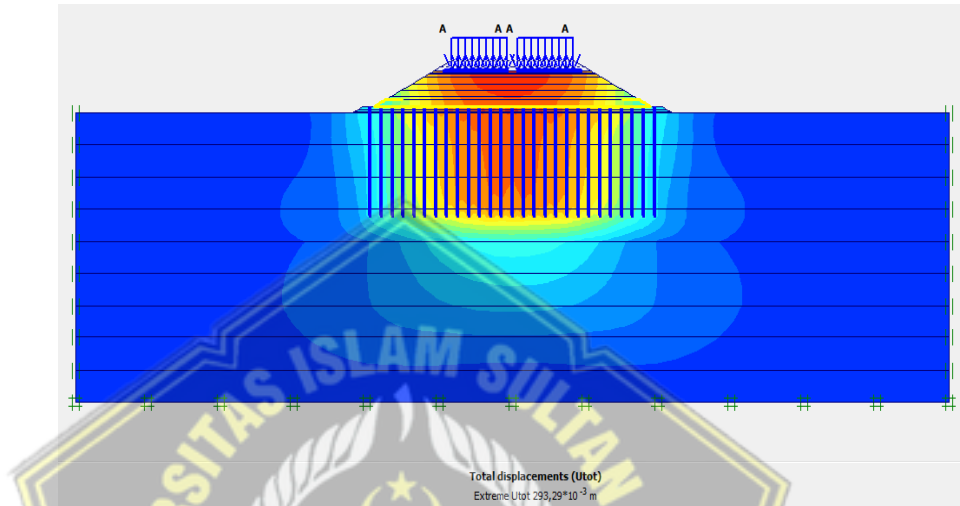
Gambar 4.191 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 1 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

4.7.4 Output Setelah Ter-konsolidasi 3 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

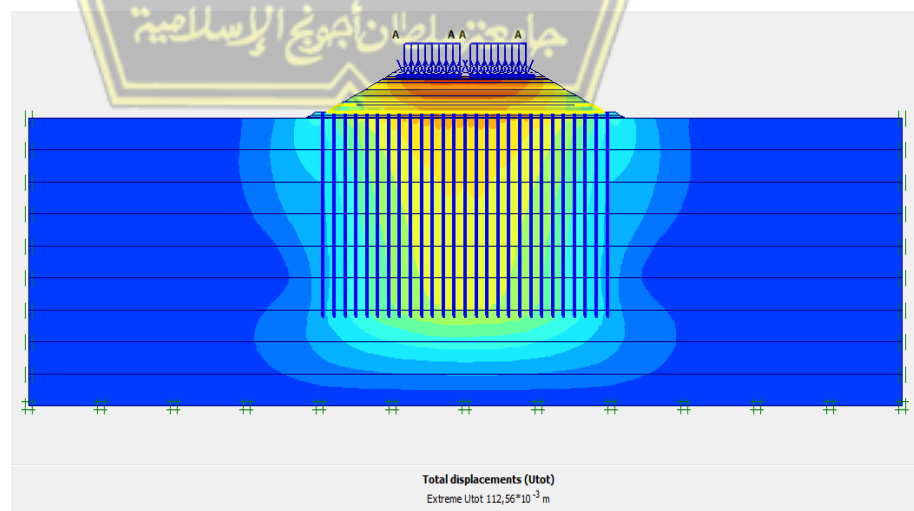
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 3 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,329 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.192.



Gambar 4.192 : *Displacement* Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 3 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,256 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.193.

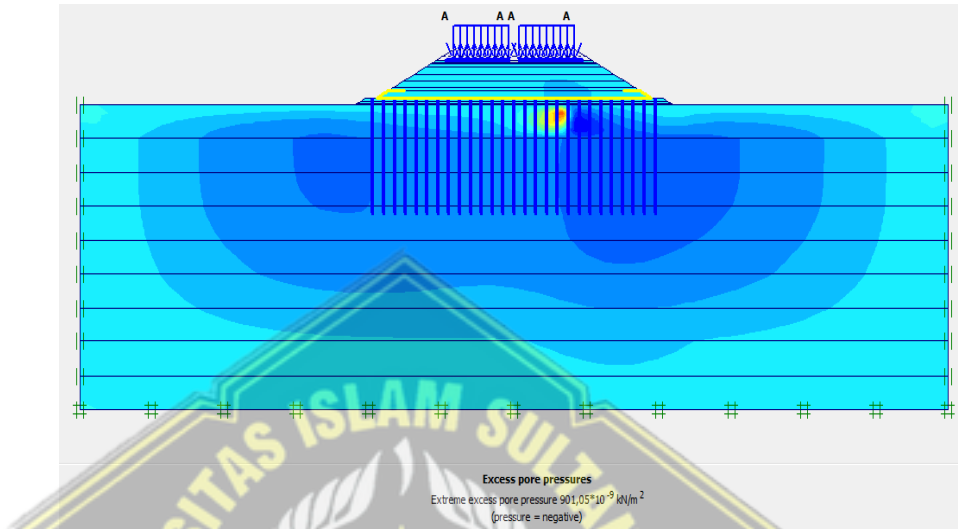


Gambar 4.193 : *Displacement* Saat Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

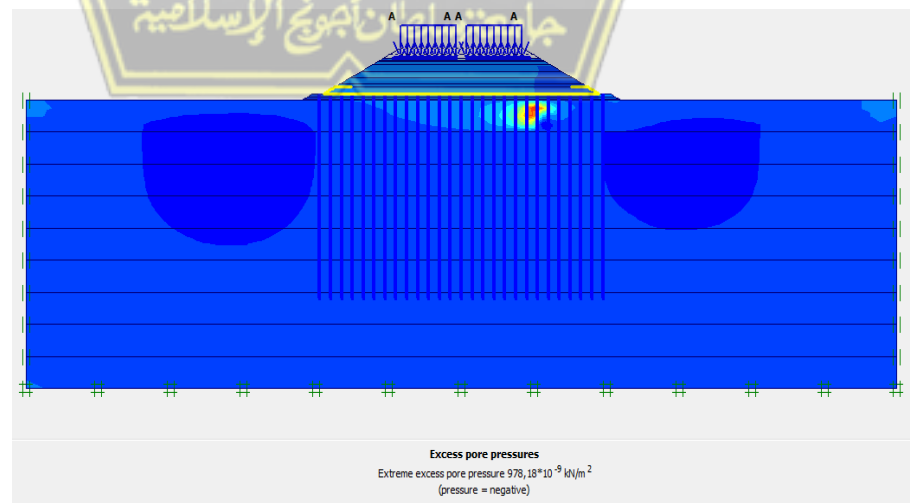
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 3 tahun sebesar $901,05 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.194.



Gambar 4.194 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 3 tahun sebesar $978,18 \times 10^{-9}$ kN/mdapat dilihat pada Gambar 4.195.

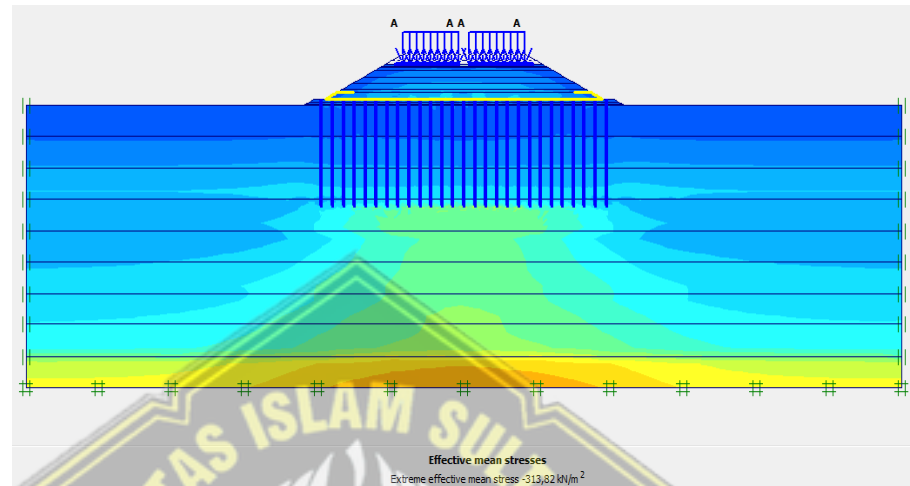


Gambar 4.195 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

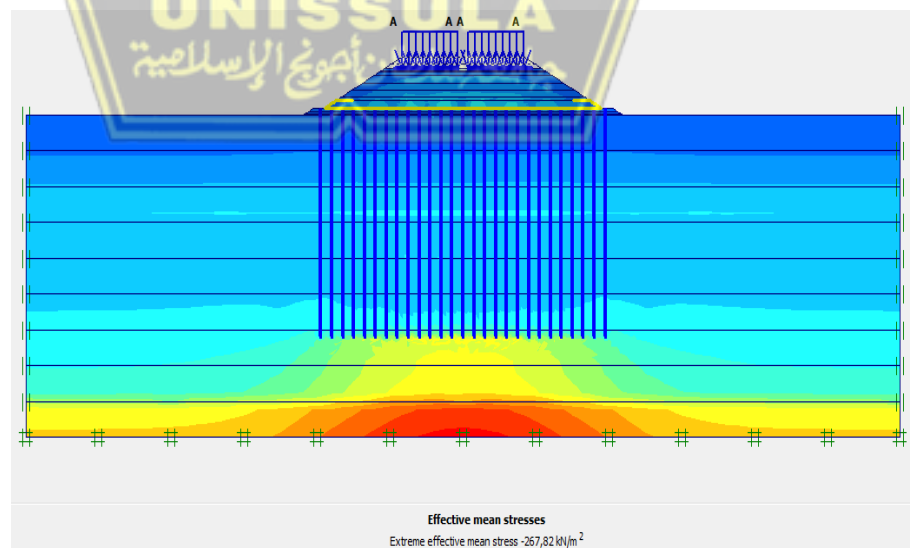
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 3 tahun sebesar $-313,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.196.



Gambar 4.196 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 3 tahun sebesar $-267,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.197.



Gambar 4.197 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 3 tahun adalah 2,1210, dapat dilihat pada Gambar 4.198.

Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,1210

Gambar 4.198 : *Safety Factor* Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 3 tahun adalah 2,3826, dapat dilihat pada Gambar 4.199.

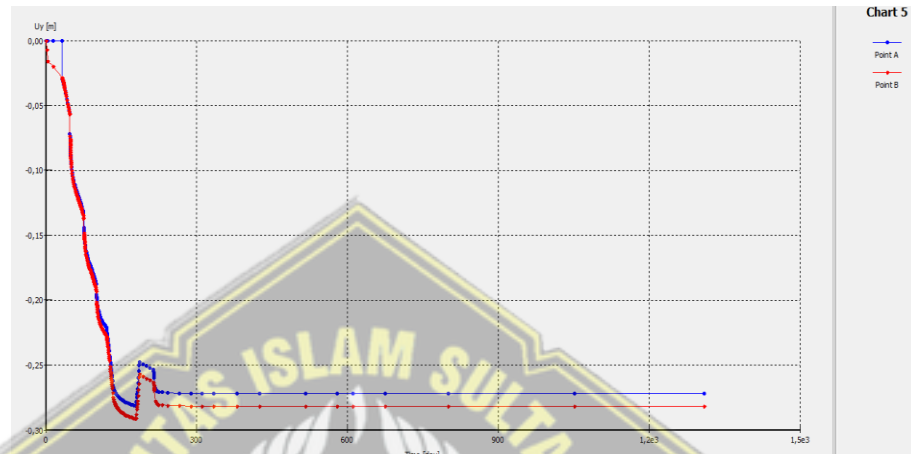
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3826

Gambar 4.199 : *Safety Factor* Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

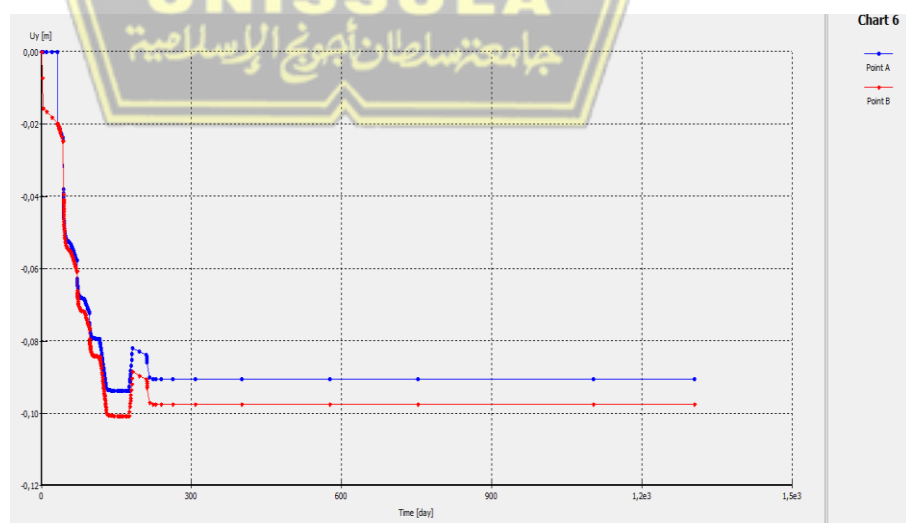
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 3 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,2 cm dan pada titik B sebesar -28,2 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.200.



Gambar 4.200 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 3 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,1 cm dan pada titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.201.



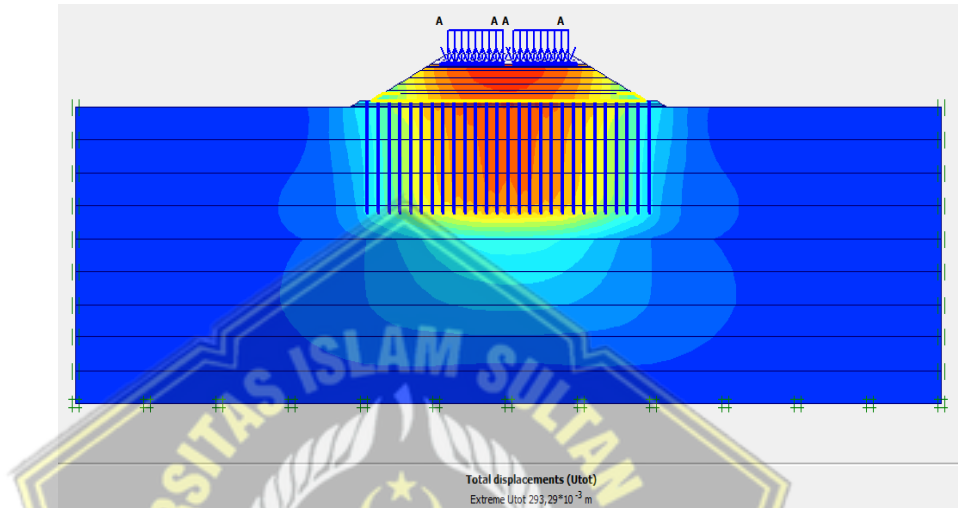
Gambar 4.201 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 3 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

4.7.5 Output Setelah Ter-konsolidasi 10 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

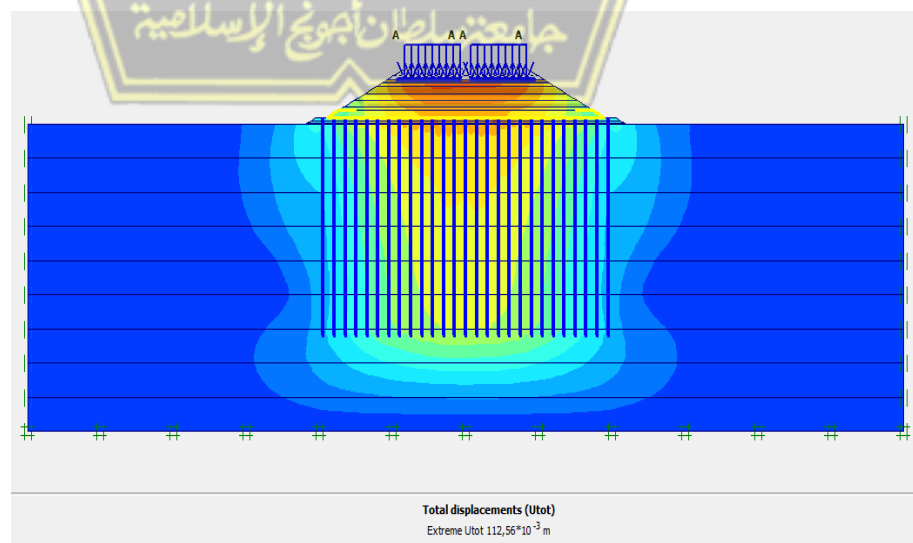
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 10 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,329 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.202.



Gambar 4.202 :*Displacement* Saat Konsolidasi 10 Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 10 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,256 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.203.

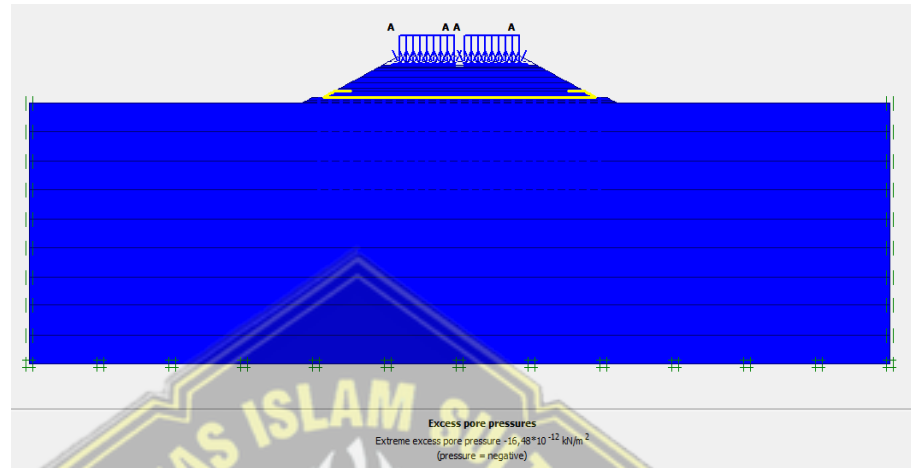


Gambar 4.203 :*Displacement* Saat Konsolidasi 10 Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

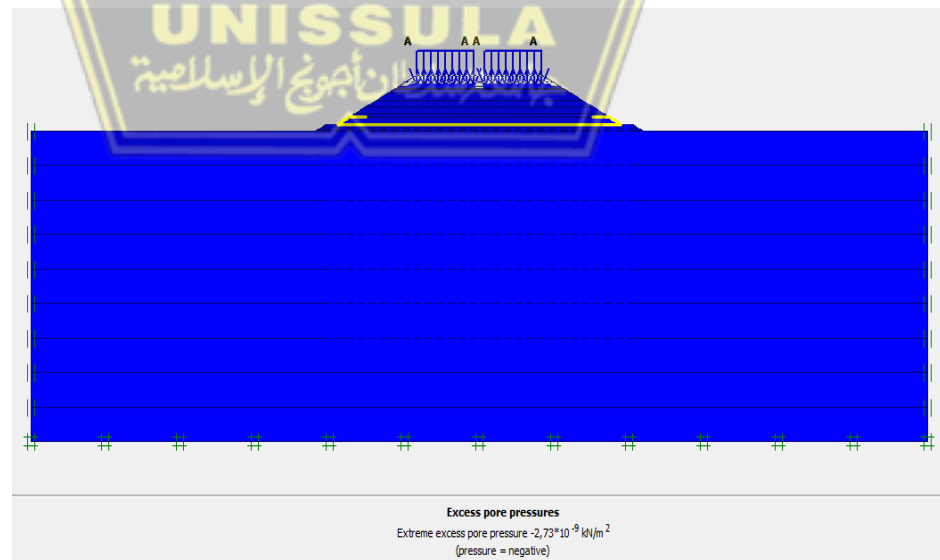
Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 10 tahun sebesar $-16,48 \times 10^{-12}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.204.



Gambar 4.204 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (excess pore water pressure) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 10 tahun sebesar $-2,73 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.205

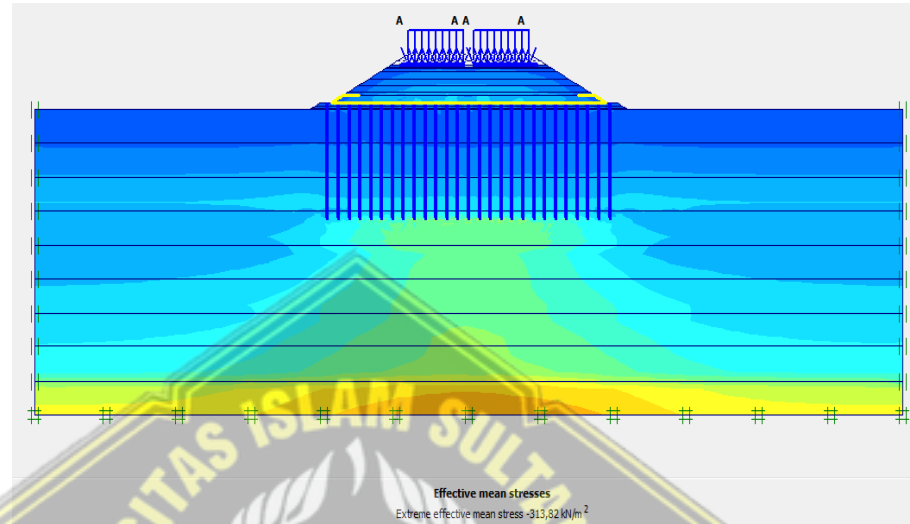


Gambar 4.205 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Pressure*) Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

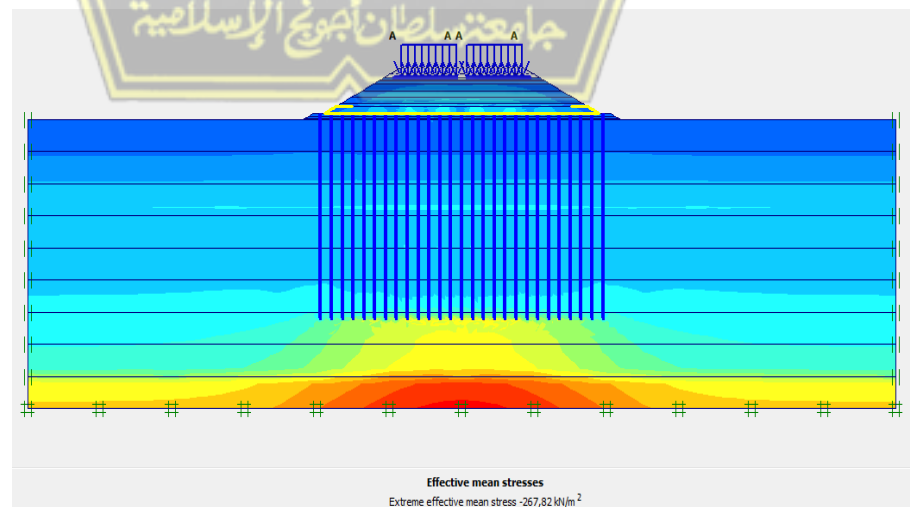
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 10 tahun sebesar $-313,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.206.



Gambar 4.206 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 10 tahun sebesar $-267,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.207.

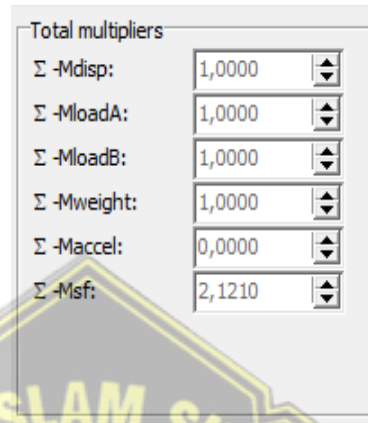


Gambar 4.207 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

d. Safety Factor

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 10 tahun adalah 2,1210 ,dapat dilihat pada Gambar 4.208

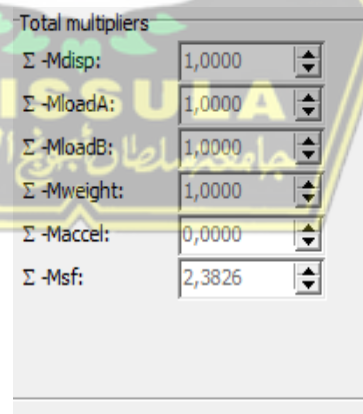


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,1210

Gambar 4.208 : *Safety Factor* Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 10 tahun adalah 2,3826, dapat dilihat pada Gambar 4.209.



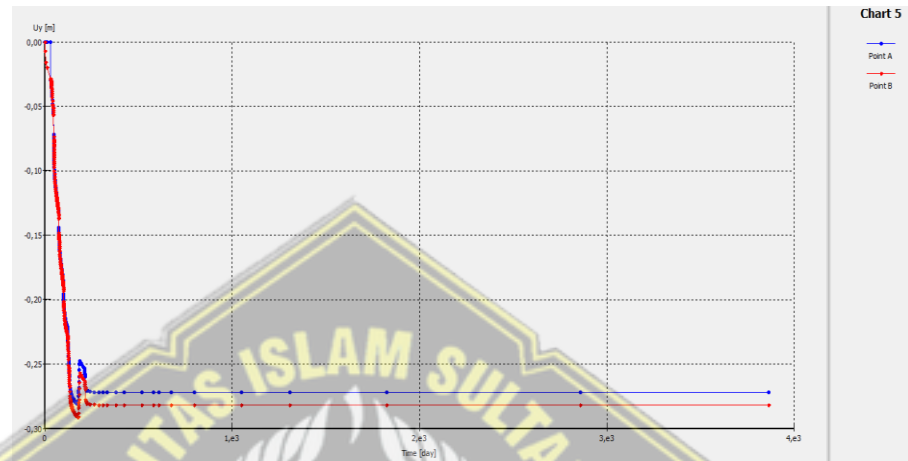
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3826

Gambar 4.209 : *Safety Factor* Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

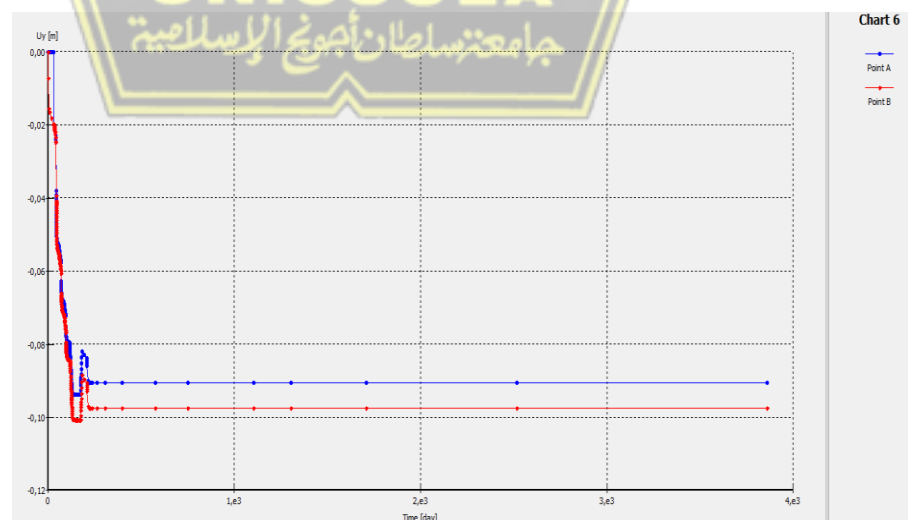
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 10 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,2 cm dan pada titik B sebesar -28,2 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.210.



Gambar 4.210 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *Friction* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,1 cm dan pada titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.211.



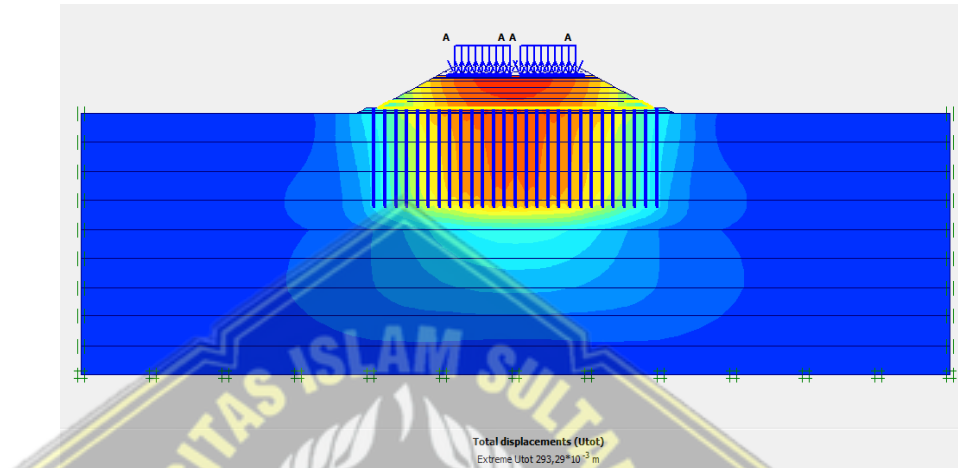
Gambar 4.211 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 10 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

4.7.6 Output Setelah Ter-konsolidasi 50 Tahun

a. *Displacement*

- **Permodelan *Friction Pile***

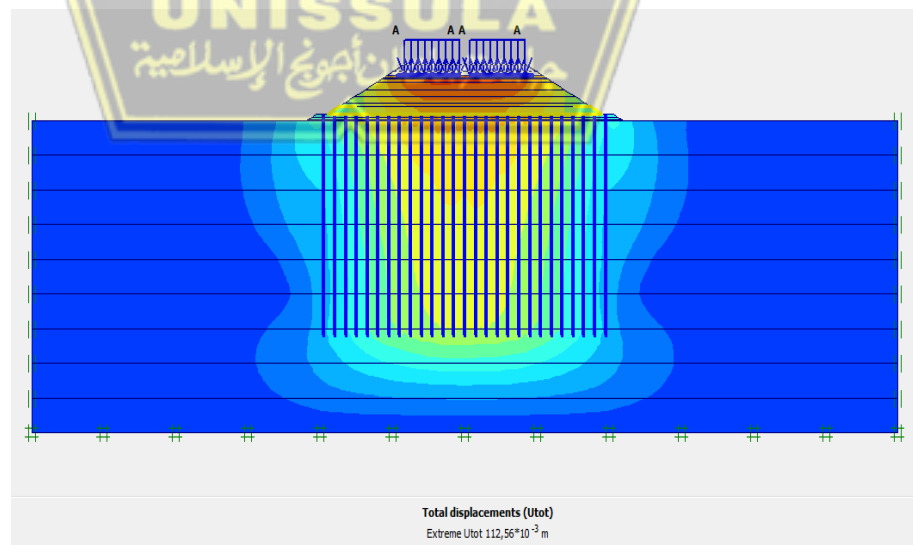
Pada permodelan *friction pile* setelah konsolidasi 50 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 29,329 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.212.



Gambar 4.212 :*Displacement* Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 50 tahun kontruksi akan mengalami penurunan sebesar 11,256 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.213.

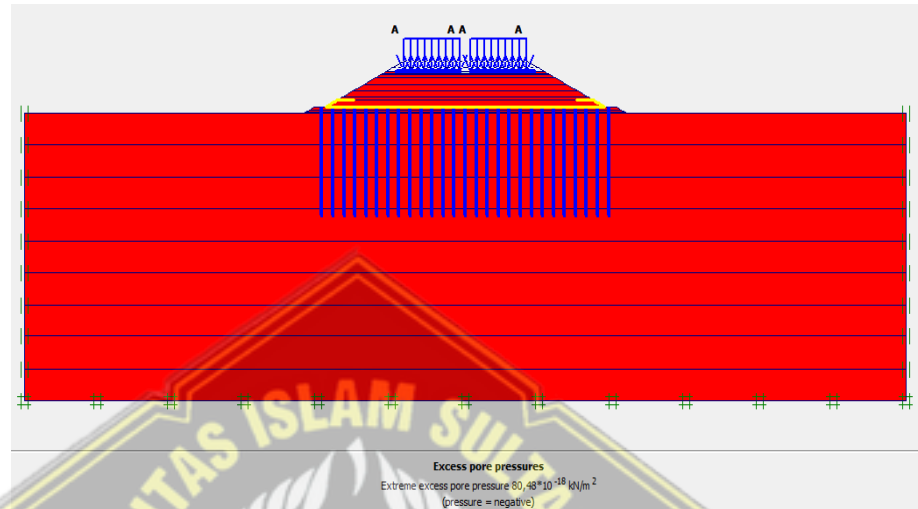


Gambar 4.213 :*Displacement* Saat Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

b. Tekanan Air Pori Berlebih

- **Permodelan *Friction Pile***

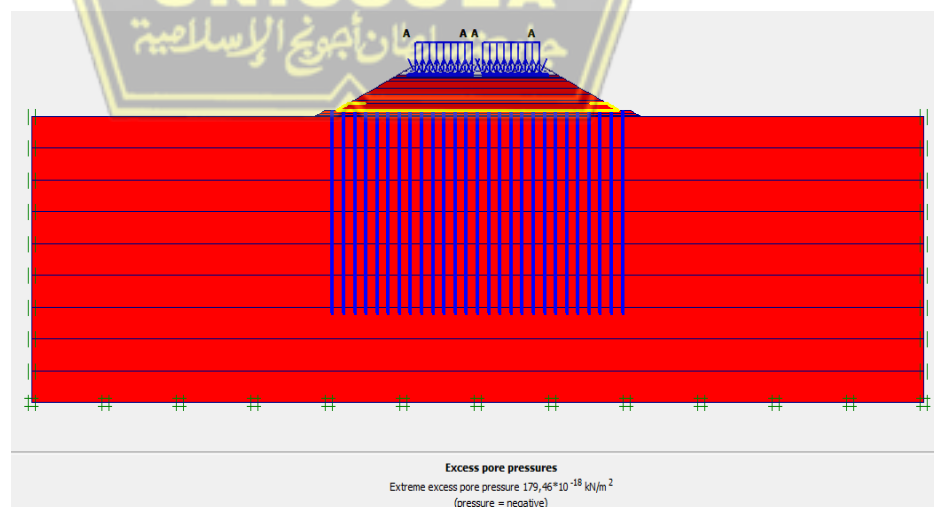
Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *friction pile* setelah ter-konsolidasi 50 tahun sebesar - $80,50 \times 10^{-18}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.214.



Gambar 4.214 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tekanan air pori berlebih (*excess pore water preassure*) pada permodelan *end bearing pile* setelah ter-konsolidasi 50 tahun sebesar - $179,33 \times 10^{-18}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.215.

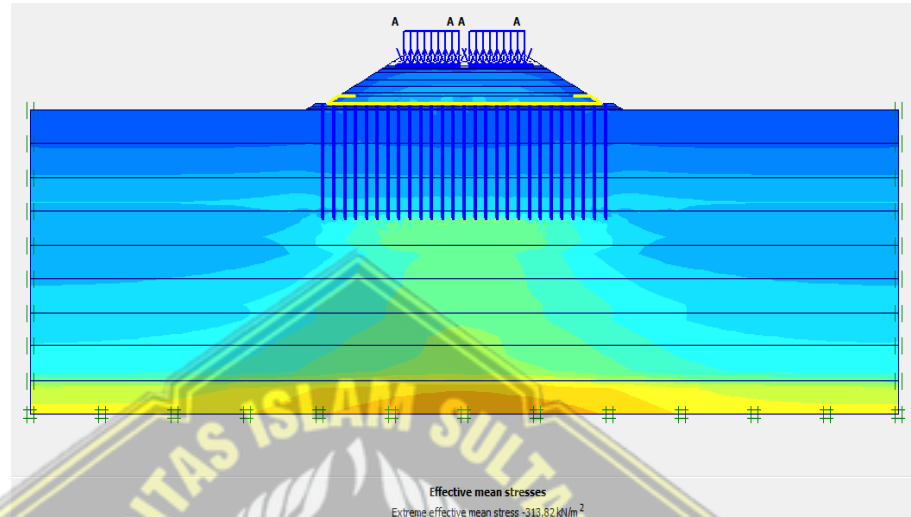


Gambar 4.215 : Tekanan Air Pori Berlebih (*Excess Pore Water Preassure*) Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

c. Tegangan Efektif Rata-Rata

- **Permodelan *Friction Pile***

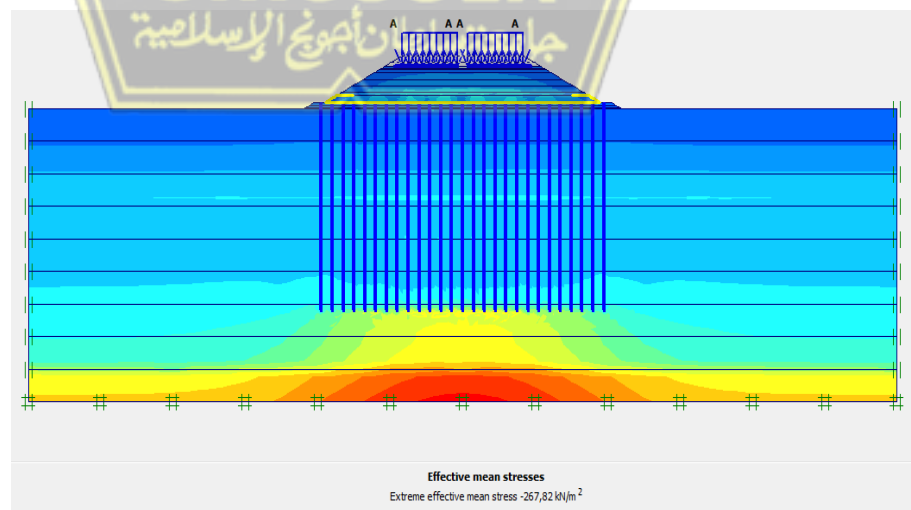
Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *Friction pile* setelah konsolidasi 50 tahun sebesar $-318,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.216.



Gambar 4.216 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Tegangan efektif rata-rata pada permodelan *end bearing pile* setelah konsolidasi 50 tahun sebesar $-267,82 \text{ kN/m}^2$, dapat dilihat pada Gambar 4.217.

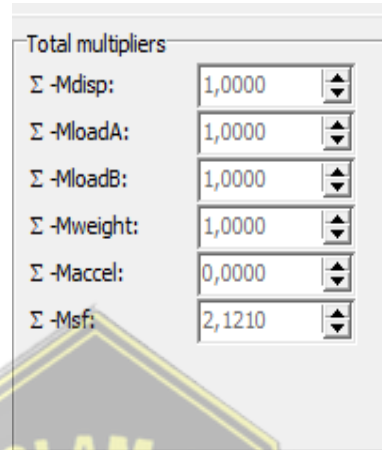


Gambar 4.217 : Tegangan Efektif Rata-Rata Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

d. *Safety Factor*

- **Permodelan *Friction Pile***

Safety factor pada permodelan *friction pile* setelah terkonsolidasi 50 tahun adalah 2,1210, dapat dilihat pada Gambar 4.218.

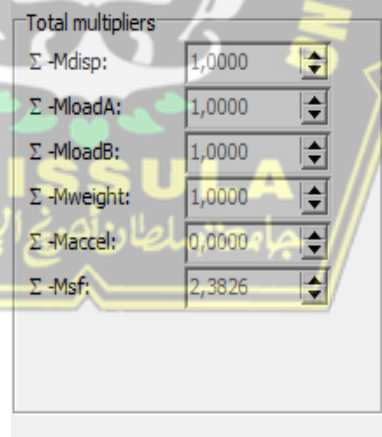


Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,1210

Gambar 4.218 : *Safety Factor* Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Safety factor pada permodelan *end bearing pile* setelah terkonsolidasi 50 tahun adalah 2,3826, dapat dilihat pada Gambar 4.219.



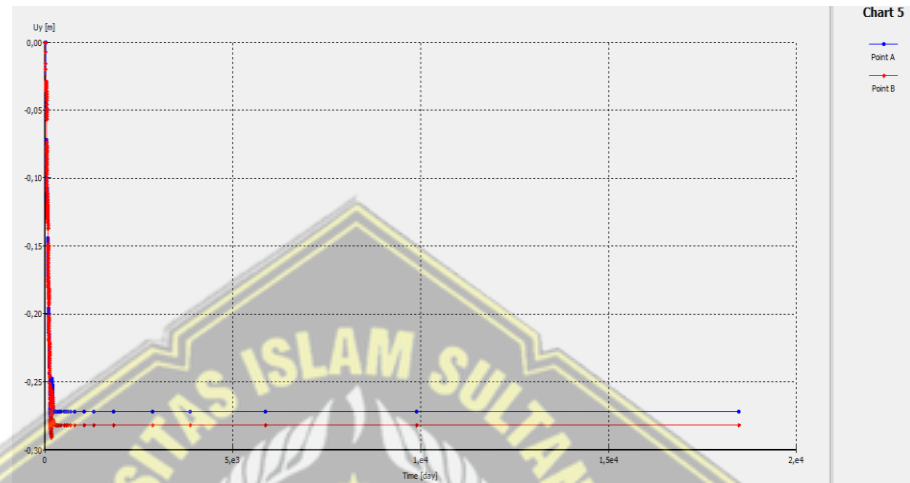
Total multipliers	
Σ -Mdisp:	1,0000
Σ -MloadA:	1,0000
Σ -MloadB:	1,0000
Σ -Mweight:	1,0000
Σ -Maccel:	0,0000
Σ -Msf:	2,3826

Gambar 4.219: *Safety Factor* Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bearing Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

e. Grafik Penurunan

- **Permodelan *Friction Pile***

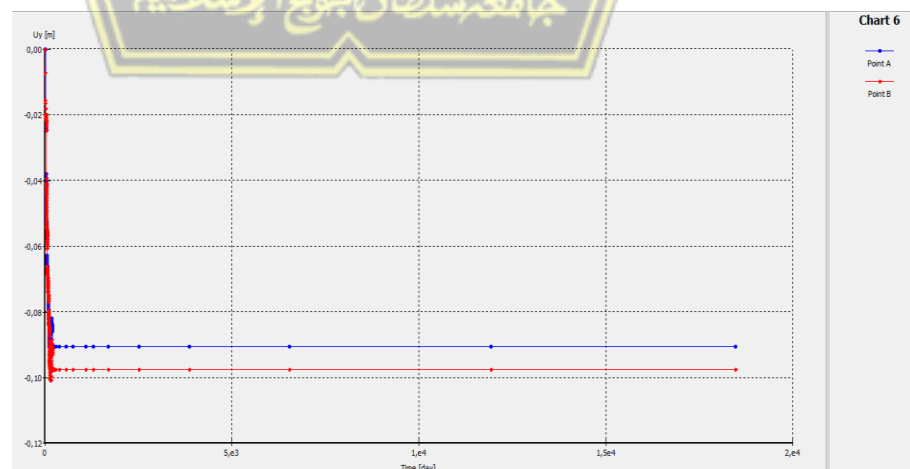
Pada permodelan *friction pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -27,2 cm dan pada titik B sebesar -28,2 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.220.



Gambar 4.220 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *Friction Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

- **Permodelan *End Bearing Pile***

Pada permodelan *end bearing pile* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah konsolidasi 1 tahun dilakukan yaitu pada titik A sebesar -9,1 cm dan titik B sebesar -9,8 cm, dapat dilihat pada Gambar 4.221.

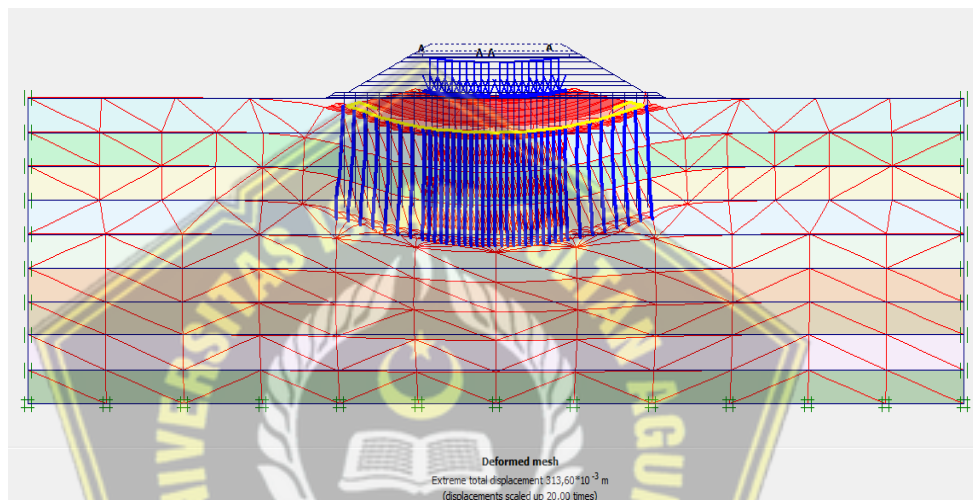


Gambar 4.221 : Grafik Penurunan Terhadap Waktu Setelah Konsolidasi 50 Tahun Pada Permodelan *End Bering Pile* Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

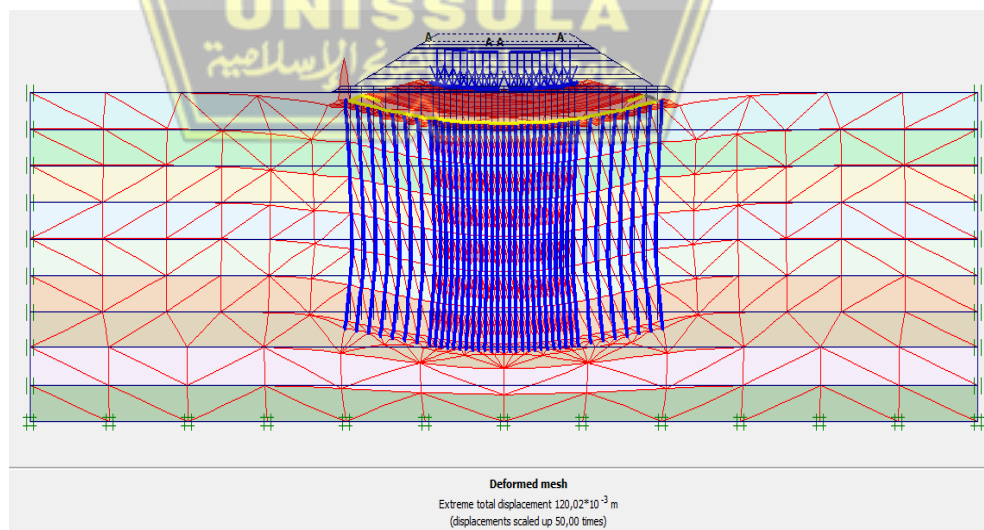
4.8 Penurunan Setelah Selesai Kontruksi Dengan Variasi Jarak Antar Tiang Dan Ketebalan LTP 1,5 m

4.8.1 Output Setelah Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

Besar penurunan pada *load transfer platform* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah kurun waktu 50 tahun pada permodelan tipe *friction pile* sebesar 31,360 cm dan Permodelan pada tipe *end bearing pile* yaitu sebesar 12,002 cm dapat dilihat pada Gambar 4.222 untuk permodelan tipe *friction pile* dan Gambar 4.223 untuk permodelan tipe. *End Bearing Pile*



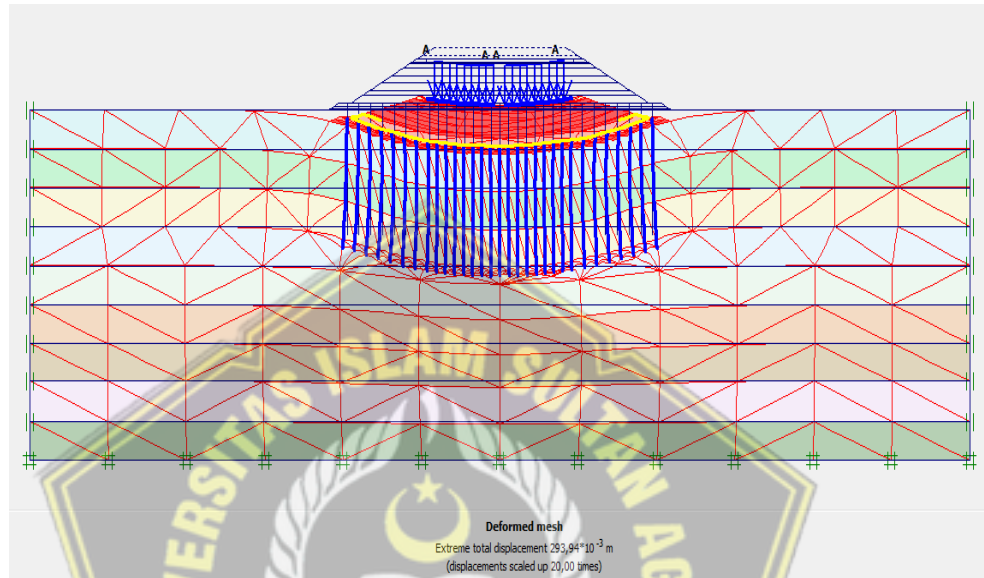
Gambar 4.222: Penurunan *Load Transfer Platform* (LTP) Untuk Permodelan *Friction Pile* Setelah 50 Tahun Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter



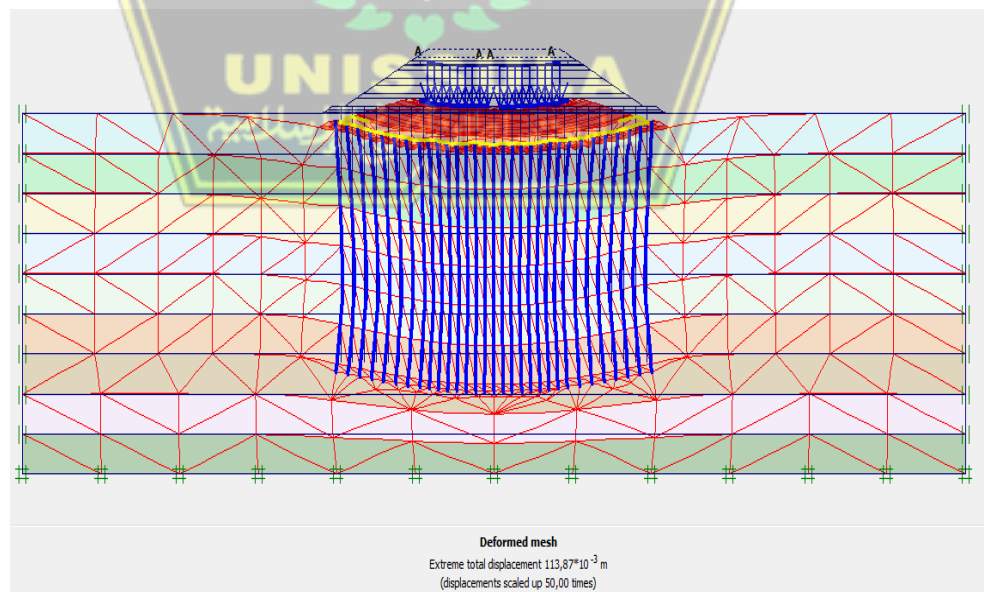
Gambar 4.223 : Penurunan *Load Transfer Platform* (LTP) Untuk Permodelan *End Bearing Pile* Setelah 50 Tahun Variasi Jarak Antar Tiang 1 Meter

4.8.2 Output Setelah Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

Besar penurunan pada *load transfer platform* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah kurun waktu 50 tahun pada permodelan tipe *friction pile* sebesar 29,394 cm dan Permodelan pada tipe *end bearing pile* yaitu sebesar 11,387 cm dapat dilihat pada Gambar 4.224 untuk permodelan tipe *friction pile* dan Gambar 4.225 untuk permodelan tipe. *End Bearing Pile*



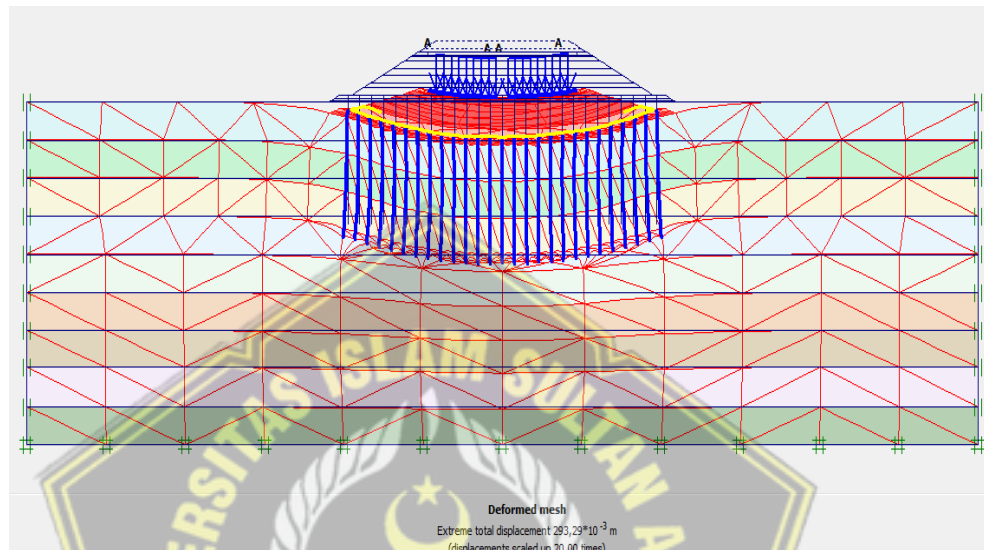
Gambar 4.224: Penurunan *Load Transfer Platform* (LTP) Untuk Permodelan *Friction Pile* Setelah 50 Tahun Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter



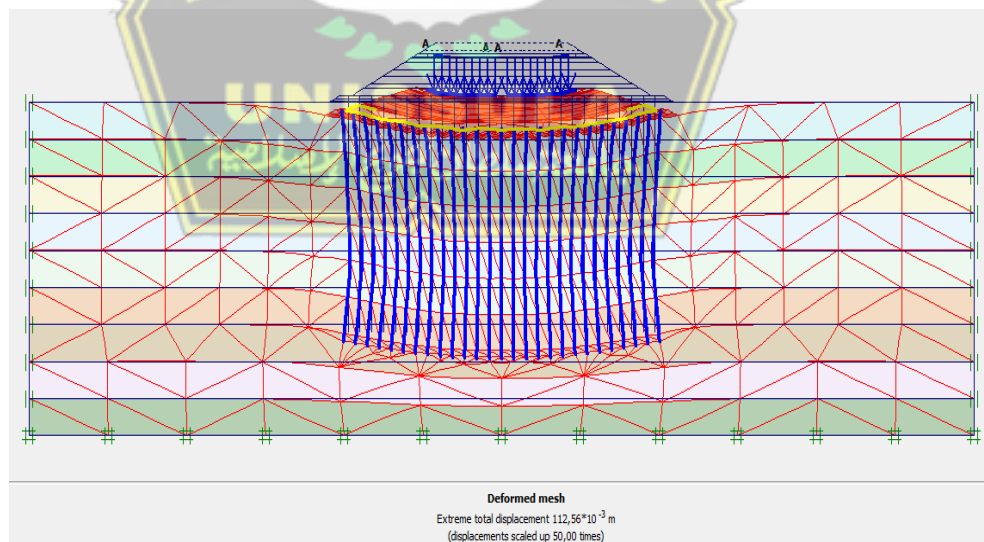
Gambar 4.225 : Penurunan *Load Transfer Platform* (LTP) Untuk Permodelan *End Bearing Pile* Setelah 50 Tahun Variasi Jarak Antar Tiang 1,5 Meter

4.8.3 Output Setelah Dengan Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

Besar penurunan pada *load transfer platform* dengan ketebalan LTP 1,5 m setelah kurun waktu 50 tahun pada permodelan tipe *friction pile* sebesar 29,329 cm dan Permodelan pada tipe *end bearing pile* yaitu sebesar 11,256 cm dapat dilihat pada Gambar 4.226 untuk permodelan tipe *friction pile* dan Gambar 4.227 untuk permodelan tipe. *End Bearing Pile*



Gambar 4.226: Penurunan *Load Transfer Platform* (LTP) Untuk Permodelan *Friction Pile* Setelah 50 Tahun Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter



Gambar 4.227 : Penurunan *Load Transfer Platform* (LTP) Untuk Permodelan *End Bearing Pile* Setelah 50 Tahun Variasi Jarak Antar Tiang 2 Meter

Dari pembahasan diatas hasil analisis dari program *Plaxis v8.6* dapat dibuat tabel seperti pada Tabel 4.8, 4.9, dan 4.10 dibawah ini:

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan (*Output*) Permodelan Dengan Variasi Jarak Antar Pile 1 Meter

No	Step	Displacement (m)		Excess Pore Pressure (kN/m ²)		Safety Factor		Effective Stress (kN/m ²)	
		Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile
1	Lantai Kerja 0,5	0,04044	0,0184	-12,11	-7,63	5,2959	5,3233	-184,11	-184,1
2	Tiang Pancang	0,0509	0,02601	-53,77	-107,25	5,6451	5,4324	-184,5	-185,39
3	Sirtu 0,5	0,05692	0,02707	86,74	141,52	3,1357	3,042	-184,61	-185,6
4	Sirtu 1 m	0,06992	0,0297	109,34	177,15	3,1824	3,0254	-184,81	-186
5	Timbunan 0,5	0,07649	0,03113	112,39	183,66	3,173	2,974	-184,9	-186,18
6	Masa Tunggu 14 Hari	0,15235	0,08258	-18,62	-5,34	3,5912	3,4198	-208,93	-239,68
7	Timbunan 1 m	0,15696	0,08311	-44,41	-31,52	3,0327	3,271	-209,15	-240,03
8	Timbunan 1 m	0,16964	0,08385	-70,53	-58,53	2,5703	2,7563	-209,37	-240,38
9	Masa Tunggu 14 Hari	0,2102	0,08623	-15,3	-2,88	2,7106	2,7803	-222,73	-257,75
10	Timbunan 1 m	0,2204	0,092	-39,34	-27,25	2,4286	2,6783	-222,98	-258,08
11	Timbunan 0,5	0,22668	0,09543	-50,58	-38,71	2,369	2,4952	-223,08	-258,24
12	Masa Tunggu 20 Hari	0,25911	0,10263	-9,27	-1,37	2,3571	2,5034	-232,77	-270,1
13	Preloading 1 m	0,28563	0,11495	-13,17	-2,4	2,1977	2,2226	-248,43	-278,13
14	Preloading 1 m	0,31329	0,12768	-13,32	-2,09	2,0238	2,0304	-265,19	-284,69
15	Masa Tunggu 45 Hari	0,32619	0,12852	-2,06	-232,35	2,0163	2,0417	-271,7	-284,87
16	Unloading Preloading	0,28361	0,12282	9,02	19,17	2,3828	2,5151	-234,01	-284,48
17	Pekerjaan Perkerasan	0,29219	0,11713	9,4	26,91	2,2189	2,292	-247,87	-284,26
18	Beban Lalu Lintas	0,30087	0,12219	-23,65	9,82	2,2894	2,3061	-261,8	-284,48
19	Konsolidasi 1 tahun	0,3136	0,12002	-5,96E-04	-8,29E-05	2,2892	2,3053	-258,26	-281,15
20	Konsolidasi 3 tahun	0,3136	0,12002	-9,90E-07	2,07E-06	2,2882	2,3159	-258,26	-281,15
21	Konsolidasi 10 tahun	0,3136	0,12002	-4,31E-11	5,93E-07	2,2866	2,5212	-258,26	-281,15
22	Konsolidasi 50 tahun	0,3136	0,12002	1,21E-16	-1,32E-07	2,2866	2,3127	-258,26	-281,15

Tabel 4.9 Hasil Perhitungan (*Output*) Permodelan Dengan Variasi Jarak Antar Pile 1,5 Meter

No	Step	Displacement (m)		Excess Pore Pressure (kN/m ²)		Safety Factor		Effective Stress (kN/m ²)	
		Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile
1	Lantai Kerja 0,5	0,01824	0,0184	-10,46	-7,63	5,3358	5,3255	-184,1	-184,1
2	Tiang Pancang	0,03426	0,02233	62,8	117,15	5,4872	5,4091	-184,4	-185,05
3	Sirtu 0,5	0,04045	0,02411	102,68	173,45	3,098	3,0643	-184,51	-185,26
4	Sirtu 1 m	0,0538	0,02709	123,45	204,6	3,1712	3,1224	-184,73	-185,65
5	Timbunan 0,5	0,06057	0,02709	125,75	204,6	3,1945	3,1113	-184,83	-185,65
6	Masa Tunggu 14 Hari	0,12734	0,05861	-17,42	-5,03	3,6369	3,6326	-207,11	-231,58
7	Timbunan 1 m	0,13537	0,06179	-44,07	39,43	3,6547	3,1999	-207,34	-231,93
8	Timbunan 1 m	0,14603	0,06688	-71,22	82,71	2,7288	2,9163	-207,54	-232,26
9	Masa Tunggu 14 Hari	0,18617	0,07747	-14,81	-2,86	2,7764	2,7573	-222,13	-249,51
10	Timbunan 1 m	0,19741	0,08373	-41,9	37,69	2,4563	2,628	-222,38	-249,84
11	Timbunan 0,5	0,20444	0,08741	-55,38	56,02	2,34	2,4356	-222,49	-249,99
12	Masa Tunggu 20 Hari	0,2369	0,09458	-9,8	-1,38	2,3656	2,4509	-232,24	-261,79
13	Preloading 1 m	0,26458	0,10754	-13,07	-2,47	2,1531	2,195	-238,5	-269,77
14	Preloading 1 m	0,29339	0,12174	-13,3	-2,16	1,9864	2,0318	-245,42	-276,13
15	Masa Tunggu 45 Hari	0,30673	0,12255	-2,07	-2,62E-01	1,9886	2,0326	-250,45	-276,29
16	Unloading Preloading	0,26319	0,09812	9,09	3,46	2,3896	2,4922	-233,47	-261,94
17	Pekerjaan Perkerasan	0,27229	0,10377	16,29	-17,52	2,2054	2,2439	-233,63	-262,16
18	Beban Lalu Lintas	0,28144	0,10919	-29,59	-36,54	2,2169	2,0315	-240,57	-262,37
19	Konsolidasi 1 tahun	0,29393	0,11387	-3,38E-03	2,29E-04	2,263	2,3853	-241,39	-272,63
20	Konsolidasi 3 tahun	0,29394	0,11387	-2,06E-03	-2,21E-05	2,2597	2,3853	-241,39	-272,63
21	Konsolidasi 10 tahun	0,29394	0,11387	-1,04E-05	4,22E-07	2,2719	2,3964	-241,4	-272,63
22	Konsolidasi 50 tahun	0,29394	0,11387	-2,08E-06	3,20E-14	2,2896	2,3964	-241,4	-272,63

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan (*Output*) Permodelan Dengan Variasi Jarak Antar Pile 2 Meter

No	Step	Displacement (m)		Excess Pore Pressure (kN/m ²)		Safety Factor		Effective Stress (kN/m ²)	
		Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile	Friction Pile	End Bearing Pile
1	Lantai Kerja 0,5	0,01839	0,0184	-7,62	-7,63	5,39	5,3292	-184,1	-184,1
2	Tiang Pancang	0,029	0,0221	62,24	134,56	5,4651	5,2933	-184,35	-184,87
3	Sirtu 0,5	0,0356	0,02404	102,91	191,42	3,1199	3,0636	-184,47	-185,07
4	Sirtu 1 m	0,04987	0,027	120,96	218,21	3,1939	3,0731	-184,69	-185,45
5	Timbunan 0,5	0,05699	0,0271	122,26	218,24	3,159	3,1172	-184,79	-185,45
6	Masa Tunggu 14 Hari	0,11959	0,05562	-16,79	-4,9	3,7081	3,6192	-206,25	-227,09
7	Timbunan 1 m	0,12764	0,05897	-41,73	35,76	3,5483	3,4076	-206,52	-227,43
8	Timbunan 1 m	0,13969	0,06342	-68,09	70,71	3,0307	2,8691	-206,8	-227,77
9	Masa Tunggu 14 Hari	0,17991	0,07406	-14,67	-2,91	2,9055	2,8901	-221,38	-244,92
10	Timbunan 1 m	0,19211	0,08067	-40,06	32,72	2,4738	2,6177	-221,63	-245,25
11	Timbunan 0,5	0,19997	0,08468	-52,9	46,38	2,34	2,4315	-221,73	-245,4
12	Masa Tunggu 20 Hari	0,23285	0,09184	-9,21	-1,39	2,3186	2,438	-239,77	-257,1
13	Preloading 1 m	0,26177	0,10556	-13,26	-2,51	2,1186	2,177	-209,38	-265,06
14	Preloading 1 m	0,29205	0,12055	-13,65	-2,21	1,9835	2,0257	-334,9	-271,33
15	Masa Tunggu 45 Hari	0,30638	0,12139	-2,16	-2,48E-01	1,9847	2,0225	-360,63	-271,5
16	Unloading Preloading	0,26589	0,09867	9,13	3,51	2,3271	2,4053	-312,19	-257,19
17	Pekerjaan Perkerasan	0,27154	0,10184	15,09	-17,69	2,283	2,2561	-316,95	-257,41
18	Beban Lalu Lintas	0,28102	0,10815	-29,4	-35,94	2,3149	2,4085	-323,01	-257,62
19	Konsolidasi 1 tahun	0,29329	0,11256	-1,53E-03	2,38E-04	2,1277	2,3818	-313,82	-267,82
20	Konsolidasi 3 tahun	0,29329	0,11256	9,01E-07	9,78E-07	2,121	2,3826	-313,82	-267,82
21	Konsolidasi 10 tahun	0,29329	0,11256	-1,65E-11	-2,73E-09	2,121	2,3826	-313,82	-267,82
22	Konsolidasi 50 tahun	0,29329	0,11256	8,05E-17	1,79E-16	2,121	2,3826	-318,82	-267,82

4.9 Variasi Diameter Tiang Pancang

Tugas Akhir ini disusun dengan melakukan percobaan beberapa material tiang pancang untuk menguji keefektifan dari tiang pancang yang akan diaplikasikan menggunakan program plaxis. Hasil yang di peroleh merupakan *output* dari perhitungan program *Plaxis v8.6*.

Tabel 4.11 Parameter Variasi Tiang Pancang Minipile

Parameter	Nilai			
	TP (20x20)	TP (25x25)	TP (30x30)	Satuan
EA	1128000	1762500	2675286,9	kN/m
EI	3760	9179,69	20064,65	kNm ² /m
<i>d</i>	0,2	0,25	0,3	M
γ_{beton}	24	24	24	kN/m ³
<i>v</i>	0,2	0,2	0,2	-

Tabel 4.12 Hasil Preloding dan Konsolidasi 10 Tahun

Jenis Tiang	Variasi Tiang	Displacement	
		Preloding (m)	Konsolidasi 10 Tahun (m)
20 x 20	1 meter	Collaps	Collaps
	1,5 meter	Collaps	Collaps
	2 meter	0.11615	0.10824
25 x 25	1 meter	Collaps	Collaps
	1,5 meter	0.11698	0.10887
	2 meter	0.11735	0.10943
30 x 30	1 meter	0.12768	0.12002
	1,5 meter	0.12174	0.11387
	2 meter	0.12055	0.11256

4.10 Hasil

Hasil analisa dari penggunaan variasi jarak antar tiang pada kondisi tiang *friction pile* sedalam 16 meter dan *end bearing pile* sedalam 31 meter. Permodelan kombinasi yang dianalisa yaitu menggunakan *load transfer platform* dengan perbandingan tebal LTP 1,5 meter dengan nilai geotextile sebesar 50 kPa menggunakan variasi jarak antar tiang yaitu lebar jarak tiang < tebal LTP (1 meter pada bagian tengah timbunan), lebar jarak tiang = tebal LTP (1,5 meter pada bagian tengah timbunan) dan lebar jarak tiang >

tebal LTP (2 meter pada seluruh bagian bawah timbunan). Adapun variasi jarak antar tiang pada daerah lereng konstan dengan jarak 2 meter

Dari hasil analisa yang telah dilakukan penurunan pada variasi lebar jarak tiang $>$ LTP (lebar jarak tiang 2 meter) lebih kecil dibandingkan dengan penurunan yang terjadi pada variasi lebar jarak tiang $=$ LTP dan variasi lebar jarak tiang $<$ LTP, pada permodelan *end bearing pile* penurunan jauh lebih kecil daripada permodelan *friction pile* dikarenakan pada permodelan *friction pile* ujung tiang pancang berada pada tanah lunak yang mempunyai daya dukung tanah yang rendah sehingga hanya mengandalkan gesekan selimut tiang (*skin friction*) berbeda halnya dengan permodelan *end bearing pile* ujung tiang pancang berada pada tanah keras sehingga tiang dapat mendistribusikan beban pada tanah dengan daya dukung yang tinggi. Pemilihan 2 tipe permodelan, yaitu tipe *end bearing* dan *friction* karena pada program *Plaxis v8.6* masih menggunakan model 2D, sehingga diperlukan 2 tipe permodelan untuk dapat mengasumsikan keadaan yang sesungguhnya.

Pada diameter minipile 30 x 30 mempunyai tingkat keefektifan paling tinggi dalam mengurangi penurunan dibandingkan kedua variasi diameter tiang lainnya, dibuktikan dengan tidak adanya soil body collapse distep calculation yang dilakukan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis pada pemodelan variasi jarak antar tiang dengan penambahan LTP (*Load Transfer Platform*) menggunakan program *Software Plaxis v8.6* pada tipe *end bearing pile* dan *friction pile* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan pada program *plaxis 8.6* penurunan setelah konstruksi berakhir pada tipe *friction pile* penggunaan variasi jarak antar tiang lebih besar dari tebal LTP lebih efektif dalam mengurangi penurunan tanah dibandingkan kedua variasi jarak tiang yaitu sebesar 27,1 cm.
2. Sama halnya pada permodelan *end bearing pile* penggunaan variasi jarak antar tiang lebih besar dari tebal LTP penurunan yang terjadi lebih kecil dibandingkan kedua variasi jarak tiang yaitu sebesar 10,2 cm.
3. Angka keamanan atau *safety factor* dari ketiga permodelan tipe *friction pile* dan *end bearing pile* relative aman, karena angka *safety factor* dari hasil analisis yang dilakukan masih di atas angka keamanan yaitu rata-rata nilai *safety factor* yang diperoleh oleh program *plaxis 8.6* adalah 2.

5.2 Saran

Dari tugas akhir yang kami kerjakan, dapat memberikan masukan serta saran antara lain:

1. Analisa pada sebuah pekerjaan konstruksi usahakan data dan parameter yang diperlukan sudah benar, lengkap serta harus jelas dari mana sumbernya sehingga dapat dipertanggungjawabkan kebenaran atau keasliannya. Kurangnya data yang dibutuhkan akan menghambat dalam input data dan akan berakibat pada kesalahan dalam perhitungan numerik
2. Pemahaman komputer dalam program *Plaxis v8.6*. Program ini diperlukan agar dapat mempermudah selama proses penghitungan

penurunan pondasi yang terjadi dengan input data yang sesuai dengan keadaan proyek yang akan diteliti dan sebagai individu yang akan mengoperasikan program ini maka harus mengerti tentang keadaan pekerjaan yang ada di lapangan agar tidak salah dalam pengerjaan pemodelan serta studi yang akan dilakukan, sehingga didapatkan hasil keluaran atau hasil *output* yang valid dan *curva* yang sesuai dengan analisis data yang direncanakan.

3. Perencanaan hendaknya harus menjadikan prosedur sebagai hal utama serta persyaratan-persyaratan maupun ketentuan yang telah ditetapkan. Sehingga dengan adanya hal-hal tersebut dapat menghasilkan sebuah hasil yang bisa dipertanggungjawabkan.



DAFTAR PUSTAKA

- Alexiew, D., Brokemper, D., & Lothspeich, S. (2005). Geotextile encased columns (GEC): load capacity, geotextile selection and pre-design graphs. In *Contemporary issues in foundation engineering* (pp. 1-14).
- Badan Standarisasi Nasional, B. S. (2017). SNI 8460: 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. *Jakarta: Badan Standarisasi Nasional*.
- Collin, J. G. (2004, February). Column supported embankment design considerations. In *Proceedings of the 52nd annual geotechnical engineering conference* (pp. 51-78). Minnesota.
- Collin, J. G., Han, J., & Huang, J. (2005). Geosynthetic reinforced column support embankment design guidelines. In *Proceedings, the North America Geosynthetics Society Conference* (pp. 1-15).
- Das. B.M. 1995. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Das. B.M, Khing, K. H., & Shin, E. C. (1998). Stabilization of weak clay with strong sand and geogrid at sand-clay interface. *Transportation Research Record*, 1611(1), 55-62.
- Das. B.M, & Sivakugan, N. (2015). *Introduction to geotechnical engineering*. Cengage Learning.
- Das. B.M, (2002). *Principles of Geotechnical Engineering*. Pacifif Grove: Brooks. Cole.
- Hardiyatmo, H. C. (1992). *Mekanika Tanah I, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*.
- Hardiyatmo, H. C. (2002). *Mekanika Tanah I, Edisi ke tiga. Penerbit PT, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*.
- Karlinasari, R., Mugiono, A., Saifuddin, F. H., & Soedarsono, S. (2020). Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Bored Pile Dari Hasil Tes Pda Berdasarkan Metode Chin, Mazurkiewich Dan Davisson. *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) Klaster Engineering*.
- Manurung, W. I., Mochtar, I. B., & Sari, P. T. K. (2021). Perencanaan Pondasi Tiang Lekatan pada Gedung Tingkat 3 s/d 5 di Atas Tanah Lunak yang Tebal dengan Ketentuan Penurunan Merata dalam Jangka Panjang. *Jurnal Teknik ITS*, 9(2), D271-D276.
- Nasional, B. S. (2017). SNI 8460: 2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.

- Pratama, A. W. Y., Rekardi, H., & Karlinasari, R. Studi Kasus Soil Treatment Minipile dengan Platform Sebagai Zona Transisi Vacuum Consolidation Method dengan Area Box Jalan pada Jalan Tol Pemalang Batang.
- Pratikso. 2008. *Mekanika Tanah I*. Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Semarang.
- Sukirman, S. (1999). Perkerasan lentur jalan raya.
- Yulianto, D. (2018). *Studi Perbaikan Tanah Lunak Dengan Variasi Ketebalan Platform Pada Metode Load Transfer Platform* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Sultan Agung).

