

TUGAS AKHIR

**ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH
LUNAK DENGAN METODE *PILE EMBANKMENT***

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



Disusun Oleh :

Rafli Fahrizal

NIM : 30201800155

Riko Prasetyo

NIM : 30201800159

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

2022

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN METODE *PILE EMBANKMENT*



Rafli Fahrizal
NIM : 30201800155



Riko Prasetyo
NIM : 30201800159

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, Agustus 2022

Tim Penguji

Tanda Tangan

1. **Dr. Abdul Rochim, ST., MT.**
NIDN: 0608067601
2. **Selvia Agustina, ST., M.Eng.**
NIDN: 0609099001
3. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng.**
NIDN: 0605016802

Ketua Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik
Universitas Islam Sultan Agung

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

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 61 / A.2 / SA – T / VIII / 2022

Pada hari ini tanggal 10-08-2022 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping :

1. Nama : Dr. Abdul Rochim, ST., MT.
Jabatan Akademik : Lektor Kepala
Jabatan : Dosen Pembimbing 1
2. Nama : Selvia Agustina ST., M.Eng.
Jabatan Akademik : Asisten Ahli
Jabatan : Dosen Pembimbing 2

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

Rafli Fahrizal
NIM : 30201800155

Riko Prasetyo
NIM : 30201800159

Judul : ANALISIS ATABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK
DENGAN METODE *PILE EMBANKMENT*

Dengan tahapan sebagai berikut :


No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	23/02/2022	-
2	Seminar Proposal	26/07/2022	ACC
3	Pengumpulan data	09/04/2022	-
4	Analisis data	18/04/2022	-
5	Penyusunan laporan	27/05/2022	-
6	Selesai laporan	10/08/2022	ACC

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

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Pendamping


Dr. Abdul Rochim, ST., MT.


Selvia Agustina, ST., M.Eng.

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil


Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Rafli Fahrizal

NIM : 30201800155

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK
DENGAN METODE *PILE EMBANKMENT*”**

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 15 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Rafli Fahrizal

NIM : 30201800155

PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

NAMA : Riko Prasetyo

NIM : 30201800159

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

**“ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK
DENGAN METODE *PILE EMBANKMENT*”**

benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang,/...../2022

Yang membuat pernyataan,



UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أبجوج الإسلامية

SPESIAL BIRU BERKAYU
10000
METERAI
TEMPEL
DD0AJX973926203

Riko Prasetyo

NIM : 30201800159

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Rafli Fahrizal

NIM : 30201800155

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS
TANAH LUNAK DENGAN METODE *PILE
EMBANKMENT*

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang, 19.../Agustus.../2022

Yang membuat pernyataan,



Rafli Fahrizal

NIM : 30201800155

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : Riko Prasetyo

NIM : 30201800159

JUDUL TUGAS AKHIR : ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS
TANAH LUNAK DENGAN METODE *PILE*
EMBANKMENT

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

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

Demikian pernyataan ini saya buat.

Semarang,/...../2022

Yang membuat pernyataan,



Riko Prasetyo

NIM : 30201800159

MOTTO

كُنْتُمْ خَيْرَ أُمَّةٍ أُخْرِجَتْ لِلنَّاسِ تَأْمُرُونَ بِالْمَعْرُوفِ وَتَنْهَوْنَ عَنِ الْمُنْكَرِ
وَتُؤْمِنُونَ بِاللَّهِ ۗ وَلَوْ آمَنَ أَهْلُ الْكِتَابِ لَكَانَ خَيْرًا لَهُمْ ۚ مِنْهُمُ الْمُؤْمِنُونَ
وَأَكْثَرُهُمُ الْفَاسِقُونَ (١١٠)

Artinya:

Kalian adalah umat terbaik yang dikeluarkan untuk manusia, menyuruh kepada yang makruf dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah SWT. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Di antara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang – orang fasik. (QS. Ali Imran ayat 110)

فَإِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٥) إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا (٦)

Artinya:

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.” (QS. Al Insyirah : 5 – 6)

وَعَلَى اللَّهِ قَصْدُ السَّبِيلِ وَمِنْهَا جَائِرٌ وَلَوْ شَاءَ لَهَدَيْكُمْ أَجْمَعِينَ (٩)

Artinya :

“Dan hak Allah menerangkan jalan yang lurus, dan di antaranya ada (jalan) yang menyimpang. Dan jika Dia menghendaki, tentu Dia memberi petunjuk kamu semua (ke jalan yang benar).” (QS. An Nahl ayat 9)

مَنْ خَرَجَ جَفِطَ أَبْأَعْلَمَ فَهُوَ فِ سَبِيلِ اللَّهِ حَتَّى يَرْجِعَ

Artinya :

“Barang siapa keluar mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah hingga ia pulang.” (HR. Turmudzi)

أَطْلُبِ الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

Artinya :

“Carilah ilmu sejak dari buaian hingga ke liang lahat.” (Al Hadits)

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua Orang Tua saya yang saya sayangi yaitu Bapak (Alm) Asmu'i dan Ibu Sumartini yang telah menjadi *support system* yang sangat besar untuk saya selama ini berupa segenap kasih sayang, semangat, motivasi, nasihat dan do'anya untuk keberkahan saya dalam mencari ilmu yang bermanfaat serta memotivasi saya untuk mengejar impian dan cita – cita.
2. Kedua kakak saya Irma Ariani dan Rifki Alvianto yang selalu mendoakan, memberi dorongan kepada saya untuk menjadi yang terbaik, selalu memberi semangat saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dan selalu memotivasi untuk mengejar impian dan cita – cita.
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan materi – materi untuk Tugas Akhir saya.
4. Ibu Selvia Agustina, ST., M.Eng., yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan materi – materi untuk Tugas Akhir saya.
5. Riko Prasetyo yang selama ini menjadi orang yang paling sabar dalam mendorong dan menemani saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman – teman Fakultas Teknik Unissula angkatan 2018 yang turut memberikan semangat kepada saya khususnya teman – teman kelas Sipil C 2018.

Rafli Fahrizal

NIM : 3.02.018.00155

PERSEMBAHAN

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

1. Kedua Orang Tua saya yang saya sayangi yaitu Bapak Samian dan Ibu Istikomah yang telah menjadi *support system* yang sangat besar untuk saya selama ini berupa segenap kasih sayang, semangat, motivasi, nasihat dan do'anya untuk keberkahan saya dalam mencari ilmu yang bermanfaat serta memotivasi saya untuk mengejar impian dan cita – cita.
2. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan materi – materi untuk Tugas Akhir saya.
3. Ibu Selvia Agustina, ST., M.Eng., yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan materi – materi untuk Tugas Akhir saya.
4. Adik saya Mia Zuliana yang selalu mendoakan, memberi dorongan kepada saya untuk menjadi yang terbaik, selalu memberi semangat saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Rafli Fahrizal yang selama ini menjadi orang yang paling sabar dalam mendorong dan menemani saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Teman – teman Fakultas Teknik Unissula angkatan 2018 yang turut memberikan semangat kepada saya khususnya teman – teman kelas Sipil C 2018.

Riko Prasetyo

NIM : 3.02.018.00159

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan Kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK DENGAN METODE *PILE EMBANKMENT*”** guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, tiada kata – kata yang lebih tepat untuk diucapkan dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. H. Rachmat Mudyono, MT., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar ST., M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
3. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT., selaku dosen pembimbing I saya yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan saya tentang perkuatan timbunan di atas tanah lunak untuk Tugas Akhir saya.
4. Bapak Selvia Agustina, ST., M.Eng., selaku dosen pembimbing II, yang telah membantu, memberikan saran, dan mengajarkan saya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Semua pihak yang telah membantu dan memberikan ilmunya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, pemahaman, dan kurangnya pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan

kritik dan saran yang membangun sehingga dapat memberikan hasil yang lebih baik pada tahun yang akan datang. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis tetapi juga para pembaca.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Semarang, Agustus 2022

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iv
PERNYATAAN KEASLIAN	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
ABSTRAK	xxix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Maksud dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Umum	4
2.2. Klasifikasi Tanah	4
2.2.1. Sistem Klasifikasi AASTHO	5
2.2.2. Sistem Klasifikasi USCS	6
2.3. Tanah Lunak	8
2.3.1. Karakteristik Tanah Lunak	8
2.3.2. Masalah Yang Timbul Pada Tanah Lunak	10
2.3.3. Penanganan Terhadap Tanah Lunak	10
2.4. Penurunan Tanah	11
2.4.1. Penurunan Seketika (<i>Immediate Settlement-Si</i>).....	12

2.4.2. Penurunan Konsolidasi/Primer (<i>Primary Consolidation-Sc</i>)	12
2.4.3. Konsolidasi Sekunder (<i>Secondary Consolidation</i>).....	13
2.5. Timbunan.....	15
2.5.1. Perkuatan Timbunan.....	15
2.5.2. Teknik Peningkatan Stabilitas Tanah	17
2.6. <i>Pile Embankment</i>	18
2.7. <i>Load Transfer Platform (LTP)</i>	19
2.7.1. Material Granular	19
2.7.2. Penguatan Geosintetik	19
2.7.3. <i>Preloading</i>	20
2.7.4. Hubungan LTP Dengan Jarak Antar <i>Pile</i>	20
2.8. Parameter Tanah	21
2.9. <i>Plaxis</i>	22
BAB III METODOLOGI	23
3.1. Pendahuluan.....	23
3.2. Pengumpulan Data	23
3.3. Analisis Data.....	24
3.4. Variasi Pemodelan	27
3.5. Analisis Pemodelan.....	27
3.5.1. Langkah – Langkah Pemodelan <i>Plaxis</i>	27
3.5.2. Langkah – Langkah Kalkulasi <i>Plaxis</i>	35
3.6. Bagan Alir	44
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	47
4.1. Pemodelan	47
4.2. Analisis Perhitungan	47
4.3. Hasil Perhitungan.....	51
4.3.1. Keluaran Setelah Dilakukan LTP.....	51
4.3.2. Keluaran Akibat Pembebanan.....	65
4.3.3. Keluaran Setelah Konsolidasi 1 Tahun	79
4.3.4. Keluaran Setelah Konsolidasi 5 Tahun	93
4.3.5. Keluaran Setelah Konsolidasi 10 Tahun.....	107

4.3.6. Keluaran Setelah Konsolidasi 30 Tahun.....	121
4.3.7. Tabel Perhitungan.....	135
4.4. Pembahasan	136
BAB V PENUTUP	137
5.1. Kesimpulan.....	137
5.2 Saran.....	138
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO	5
Tabel 2.2. Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unfied</i>	7
Tabel 2.3. Korelasi NSPT	21
Tabel 3.1. Data Tanah.....	24
Tabel 3.2. Parameter Geotekstil	25
Tabel 3.3. Parameter Pile	25
Tabel 3.4. Parameter Tanah.....	26
Tabel 3.5. Parameter Tanah Timbunan dan LTP	26
Tabel 3.6. Variasi Pemodelan.....	27
Tabel 4.1. <i>Phase</i> Perhitungan Tebal LTP 2 Meter	48
Tabel 4.2. <i>Phase</i> Perhitungan Tebal LTP 1,5 Meter	49
Tabel 4.3. <i>Phase</i> Perhitungan Tebal LTP 2 Meter	50
Tabel 4.4. Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Dilakukan LTP	54
Tabel 4.5. Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Dilakukan LTP....	57
Tabel 4.6. Perbandingan Tegangan Efektif Rata - Rata Setelah Dilakukan LTP	61
Tabel 4.7. Perbandingan <i>Safety Factor</i> Setelah Dilakukan LTP.....	64
Tabel 4.8. Perbandingan Total Penurunan Tanah Akibat Pembebanan	68
Tabel 4.9. Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Pembebanan.....	71
Tabel 4.10. Perbandingan Tegangan Efektif Rata - Rata Akibat Pembebanan ..	75
Tabel 4.11. Perbandingan <i>Safety Factor</i> Akibat Pembebanan.....	78
Tabel 4.12. Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 1 Tahun.....	82
Tabel 4.13. Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 1 Tahun.....	85
Tabel 4.14. Perbandingan Tegangan Efektif Rata - Rata Setelah Konsolidasi 1 Tahun	89
Tabel 4.15. Perbandingan <i>Safety Factor</i> Setelah Konsolidasi 1 Tahun.....	92
Tabel 4.16. Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 5	

Tahun.....	96
Tabel 4.17. Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 5	
Tahun.....	98
Tabel 4.18. Perbandingan Tegangan Efektif Rata - Rata Setelah Konsolidasi 5	
Tahun	103
Tabel 4.19. Perbandingan <i>Safety Factor</i> Setelah Konsolidasi 5 Tahun.....	106
Tabel 4.20. Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 10	
Tahun.....	110
Tabel 4.21. Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 10	
Tahun.....	113
Tabel 4.22. Perbandingan Tegangan Efektif Rata - Rata Setelah Konsolidasi 10	
Tahun	115
Tabel 4.23. Perbandingan <i>Safety Factor</i> Setelah Konsolidasi 10 Tahun.....	120
Tabel 4.24. Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 30	
Tahun.....	124
Tabel 4.25. Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 30	
Tahun.....	127
Tabel 4.26. Perbandingan Tegangan Efektif Rata - Rata Setelah Konsolidasi 30	
Tahun	131
Tabel 4.27. Perbandingan <i>Safety Factor</i> Setelah Konsolidasi 30 Tahun.....	134
Tabel 4.28. Hasil Perhitungan Tebal LTP 2 Meter.....	135
Tabel 4.29. Hasil Perhitungan Tebal LTP 1,5 Meter.....	135
Tabel 4.30. Hasil Perhitungan Tebal LTP 1 Meter.....	136

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Tahapan Penurunan Tanah (<i>Ground Settlement</i>)	14
Gambar 2.2. Timbunan Secara Bertahap	17
Gambar 2.3. Timbunan Menggunakan <i>Berm</i>	18
Gambar 2.4. Timbunan Dengan Perkuata Geosistetik.....	18
Gambar 3.1. <i>Project Properties – Project</i>	28
Gambar 3.2. <i>Project Properties – Model</i>	28
Gambar 3.3. <i>Material Sets</i>	29
Gambar 3.4. <i>Material Sets – General</i>	29
Gambar 3.5. <i>Material Sets – Parameter</i>	30
Gambar 3.6. <i>Structure – Create Soil Polygon</i>	30
Gambar 3.7. Memasukan Material Tanah ke Pemodelan.....	31
Gambar 3.8. Penambahan Beban Merata.....	31
Gambar 3.9. Menentukan Jaring – Jaring Elemen	32
Gambar 3.10. Menggambar <i>Water Level</i>	32
Gambar 3.11. Menambah <i>Phase 1</i>	33
Gambar 3.12. Menambah <i>Phase 2</i>	33
Gambar 3.13. <i>Calculate</i>	34
Gambar 3.14. <i>Output Plaxis</i>	34
Gambar 3.15. <i>Input Phase 1</i>	35
Gambar 3.16. <i>Input Phase 2</i>	36
Gambar 3.17. <i>Input Phase 3</i>	36
Gambar 3.18 <i>Input Phase 4</i>	37
Gambar 3.19. <i>Input Phase 5</i>	37
Gambar 3.20. <i>Input Phase 6</i>	38
Gambar 3.21. <i>Input Phase 7</i>	39
Gambar 3.22. <i>Input Phase 8</i>	39
Gambar 3.23. <i>Input Phase 9</i>	40
Gambar 3.24. <i>Input Phase 10</i>	41

Gambar 3.25. <i>Input Phase</i> 11.....	41
Gambar 3.26. <i>Input Phase</i> 12.....	42
Gambar 3.27. <i>Input Phase</i> 13.....	43
Gambar 3.28. <i>Input Phase</i> 14.....	43
Gambar 3.29. <i>Input Phase</i> 15.....	44
Gambar 3.30. <i>Input Phase</i> 16.....	45
Gambar 3.31. <i>Input Phase</i> 17 – 32	45
Gambar 3.29. Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 4.1. Pemodelan Timbunan	45
Gambar 4.2. Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	51
Gambar 4.3. Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	51
Gambar 4.4. Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	52
Gambar 4.5. Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	52
Gambar 4.6. Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	53
Gambar 4.7. Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	53
Gambar 4.8. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	54
Gambar 4.9. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	55
Gambar 4.10. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	55
Gambar 4.11. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	56
Gambar 4.12. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	56
Gambar 4.13. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal	

2 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	57
Gambar 4.14. Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	58
Gambar 4.15. Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	58
Gambar 4.16. Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	59
Gambar 4.17. Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	59
Gambar 4.18. Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	60
Gambar 4.19. Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	60
Gambar 4.20. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	61
Gambar 4.21. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	62
Gambar 4.22. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	62
Gambar 4.23. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	63
Gambar 4.24. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m ²	63
Gambar 4.25. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 40 kN/m ²	64
Gambar 4.26. Total Penurunan Tanah Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal 1 Meter.....	65
Gambar 4.27. Total Penurunan Tanah Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal 1 Meter.....	65
Gambar 4.28. Total Penurunan Tanah Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal 1,5 Meter.....	66
Gambar 4.29. Total Penurunan Tanah Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal	

1,5 Meter.....	66
Gambar 4.30. Total Penurunan Tanah Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal	
2 Meter.....	67
Gambar 4.31. Total Penurunan Tanah Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal	
2 Meter.....	67
Gambar 4.32. Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal	
1 Meter.....	68
Gambar 4.33. Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal	
1 Meter.....	69
Gambar 4.34. Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal	
1,5 Meter.....	69
Gambar 4.35. Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal	
1,5 Meter.....	70
Gambar 4.36. Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal	
2 Meter.....	70
Gambar 4.37. Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal	
2 Meter.....	71
Gambar 4.38. Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP	
Tebal 1 Meter.....	72
Gambar 4.39. Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP	
Tebal 1 Meter.....	72
Gambar 4.40. Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter.....	73
Gambar 4.41. Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter.....	73
Gambar 4.42. Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP	
Tebal 2 Meter.....	74
Gambar 4.43. Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP	
Tebal 2 Meter.....	74
Gambar 4.44. Nilai <i>Safety Factor</i> Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal 1	
Meter.....	75
Gambar 4.45. Nilai <i>Safety Factor</i> Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal 1	

Meter.....	76
Gambar 4.46. Nilai <i>Safety Factor</i> Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal 1,5	
Meter.....	76
Gambar 4.47. Nilai <i>Safety Factor</i> Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal 1,5	
Meter.....	77
Gambar 4.48. Nilai <i>Safety Factor</i> Akibat Beban 15 kN/m ² Pada LTP Tebal 2	
Meter.....	77
Gambar 4.49. Nilai <i>Safety Factor</i> Akibat Beban 40 kN/m ² Pada LTP Tebal 2	
Meter.....	78
Gambar 4.50. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	79
Gambar 4.51. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	79
Gambar 4.52. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	80
Gambar 4.53. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	80
Gambar 4.54. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	81
Gambar 4.55. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	81
Gambar 4.56. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	82
Gambar 4.57. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	83
Gambar 4.58. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	83
Gambar 4.59. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	84
Gambar 4.60. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	84
Gambar 4.61. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	

Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	85
Gambar 4.62. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	86
Gambar 4.63. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	86
Gambar 4.64. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	87
Gambar 4.65. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	87
Gambar 4.66. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	88
Gambar 4.67. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	88
Gambar 4.68. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal	
1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	89
Gambar 4.69. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal	
1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	90
Gambar 4.70. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal	
1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	90
Gambar 4.71. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal	
1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	91
Gambar 4.72. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal	
2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	91
Gambar 4.73. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal	
2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	92
Gambar 4.74. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	93
Gambar 4.75. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	93
Gambar 4.76. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	94
Gambar 4.77. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	

Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	94
Gambar 4.78. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	95
Gambar 4.79. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	95
Gambar 4.80. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	96
Gambar 4.81. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	97
Gambar 4.82. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	97
Gambar 4.83. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	98
Gambar 4.84. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	98
Gambar 4.85. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	99
Gambar 4.86. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	100
Gambar 4.87. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	100
Gambar 4.88. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	101
Gambar 4.89. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	101
Gambar 4.90. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	102
Gambar 4.91. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	102
Gambar 4.92. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP Tebal	
1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	103
Gambar 4.93. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP Tebal	

1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	104
Gambar 4.94. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP Tebal	
1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	104
Gambar 4.95. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP Tebal	
1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	105
Gambar 4.96. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP Tebal	
2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	105
Gambar 4.97. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 5 Tahun Pada LTP Tebal	
2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	106
Gambar 4.98. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	107
Gambar 4.99. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP	
Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	107
Gambar 4.100. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	108
Gambar 4.101. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP	
Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	108
Gambar 4.102. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	109
Gambar 4.103. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP	
Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	109
Gambar 4.104. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada	
LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	110
Gambar 4.105. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada	
LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	111
Gambar 4.106. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada	
LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	111
Gambar 4.107. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada	
LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	112
Gambar 4.108. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada	
LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	112
Gambar 4.109. Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada	

LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	113
Gambar 4.110. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	114
Gambar 4.111. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	115
Gambar 4.112. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	115
Gambar 4.113. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	115
Gambar 4.114. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	116
Gambar 4.115. Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	117
Gambar 4.116. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	117
Gambar 4.117. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	118
Gambar 4.118. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	118
Gambar 4.119. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	119
Gambar 4.120. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	119
Gambar 4.121. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 10 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	120
Gambar 4.122. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	121
Gambar 4.123. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	121
Gambar 4.124. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	122
Gambar 4.125. Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP	

	Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	122
Gambar 4.126.	Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	123
Gambar 4.127.	Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	123
Gambar 4.128.	Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	124
Gambar 4.129.	Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	125
Gambar 4.130.	Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	125
Gambar 4.131.	Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	126
Gambar 4.132.	Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	126
Gambar 4.133.	Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	127
Gambar 4.134.	Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	128
Gambar 4.135.	Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	128
Gambar 4.136.	Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	129
Gambar 4.137.	Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	129
Gambar 4.138.	Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	130
Gambar 4.139.	Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	130
Gambar 4.140.	Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	131
Gambar 4.141.	Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal	

1 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	132
Gambar 4.142. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal	
1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	132
Gambar 4.143. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal	
1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	133
Gambar 4.144. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal	
2 Meter dengan Beban 15 kN/m ²	133
Gambar 4.145. Nilai <i>Safety Factor</i> Setelah konsolidasi 30 Tahun Pada LTP Tebal	
2 Meter dengan Beban 40 kN/m ²	134



ANALISIS STABILITAS TIMBUNAN DIATAS TANAH LUNAK DENGAN METODE *PILE EMBANKMENT*

Oleh:

Rafli Fahrizal ¹⁾, Riko Prasetyo ¹⁾,

Dr.Abdul Rochim.ST.,MT ²⁾, Selvia Agustina.ST.,M.Eng ²⁾

Abstrak

Kondisi tanah di Indonesia mengandung material tanah lunak yang tersebar di beberapa wilayah. Tanah lunak selalu menjadi masalah dalam kegiatan konstruksi karena sifat tanahnya yang berdaya dukung rendah dan menyebabkan penurunan apabila diberi beban bangunan di atasnya. Salah satu metode yang bisa digunakan sebelum pelaksanaan proses konstruksi dimulai yaitu dengan menggunakan *pile embankment* yang merupakan perbaikan tanah lunak dengan memasukkan tiang kedalam tanah. Tujuan studi ini untuk mengetahui penurunan, tekanan air pori dan tegangan efektif pada timbunan jalan diatas tanah lunak dengan metode *pile embankment*. Pada timbunan ini juga menggunakan *Load Transfer Platfom (LTP)* yang berfungsi untuk mendistribusikan beban kepada tiang.

Metode analisis data yang digunakan yaitu dengan *microsoft office excel* yang berfungsi untuk megolah data tanah yang didapatkan agar lebih mudah untuk digunakan. Untuk merencanakan struktur yang akan dibuat dalam penelitian ini maka akan dibuat pemodelan terlebih dahulu, alat yang digunakan untuk membuat pemodelan dan menghitung strukturnya yaitu dengan *plaxis v20*.

Setelah Konstruksi terkonsolidasi 30 tahun, mendapatkan hasil jika variasi ketebalan LTP yang sama dengan jarak antar tiang memiliki penurunan yang paling rendah dan variasi penggunaan beban yang lebih kecil juga membuat penurunan semakin sedikit. Sedangkan pada tegangan efektif, semakin besar variasi beban juga tegangan efektif akan semakin besar dan untuk tekanan air pori, semakin lama timbunan tenkonsolidasi hasilnya tekanan air pori akan semakin kecil.

Kata Kunci: *Pile Embankment; Plaxis; LTP; Tanah Lunak.*

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

²⁾ Dosen Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil UNISSULA.

STABILITY ANALYSIS OF EMBANKMENT ON SOFT SOIL USING PILE EMBANKMENT METHOD

By:

Rafli Fahrizal ¹⁾, Riko Prasetyo ¹⁾,

Dr. Abdul Rochim. ST., MT ²⁾, Selvia Agustina. ST., M. Eng ²⁾

Abstract

Soil conditions in Indonesia contain soft soil material scattered in several areas. Soft soil is always a problem in construction activities because of the nature of the soil which has low bearing capacity and causes a decrease when the load is given to the building on it. One method that can be used before the construction process begins is to use pile embankment which is an improvement of soft soil by inserting the pile into the ground. soil. The purpose of this study was to determine the settlement, pore water pressure and effective stress on road embankments on soft soil using the pile embankment method. This embankment also uses a Load Transfer Platform (LTP) which functions to distribute the load to the pile.

The data analysis method used is Microsoft Office Excel which functions to process the obtained land data to make it easier to use. To plan the structure that will be made in this study, a modeling will be made first, the tool used to make the modeling and calculate the structure is Plaxis v20.

After 30 years of consolidated construction, the result is that the LTP thickness variation which is the same as the distance between the piles has the lowest settlement and the smaller variation in load usage also makes the settlement less. Meanwhile, for the effective stress, the greater the load variation, the greater the effective stress will be and for the pore water pressure, the longer the consolidation heap will result in the smaller the pore water pressure.

Keywords: *Pile Embankment; Plaxis; LTP; Soft Soil.*

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

²⁾ UNISSULA Civil Engineering Study Program lecturer.

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan tanah dalam bidang konstruksi mempunyai peranan yang cukup penting karena menjadi dasar suatu bangunan. Peranan ini mengharuskan kondisi tanah yang benar – benar baik agar bangunan yang berdiri di atasnya juga dapat berdiri dengan kokoh dan memiliki umur yang relative panjang. Kondisi tanah di Indonesia berbeda pada setiap wilayahnya, Salah satunya kondisi tanah di Indonesia yaitu adanya material tanah lunak yang tersebar di beberapa wilayah. Tanah lunak selalu menjadi masalah dalam kegiatan konstruksi karena sifat tanahnya yang berdaya dukung rendah dan menyebabkan penurunan apabila diberi beban bangunan di atasnya.

Penurunan tanah menyebabkan kerusakan kondisi tanah awal dan kegagalan struktur, serta kerusakan bangunan akibat penurunan yang berlebihan. Selanjutnya, apabila terjadi penurunan muka tanah dalam suatu siklus pembangunan, maka harus dianalisis dan diperbaiki. Semua hal yang perlu dilakukan untuk mengurangi dampak dari penurunan tanah perlu direncanakan. Solusi untuk mengurangi penurunan tanah adalah dengan upaya perbaikan tanah (*soil improvement*) yang dapat membuat meningkatnya kekuatan dan daya dukung tanah serta menghindari masalah penurunan tanah pada saat masa konstruksi atau pada saat bangunan yang dibuat di atasnya.

Salah satu teknik yang bisa digunakan sebelum pelaksanaan proses konstruksi dimulai yaitu dengan menggunakan metode *pile embankment* yang merupakan jenis perbaikan tanah lunak dengan memasukkan tiang kedalam tanah. Menurut Zheng et al (2009), kombinasi antara geosintetik dengan tiang dapat menurunkan penurunan yang tidak rata yang kadang terjadi di dasar timbunan apabila tidak diberi perkuatan. Geosintetik merupakan material buatan manusia yang dibuat untuk memudahkan pekerjaan manusia. Geosintetik disini dapat difungsikan untuk pengganti slab beton pada tiang pancang dan mendistribusikan gaya – gaya dan beban di atasnya ke tiang

untuk disalurkan ke tanah. Selain itu geosintetik juga dapat difungsikan untuk meningkatkan stabilitas tanah, mencegah penurunan yang tidak merata dan untuk memberikan perkerasan pada dasar timbunan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas permasalahan yang terjadi yaitu kondisi tanah di bawah timbunan terdapat lapisan tanah yang sangat lunak (*very soft clay*) yang dapat menyebabkan penurunan tanah (*settlement*) dan keretakan pada timbunan sehingga diperlukan perbaikan tanah untuk meminimalisir adanya penurunan tanah dan keretakan. Salah satu metode untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu menggunakan *pile embankment* dengan memperhitungkan *load transfer platform* (LTP).

Dari penjelasan tersebut didapatkan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa besar penurunan tanah yang terjadi pada timbunan setelah penggunaan metode pile embankment?
2. Bagaimana pengaruh tebal LTP terhadap stabilitas timbunan di atas tanah lunak?
3. Berapa besar tegangan efektif dan tekanan air berlebih pada tanah yang terjadi setelah penggunaan metode pile embankment?
4. Berapa nilai safety factor yang terjadi pada timbunan?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui total penurunan tanah yang terjadi pada timbunan setelah penggunaan metode pile embankment.
2. Mengetahui pengaruh tebal LTP terhadap stabilitas timbunan diatas tanah lunak.
3. Mengetahui hasil tegangan efektif dan tekanan air berlebih pada tanah yang terjadi setelah penggunaan metode pile embankment.
4. Mengetahui nilai safety factor yang terjadi pada timbunan.

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan permasalahan diperlukan agar penyusunan Tugas Akhir ini dapat terarah dan mendalam serta dapat dilaksanakan dengan keterbatasan waktu, tenaga, biaya dan kecakapan penulis. Masalah yang menjadi obyek perencanaan dibatasi meliputi :

1. Pemodelan dan analisis menggunakan program Plaxis v20.
2. Variasi beban yang digunakan yaitu 15 kN/m² dan 40 kN/m².
3. Variasi tebal LTP yang digunakan yaitu 1 meter, 1,5 meter dan 2 meter.
4. Perkuatan timbunan menggunakan pile dan geotekstil

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam mempermudah penyusunan Tugas Akhir ini, penyusun membagi laporan dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, serta sistematika penulisan.

BAB II : STUDI PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang karakteristik tanah secara umum, deskripsi tanah dasar (subgrade) dan tanah lunak, karakteristik tanah lunak, penyelidikan tanah asli, penurunan tanah, pemadatan tanah, metode perbaikan tanah menggunakan pile embankment.

BAB III : METODOLOGI

Menguraikan tentang pengumpulan data serta analisis data.

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menguraikan tentang pengolahan data, pemodelan metode pile embankment menggunakan program plaxis, pengecekan tekanan air berlebih, tegangan efektif, safety factor, dan besarnya penurunan tanah yang terjadi serta bentuk deformasinya.

BAB V : PENUTUP

Pada bab ini, berisi kesimpulan dari hasil analisis dan saran yang disampaikan mengenai analisis ini.

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tanah dapat diartikan sebagai kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga – rongga di antara material tersebut berisi udara dan air. Menurut K. Terzaghi, tanah terdiri dari butiran – butiran material hasil pelapukan massa batuan massive, dimana ukuran butirannya sebesar bongkahan, berangka, kerikil, pasir, lanau, lempung, dan kontak butirnya tidak tersedimentasi termasuk bahan organik. Dalam bidang teknik sipil tanah digunakan sebagai pendukung struktur di atasnya, sehingga agar tidak terjadi kerusakan pada konstruksi bangunan maka diperlukan tanah dalam kondisi stabil serta tidak mengalami penurunan yang tinggi. Konstruksi jembatan merupakan contoh bangunan yang tergantung pada kestabilan tanah. Salah satu permasalahan yang terjadi pada konstruksi timbunan untuk jalan yaitu penurunan pada tanah dasarnya yang mengakibatkan terjadinya perbedaan ketinggian atau elevasi pada timbunan. Dengan demikian kestabilan tanah dalam suatu konstruksi harus dirancang agar tidak terjadi kerusakan pada konstuksinya.

2.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah dibuat dengan tujuan untuk memberikan informasi karakteristik dan sifat – sifat fisis tanah. Karena sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, klasifikasi mengelompokan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisik. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya (Bowles, 1989).

Adapun klasifikasi tanah yang umum digunakan adalah klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan klasifikasi tanah USCS (*Unified Soil Classification System*).

2.2.1 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi tanah AASHTO merupakan klasifikasi yang biasa digunakan untuk keperluan jalan raya. Sistem ini membedakan tanah dalam 8 (delapan) kelompok yang diberi nama/kode dari A – 1 sampai A – 8. A – 8 merupakan kelompok tanah organik yang bersifat tidak stabil sebagai bahan lapisan struktur pada jalan raya, maka pada revisi terbaru AASHTO diabaikan (Sukirman, 1992). Klasifikasi tanah menurut Sistem klasifikasi AASHTO seperti terlihat dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah AASTHO

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan no. 200)							Tanah-tanah lanau-lempung (< 35% lolos saringan no. 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5/A-7-6	
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7					
Analisis saringan (% lolos) 2,00 mm (no. 10) 0,425 mm (no. 40) 0,075 mm (no. 200)	50maks 30 maks	- 50 maks 15 maks	51 min 10 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min	
Sifat fraksi lolos saringan no. 40 Batas cair (LL) Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	
Indeks kelompok (G)	0		0	0				4 maks	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung		
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk				

(Sumber : Das, 1995)

Catatan :

Kelompok A – 7 dibagi atas A – 7 – 5 dan A – 7 – 6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk PL > 30, klasifikasinya A – 7 – 5;

Untuk PL < 30, klasifikasinya A – 7 – 6

Np = Nonplastis

2.2.2 Sistem Klasifikasi USCS

Metode klasifikasi tanah dengan menggunakan USCS adalah sebuah metode klasifikasi tanah yang banyak digunakan dalam bidang geoteknik. Klasifikasi ini diusulkan oleh A. Cassagrande pada tahun 1942 dan dilakukan revisi pada tahun 1952 oleh *The Corps of Engineers and The US Bureau of Reclamation*, prinsip pada klasifikasi metode ini ada 2 pembagian jenis tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) dan tanah berbutir halus (lanau dan lempung). Tanah akan digolongkan dalam butiran kasar bila lebih dari 50% tertahan di atas saringan nomor 200. Sementara tanah tersebut akan digolongkan berbutir halus bila lebih dari 50% lolos dari saringan nomor 200. Untuk lebih jelasnya pada penjelasan dibawah ini:

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) merupakan tanah yang lebih dan 50% bahannya tertahan pada ayakan Nomor 200. Tanah berbutir kasar terbagi atas kerikil dengan simbol G (*gravel*), dan pasir dengan simbol S (*sand*).
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) adalah tanah yang lebih dan 50% bahannya lewat saringan Nomor 200. Tanah berbutir halus terbagi atas lanau dengan simbol M (*silt*), lempung dengan simbol C (*clay*), serta lanau dengan lempung organik dengan simbol O, bergantung pada tanah tersebut terletak pada grafik plastisitas. Tanda L digunakan untuk plastisitas rendah dan tanda H untuk plastisitas tinggi.

Adapun simbol – simbol lain yang digunakan sebagai berikut:

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) ($LL > 50$)

Menurut Bowles, 1991 sistem klasifikasi *Unified* dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi Tanah *Unified*

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar > 50% butiran terhalus saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar terhalus saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		Kerikil dengan Butiran halus	GP Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
			GM Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
		Pasir bersih (hanya pasir)	GC Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	SW Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
	SP Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
	Pasir dengan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Pasir dengan butiran halus	SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
		SC Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
	Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan No. 200	Lanau dan lempung batas cair > 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekli, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berbatuan, lempung "lembas" (<i>fat clays</i>)
			OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
MH			Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis	
Lanau dan lempung batas cair < 50%		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gambut" (<i>fat clays</i>)	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
		PT	Peat (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus ; Kurang dari 5% lolos saringan no.200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no.200 : GM, GC, SM, SC, 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel

Diagram Plastisitas:
Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas *Atterberg* yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.

Garis A : PI = 0.73 (LL-20)

(Sumber : Bowles, 1991)

2.3 Tanah Lunak

Tanah lunak adalah partikel mineral berkerangka dasar silikat yang berdiameter kurang dari 4 mikrometer mengandung leburan silika atau aluminium yang halus. Lempung terbentuk dari proses pelapukan batuan silika oleh asam karbonat dan sebagian dihasilkan dari aktivitas panas bumi. Pada umumnya lapisan tanah lunak adalah lempung atau lanau yang mempunyai nilai percobaan *Standard Penetration Test* (SPT) $n = 4$ atau tanah organik seperti gambut (*Peat*) yang mempunyai kadar air alami (*Natural Water Content*) yang sangat tinggi dan juga tanah pasir lepas yang mempunyai nilai $n = 10$.

Lapisan lunak umumnya terdiri dari tanah yang sebagian besar terdiri dari butiran – butiran yang sangat kecil seperti lempung atau lanau. Pada lapisan lunak, semakin muda umur akumulasinya, semakin tinggi letak muka airnya. Lapisan muda ini juga kurang mengalami pembebanan sehingga sifat mekanisnya buruk dan tidak mampu memikul beban. Sifat lapisan tanah lunak adalah gaya gesernya kecil, kemampatan yang besar, dan koefisien permeabilitas yang kecil. Jadi, bilamana pembebanan konstruksi melampaui daya dukung kritisnya maka dalam jangka waktu yang lama besarnya penurunan akan meningkat yang akhirnya akan mengakibatkan berbagai kesulitan.

Menurut Terzaghi (1967) tanah lempung kohesif merupakan lunak yang mempunyai daya dukung lebih kecil dari $0,5 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai standard penetration test lebih kecil dari 4 ($N - \text{value} < 4$). Berdasarkan pengujian di lapangan, secara fisik menggunakan jari tangan tanah lunak dapat diremas dengan mudah. Menurut Toha (1989), sifat umum tanah lunak yaitu memiliki kadar air antara 80 – 100%, dengan batas cair 80 – 110%, serta batas plastis 30 – 45%, saat dites *sieve analysis*, maka butiran yang lolos oleh saringan no 200 akan lebih besar dari 90% serta memiliki kuat geser 20 – 40 kN/m^2 .

2.3.1 Karakteristik Tanah Lunak

Tanah lunak (*Clay*) memiliki tegangan geser dan permeabilitas yang rendah namun plastisitas tanah lunak tinggi. Karena koefisien

permeabilitas tanah lunak yang rendah sehingga penurunan konsolidasi tanah lunak terjadi sangat lama.

Untuk mengetahui karakteristik tanah para ahli berusaha mengadakan penelitian baik di laboratorium maupun di lapangan.

1. Tanah Kohesif dan Tidak Kohesif

Tanah disebut kohesif yaitu apabila karakteristik fisiknya yang selalu melekat antara butiran tanah sewaktu pembasahan atau pengeringan. Sedangkan pada tanah non kohesif butiran tanah terpisah – pisah sesudah dikeringkan dan melekat hanya apabila dalam keadaan basah.

2. Plastisitas dan Konsistensi Tanah Kohesif

Plastisitas yaitu kemampuan butiran untuk tetap melekat satu sama lain. Untuk mendefinisikan tanah kohesif diperlukan kondisi fisik tanah tersebut pada kadar air tertentu yang disebut konsistensi. Konsistensi tanah kohesif pada kondisi alamnya dinyatakan dalam istilah lunak, sedang dan kaku.

3. Penentuan *Klas Site* Tanah

Penentuan *Klas Site* tanah sangat penting diketahui profil atau Klasifikasi tanah dalam perencanaan konstruksi bangunan untuk mengetahui seberapa besar tanah dasar mengalami kompresible dan juga sebagai penentuan parameter tanah yang digunakan sebagai input suatu desain. Untuk menentukan *Klas Site* tanah digunakan tipe profil tanah berdasarkan standar UBC 1997 yang dihitung berdasarkan kedalaman tanah minimal 30 meter, sehingga dalam investigasi tanah baik dengan uji lapangan SPT maupun Sondir sebaiknya mencapai kedalaman 30 meter.

4. Nilai Gelombang Geser (V_s) Berdasarkan $N - SPT$

Nilai kecepatan rambat gelombang geser (V_s) atau modulus geser maksimum (G_{max}) biasanya dikorelasikan dengan kuat geser yang diperoleh dari uji laboratorium atau besar – besaran

yang diperoleh dari test lapangan seperti nilai $N - SPT$ dan q_c Sondir.

2.3.2 Masalah Yang Timbul Pada Tanah Lunak

Permasalahan utama yang timbul pada tanah lunak dalam suatu pekerjaan konstruksi yaitu adalah penurunan tanah yang sangat besar. Serta adanya masalah likuifaksi yaitu bila terjadi gempa bumi maka perilaku tanah akan menyerupai air atau cairan akibat beban seismik sehingga akan mengurangi kekuatan geser tanah dan berakibat pada berkurangnya daya dukung tanah. Berkurangnya daya dukung tersebut mengakibatkan tanah lunak tidak bisa digunakan sebagai lapisan pondasi suatu struktur.

Ketika tanah dibebani, maka sama seperti material lain, tanah akan mengalami penurunan. Penurunan tanah disebabkan oleh penurunan konsolidasi pada tanah. Dalam ilmu Geoteknik, dikenal tiga jenis penurunan tanah, yaitu :

1. Penurunan seketika (*Immediate Settlement*)
2. Penurunan Konsolidasi/Primer (*Consolidation Settlement*)
3. Penurunan Rangkak/Sekunder (*Creep/Secondary Settlement*)

2.3.3 Penanganan Terhadap Tanah Lunak

Tujuan umum perbaikan tanah lunak yaitu untuk meningkatkan daya dukung dan kuat geser tanah, meningkatkan modulus tanah, mengurangi kompresibilitas tanah, mengontrol stabilitas volume (*shrinkage* dan *swelling*) tanah, mengurangi kerentanan terhadap likuifaksi, memperbaiki kualitas material untuk bahan konstruksi, serta memperkecil pengaruh untuk daerah sekitarnya.

Usaha perkuatan dan perbaikan dilakukan untuk beberapa hal berikut:

- a. Mengurangi kompresibilitas
- b. Menaikkan modulus
- c. Mengontrol stabilitas volume
- d. Memperbaiki kualitas material

- e. Mengurangi kerentanan terhadap likuifaksi
- f. Memperkecil pengaruh lingkungan
- g. Memperbesar daya dukung dan kuat geser

Dalam praktek usaha perbaikan tanah sering dijumpai dari cara tradisional hingga cara yang modern. Kedua cara tersebut dapat diterima tetapi secara ekonomi, pada prinsipnya adalah stabilitas tanah ini untuk mencari alternatif perbaikan tanah yang paling murah dan berkonsolidasi cukup stabil. Hampir selalu usaha perbaikan tanah menjadi mahal dikarenakan menyangkut perbaikan tanah dalam volume yang sangat besar.

Pemilihan metode perbaikan tanah dapat disesuaikan dengan kondisi dilapangan serta kriteria yang telah ditentukan. Kriteria ini di antaranya jenis tanah dan struktur tanah serta kondisi aliran tanah, jenis dan tingkat perbaikan yang diinginkan, biaya proyek, waktu penyelesaian proyek, peralatan material yang tersedia, dan ketahanan material yang digunakan.

2.4 **Penurunan Tanah**

Penurunan tanah merupakan salah satu permasalahan utama yang terjadi pada tanah lunak. Penurunan tanah terjadi akibat pemberian beban yang ada di atas tanah yang mengakibatkan adanya tegangan pada lapisan tanah dibawahnya. Adanya pembebanan tersebut mengakibatkan keluarnya air pori yang disertai dengan berkurangnya volume tanah, sehingga terjadi deformasi partikel pada tanah.

Dalam bidang geoteknik, tanah dibagi menjadi dua jenis, di antaranya yaitu tanah berbutir (*pasir/sand*) dimana air pori dapat dengan mudah mengalir keluar dari struktur tanah, karena tanah berbutir memiliki permeabilitas yang tinggi dan tanah kohesif (*clay*) yang memerlukan waktu lama untuk air pori mengalir keluar seluruhnya, hal tersebut disebabkan karena tanah kohesif memiliki permeabilitas yang rendah. Dalam ilmu Geoteknik, dikenal tiga jenis penurunan tanah, yaitu:

2.4.1 Penurunan Seketika (*Immediate Settlement – Si*)

Penurunan seketika merupakan penurunan yang terjadi secara seketika saat beban diberikan, hal ini menyebabkan tanah di bawah beban mengalami kenaikan tegangan sehingga tanah terkompresi ke arah vertikal diikuti dengan pergerakan tanah ke arah lateral (*lateral expansion*), maka terjadi penurunan elevasi tanah dasar (*settlement*). Penurunan seketika ini bersifat elastis. Pada penurunan segera beban timbunan di atasnya dan modulus elastisitas kekakuan tanah sangat mempengaruhi besarnya penurunan. Berikut persamaan dalam penurunan segera:

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

Dimana :

S_i = Penurunan segera (m)

$\Delta\sigma$ = Beban timbunan (kN/m²)

B = Lebar atau diameter timbunan (m)

μ_s = *Poisson's ration*

E_s = Modulus elastisitas tanah

I_p = *non – dimensional influence factor*

Schleicher (1926) mendefinisikan faktor I_p ini sebagai :

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

Dimana :

m_1 = L/B (panjang/lebar beban yang bekerja)

2.4.2 Penurunan Konsolidasi Primer (*Primary Consolidation – Sc*)

Penurunan konsolidasi merupakan penurunan yang terjadi selama terjadinya masa konsolidasi dengan terdisipasinya tegangan air pori. Lama penurunan konsolidasi tergantung pada kondisi lapisan tanah itu sendiri. Penurunan konsolidasi biasanya terjadi pada tanah berbutir halus. Besarnya penurunan konsolidasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

- a. Untuk tanah terkonsolidasi normal

$$S_c = H_0 \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_0'}$$

- b. Untuk tanah terkonsolidasi berlebih

Jika $\sigma_0' + \Delta\sigma' \leq \sigma_p'$, maka besarnya penurunan konsolidasi adalah :

$$S_c = H_0 \frac{C_s}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_0'}$$

Sedangkan jika $\sigma_0' < \sigma_p'(\sigma_0' + \Delta\sigma')$, besarnya penurunan konsolidasi adalah sebagai berikut :

$$S_c = H_0 \frac{C_s}{1 + e_0} \log \frac{\sigma_p'}{\sigma_0'} + H_0 \frac{C_c}{1 + e_0}$$

Dimana :

S_c = Penurunan konsolidasi primer (m)

H_0 = Tebal lapisan tanah (m)

C_c = Indeks kompresi

C_s = Indeks *swelling*

e_0 = Angka pori awal

σ_0' = Tegangan efektif awal (kN/m²)

σ_p' = Tegangan prakonsolidasi efektif awal (kN/m²)

$\Delta\sigma'$ = Perubahan efektif awal (kN/m²)

2.4.3 Penurunan Konsolidasi Sekunder (Secondary Consolidation – S_c)

Konsolidasi sekunder dikenal pula dengan sebutan penurunan rangkak (*creep*), terjadi setelah konsolidasi primer selesai. Terjadi pemampatan setelah keluarnya air dan udara pada pori tanah. Pemampatan tersebut terjadi akibat relokasi butiran yang bersifat plastis pada tanah. Waktu yang dibutuhkan pada proses pemampatan ini sangat lama karena tekanan air pori berlebih telah terdisipasi begitu juga tegangan efektif pada tahap ini sudah berlangsung konstan. Besarnya penurunan sekunder dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$S_s = H_0 \frac{C_\alpha}{1 + e_p} \log \frac{t_p + \Delta t}{t_p}$$

Dimana :

S_s = Penurunan konsolidasi sekunder (m)

H_0 = Tebal lapisan tanah (m)

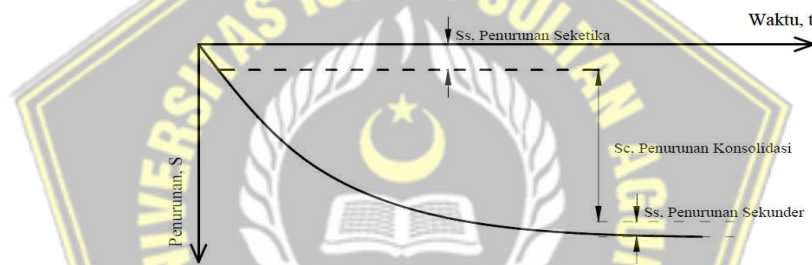
C_α = Indeks kompresi penurunan sekunder

e_p = Angka pori pada akhir konsolidasi

t_p = Waktu ketika konsolidasi selesai (s)

Δt = Selang waktu terjadinya penurunan sekunder (s)

Ketika penurunan konsolidasi primer selesai maka terjadi penurunan konsolidasi sekunder, yaitu ketika tegangan air pori berlebih sama dengan nol ($u = 0$). Tahapan penurunan tanah dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Tahapan Penurunan Tanah (*Ground Settlement*)

Tergantung dari jenis tanah, pada umumnya dari ketiga jenis penurunan tanah tersebut hanya salah satu jenis yang dominan pada suatu jenis tanah tertentu, karena jenis penurunan yang lainnya ada kalanya terlalu kecil sehingga dapat diabaikan (Das, 1988). Maka penurunan total dari tanah yang telah dibebani adalah:

$$S = S_i + S_c + S_s$$

Dengan :

S = Penurunan Total (m)

S_i = Penurunan Segera (m)

S_c = Penurunan Konsolidasi Primer (m)

S_s = Penurunan Konsolidasi Sekunder (m)

2.5 Timbunan

Timbunan merupakan suatu jenis pekerjaan yang bertujuan untuk memindahkan tanah (padas, merah, atau semi padas) dari satu tempat lokasi (sumber pengambilan tanah) ke tempat lokasi lain yang diinginkan sebanyak yang dibutuhkan agar tercapai bentuk dan ketinggian tanah yang diinginkan, antara lain sektor pertanian (sawah, ladang dan perkebunan), infrastruktur pembangunan (pondasi bangunan) dan kerajinan (gerabah, tembikar, pot, genteng, dan batu bata). Dengan memakai acuan perhitungan ritase atau pun m^3 .

Timbunan dapat digunakan sebagai lapis penopang untuk meningkatkan daya dukung tanah dasar, juga digunakan di daerah saluran air dan lokasi serupa, timbunan atau urugan dibagi dalam 2 macam sesuai dengan maksud penggunaannya yaitu :

1. Timbunan Biasa diklasifikasikan sebagai timbunan yang terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu. Bahan Timbunan biasa ini tidak termasuk ke dalam tanah dengan indeks tanah dengan plastisitas tinggi. Tanah timbunan biasa juga tidak boleh mengandung Bahan organik.
2. Timbunan pilihan disebut pilihan dengan dan harus terdiri dari bahan tanah atau batu yang memenuhi semua ketentuan diatas untuk timbunan biasa dan sebagai tambahan harus memiliki sifat sifat tertentu seperti :
 - Timbunan pilihan harus diuji dengan SNI 1744:2012,
 - Memiliki CBR Paling sedikit 10%,
 - Setelah 4 hari penyiraman/perendaman bila dipadatkan mencapai 100% kepadatan kering maksimum.

Bahan timbunan pilihan yang digunakan pada pekerjaan stabilitas timbunan, bilamana dilaksanakan dengan pemadatan kering normal, maka timbunan pilihan dapat berupa timbunan batu atau kerikil lempungan bergradasi baik atau lempung pasiran berplastisitas rendah.

2.5.1 Perkuatan Timbunan

Pada hakekatnya, timbunan di atas tanah lunak merupakan masalah daya dukung. Pertimbangan lain adalah bahwa stabilitas timbunan kritis pada akhir konstruksi. Hal ini dikarenakan permeabilitas tanah lempung lunak yang tidak memungkinkan pengaliran dan konsolidasi pada masa konstruksi. Pada akhir konstruksi, beban telah diterapkan, tetapi tidak ada peningkatan kuat geser tanah akibat konsolidasi.

Sesudah konsolidasi terjadi, peningkatan kuat geser umumnya menghilangkan perlunya perkuatan geotekstil untuk menambah stabilitas. Untuk memperoleh peningkatan kuat geser, tinggi timbunan harus sedemikian sehingga pada awal konstruksi mengakibatkan tegangan vertikal yang melewati tegangan konsolidasi. Jadi peranan geotekstil adalah mempertahankan stabilitas sampai tanah lunak terkonsolidasi dan dapat memikul beban timbunan itu sendiri.

Keuntungan yang dapat diambil dari penggunaan geotekstil perkuatan tanah lunak adalah Konstruksi sederhana sehingga mudah untuk dilaksanakan, menghemat waktu pelaksanaan, menghemat biaya konstruksi. Sedangkan kerugian dari penggunaan geotekstil adalah bahwa geotekstil tidak tahan terhadap sinar ultra violet. Tetapi hal ini dapat diatasi dengan penutupan berupa pasangan batu kali ataupun dengan bahan lainnya.

Secara umum, geosintetik dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kelompok, yaitu:

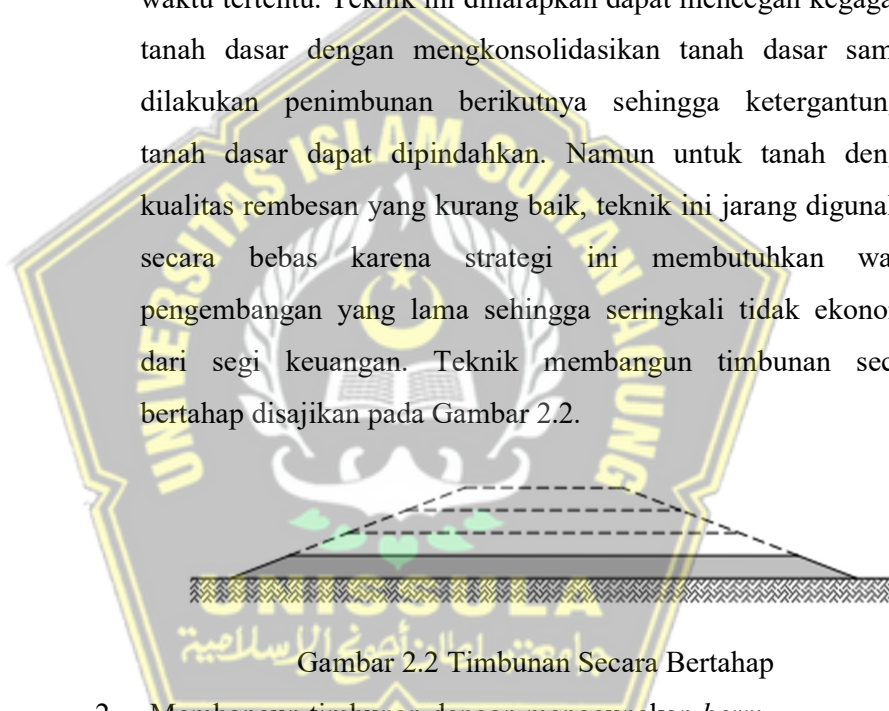
1. *Geotextile*
2. *Geogrid*
3. *Geonet*
4. *Geomembrane*
5. *Geosynthetics clay liners*
6. *Geopipes*
7. *Geocomposites*
8. *Geofoam*

2.5.2 Teknik Peningkatan Stabilitas Tanah

Dalam upaya meningkatkan stabilitas tanah dasar pada suatu timbunan bukan hanya menambahkan material geosintetik, tetapi teknik pada masa pelaksanaan timbunan juga harus diperhatikan. Ada tiga cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas tanah dasar selama masa konstruksi timbunan berlangsung, yaitu:

1. Membangun timbunan secara bertahap

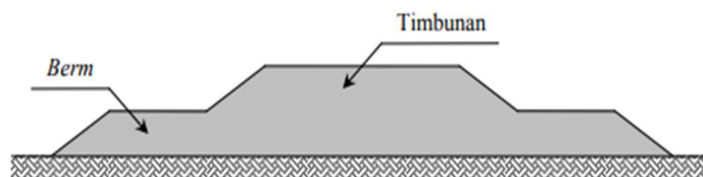
Pengembangan konstruksi timbunan dilakukan secara bertahap dengan menimbun tanah secara perlahan untuk jangka waktu tertentu. Teknik ini diharapkan dapat mencegah kegagalan tanah dasar dengan mengkonsolidasikan tanah dasar sampai dilakukan penimbunan berikutnya sehingga ketergantungan tanah dasar dapat dipindahkan. Namun untuk tanah dengan kualitas rembesan yang kurang baik, teknik ini jarang digunakan secara bebas karena strategi ini membutuhkan waktu pengembangan yang lama sehingga seringkali tidak ekonomis dari segi keuangan. Teknik membangun timbunan secara bertahap disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Timbunan Secara Bertahap

2. Membangun timbunan dengan menggunakan *berm*

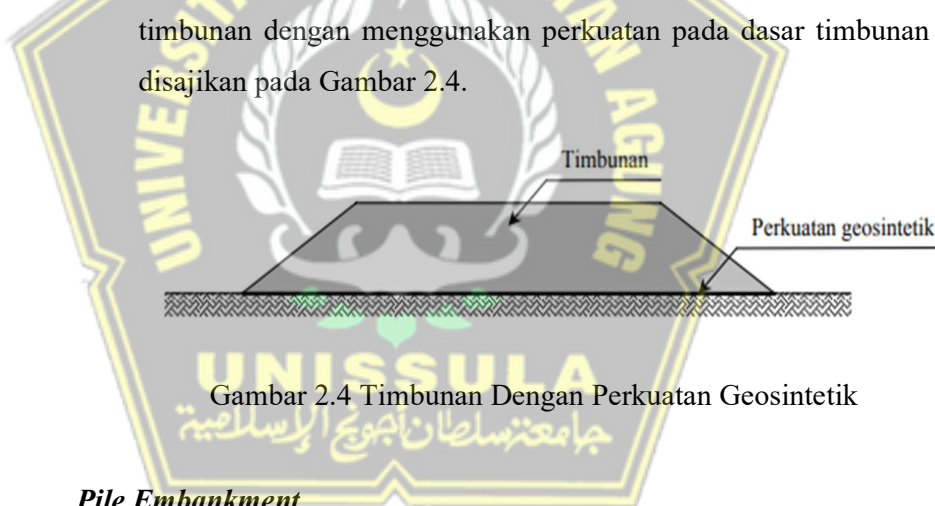
Penggunaan *berm* pada timbunan bertujuan untuk mencegah *squeeze* pada tanah dasar dan meningkatkan area pembebanan sehingga dapat mengurangi tegangan yang terjadi pada tanah dasar. Dengan demikian, maka stabilitas tanah dasar dapat tetap terjaga. Akan tetapi metode ini memerlukan luas lahan yang besar sehingga metode ini jarang untuk digunakan. Teknik membangun timbunan dengan menggunakan *berm* dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Timbunan Menggunakan *Berm*

3. Membangun timbunan dengan menggunakan perkuatan pada dasar timbunan

Penggunaan rangka penyangga pada dasar timbunan misalnya geotekstil merupakan teknik yang paling ekonomis dan paling banyak digunakan akhir-akhir ini karena strategi ini dapat membatasi geometri timbunan (membatasi luas timbunan dan meningkatkan ketinggian timbunan) dan mempersingkat waktu pelaksanaan pembangunan tanggul. Teknik membangun timbunan dengan menggunakan perkuatan pada dasar timbunan disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Timbunan Dengan Perkuatan Geosintetik

2.6 *Pile Embankment*

Pile embankment (timbunan bertiang) merupakan salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengantisipasi permasalahan penurunan tanah. Konstruksi *pile embankment* terdiri dari timbunan dengan perkuatan geosintetik (salah satunya *geogrid*) ditambah dengan pondasi tiang. Beban timbunan didistribusikan pada kepala tiang (*cap*) secara langsung dan melalui perkuatan geosintetik untuk kemudian disalurkan melalui tiang ke tanah keras.

Keunggulan dari konstruksi *pile embankment* adalah timbunan dapat tinggi dan dapat dibangun secara cepat, tanpa adanya dampak penurunan dan

instabilitas timbunan (Lawson 2012). Lawson (2012) mencontohkan penggunaan konstruksi *pile embankment* adalah pada timbunan pendekat ke struktur jembatan, pelebaran timbunan di atas tanah lunak, dan sebagai pondasi untuk struktur dinding penahan tanah.

Pile embankment merupakan gabungan dari beberapa tiang yang digunakan untuk menahan timbunan dan beban di atasnya. Pada umumnya penggunaan *pile embankment* ini menggunakan pelat beton sebagai *pile cap* tiang kelompok. Namun penggunaan pelat beton dapat digantikan dengan menggunakan geosintetik.

2.7 **Load Transfer Platform (LTP)**

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.

2.7.1 **Material Granular**

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

2.7.2 **Penguatan Geosintetik**

Bahan penguat Geosintetik digunakan untuk membuat LTP yang salah satunya lapisan geotekstil kekuatan tinggi atau *Geogrid*, atau

beberapa lapisan kekuatan yang lebih rendah yaitu *Geogrid Biaksial*. Jenis dan kekuatan penguatan Geosintetik adalah fungsi dari model desain yang digunakan untuk analisis LTP (yaitu, *catenary* atau balok), jarak antara kolom, dan tinggi tanggul. Banyak perancang yang mengharuskan mengisi lapisan bantalan ditempatkan di antara 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.

2.7.3 Preloading

Metode Preloading konvensional atau yang biasa disebut prabeban merupakan sebuah metode untuk memperbaiki masalah yang ditimbulkan tanah lempung lunak, namun pada proses pelaksanaannya metode ini sering mengalami permasalahan diantaranya adalah kelongsoran tanah timbunan. Selain itu metode ini juga memerlukan biaya yang besar dikarenakan perpindahan tanah timbunan yang harus dilakukan. Dalam menentukan beban *preloading* yaitu dengan menggunakan ketentuan :

$$\text{Beban Preloading} = 1,2 \times \text{beban timbunan}$$

2.7.4 Hubungan LTP Dengan Jarak *Pile*

Penentu nilai tebal LTP menggunakan metode Collin (Ellias et al., 2004) adalah:

- a. Ketebalan LTP diambil sebesar jarak bersih antara 2 tiang atau 1,25 lebih besar.
- b. Minimum terdapat 3 buah lapisan perkuatan yang digunakan untuk memunculkan mekanisme load transfer.
- c. Jarak antara perkuatan minimum 20 cm.

- d. Semua beban vertikal dari timbunan di atas LTP di salurkan kepada tiang.
- e. Regangan initial lapisan perkuatan dibatasi sampai 5%.

Menurut Ramesh Gangatharan (2014) tebal LTP diambil sebesar:

$$H_{LTP} > H_a = \frac{s - d}{2}$$

Dengan:

H_{LTP} = Tebal LTP (m)

H_a = Tebal arch (m)

s = Spasi antar pile (m)

d = Lebar pile (m)

2.8 Parameter Tanah

Untuk mendapatkan desain yang sesuai diperlukan parameter tanah yang bagus, penentuan parameter tanah dapat dilakukan dengan uji laboratorium maupun hasil data lapangan yang dapat diubah menggunakan korelasi – korelasi. Korelasi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Korelasi NSPT

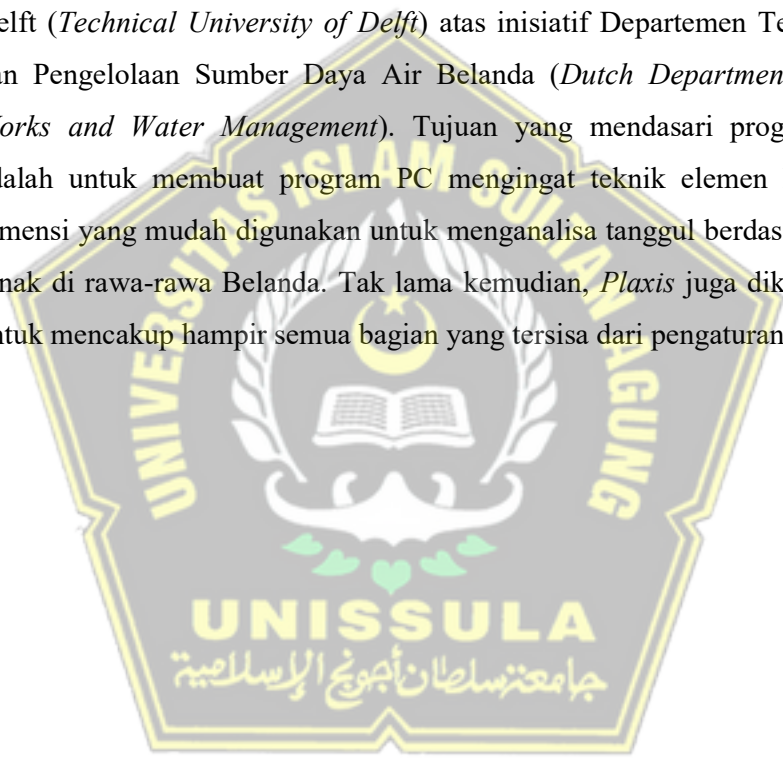
Condition	Penetration range N (bpf)	(%)	Ratio (v)	Shear Su (psf)	Young's Modulus Es	Shear Range G**(psi)
V.Soft	2	0.020	0.5	250	170-340	60-110
Soft	2-4	0.020	0.5	375	260-520	80-170
Medium	4-8	0.020	0.5	750	520-1040	170-340
Stiff	8-15	0.010	0.45	1500	1040-2080	340-690
Very Stiff	15-30	0.005	0.40	3000	2080-4160	690-1390
Hard	30	0.004	0.35	4000	2890-5780	960-1930
	40	0.004	0.35	5000	3470-6940	1150-
	60	0.0035	0.30	7000	4860-9720	2310
	80	0.0035	0.30	9000	6250-	1620-
	100	0.003	0.25	11000	12500	3420
	120	0.003	0.25	13000	7640-	2080-
					15270	4160
					9020-	2540-
					18050	5090
						3010-

(Sumber : Randolph 1978)

2.9 Plaxis

Program *Plaxis* adalah program pemeriksaan geoteknik yang memanfaatkan teknik elemen hingga (*finite element method*) dua dimensi yang digunakan untuk merancang bangunan, memecah deformasi, kekuatan tanah, menghitung tegangan yang terjadi di timbunan dan lain sebagainya. Metode elemen hingga adalah teknik yang umumnya digunakan untuk mengatasi masalah desain utama berbasis PC. Untuk menampilkan dalam program *Plaxis*, beberapa batas tanah diperlukan dalam program ini.

Pengembangan *Plaxis* dimulai pada tahun 1987 di Universitas Teknik Delft (*Technical University of Delft*) atas inisiatif Departemen Tenaga Kerja dan Pengelolaan Sumber Daya Air Belanda (*Dutch Department of Public Works and Water Management*). Tujuan yang mendasari program *Plaxis* adalah untuk membuat program PC mengingat teknik elemen hingga dua dimensi yang mudah digunakan untuk menganalisa tanggul berdasarkan tanah lunak di rawa-rawa Belanda. Tak lama kemudian, *Plaxis* juga dikembangkan untuk mencakup hampir semua bagian yang tersisa dari pengaturan geoteknik.



BAB III

METODOLOGI

3.1 Pendahuluan

Dalam melakukan penelitian ini salah satu metodologi dilakukan yaitu persiapan sebelum memulai pengumpulan dan pengolahan data. Dalam tahap pendahuluan ini disusun tahapan - tahapan yang nantinya akan dilakukan sebelum memulai penelitian. Tahap tersebut meliputi persiapan - persiapan sebagai berikut :

1. Merumuskan dan identifikasi masalah yang akan diteliti
2. Mengkaji pokok – pokok penting masalah
3. Penentuan data yang dibutuhkan, sumber data dan perizinan untuk kebutuhan data dan dilanjutkan dengan pengumpulan data penelitian.
4. Merencanakan jadwal penelitian.

Persiapan di atas dilakukan dengan teliti untuk menghindari pengulangan pekerjaan, sehingga pada tahap pengumpulan data menjadi lebih optimal.

3.2 Pengumpulan Data

Secara umum teknik pengumpulan data ini digunakan untuk dapat mengumpulkan data atau informasi berdasarkan fakta pendukung yang sesuai di lapangan demi keperluan penelitian dengan teknik yang dilakukan sangat ditentukan oleh metodologi penelitian yang dipilih.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah mengumpulkan informasi tanah untuk mengetahui kondisi lapangan, khususnya jenis tanah di sekitarnya, kemudian melakukan perhitungan atau pemeriksaan tanah untuk mendapatkan informasi penting tersebut. Pada tahap ini, data tentang kondisi tanah dikumpulkan selengkap mungkin yang sebagian besar terdiri dari:

1. Data tanah berdasarkan hasil penyelidikan lapangan.
2. Parameter tanah yang digunakan untuk penelitian,
3. Untuk data tanah yang digunakan dapat dilihat seperti pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Tanah

Depth	NSPT	Visual Description
0		
2	11	Lempung, Lunak, Plastisitas Tinggi, Setengah Lapuk, CH, Abu Kecoklatan
4	4	Lanau Lempung, Lunak, Plastisitas Tinggi, MH, Abu - Abu, Lanau=70%, Lempung=30%
6		
8	2	Lempung, Lunak, Plastisitas Tinggi, Mengandung Cangkang, CH, Abu - Abu
10		
12		
14		
16		
18		
20		
22		
24		
26		
28		
30	7	Lempung, Lunak-Teguh, Plastisitas Tinggi, CH, Abu - Abu
32		
34	11	Lempung, Kaku, Plastisitas Tinggi, Mengandung Butiran Gamping, CH, Abu Kehitaman
36	42	Lempung, Sangat Kaku, Plastisitas Tinggi, Mengandung Gamping, Setengah Lapuk, CH, Abu - Abu
38		
40		
42		

3.3 Analisis Data

Data tanah yang telah terkumpul kemudian dianalisis secara grafis, sehingga data tersebut akan menggambarkan seberapa nilainya tanpa menyebabkan perubahan atau kesalahan pada hasil dan kami memastikan informasi yang belum ada akan ditambahkan sesuai dengan kondisi lapangan. Dari penelusuran data yang didapat, diketahui berapa penurunan muka tanah (*Settlement*) dan rentang penurunan tanah. Cara - cara yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan hipotesis untuk menangani masalah penurunan tanah
- b. Perumusan masalah dan pengumpulan data tanah yang diperlukan.

- c. Menganalisis data tanah yang didapatkan sehingga mendapatkan parameter tanah yang dibutuhkan.
- d. Menarik kesimpulan.

Untuk lebih mudah dalam penginputan data pada program *Plaxis v20* maka akan ditentukan terlebih dahulu parameternya. Data parameter dapat dilihat pada Tabel 3.2, Tabel 3.3, Tabel 3.4, Tabel 3.5.

Tabel 3.2 Parameter Geotekstil

NO	Jenis	Regangan (ϵ)	Kekakuan Normal (EA)	Kuat Tarik Ijin (T)
1	Geotekstil	20	1600	100

(Sumber: PT.Teknindo GeosistemUnggul, 2015)

Tabel 3.3 Parameter Pile

NO	Jenis	Model	EA	EI	w	d
1	Mini Pile	Elastic	1.2.E+08	4.1.E+09	4.9	-

(Sumber: Hasil Perhitungan)

Tabel 3.4 Parameter Tanah

NO	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 (°)
1	Stiff	0-4	11	MC	Undrained	17	17,5	2,5,E-02	2,5,E-02	5100	0,3	55	25
2	Soft	5-8	4	MC	Undrained	16,5	17	5,1,E-02	5,1,E-02	3000	0,5	25	30
3	Very Soft	9-28	2	MC	Undrained	14	16	9,0,E-04	9,0,E-04	2400	0,5	8	25
4	Very Stiff	29-30	23	MC	Undrained	16	16	9,0,E-03	9,0,E-03	8700	0,4	77	30
5	Medium	31-32	7	MC	Undrained	17	17	2,1,E-02	1,7,E+01	3900	0,5	30	25
6	Stiff	33-44	11	MC	Undrained	17	17,5	2,0,E-02	2,0,E-02	5100	0,45	45	25
7	Hard	35-42	42	MC	Undrained	20	20	9,0,E-02	9,0,E-02	14400	0,35	103	25

Tabel 3.5 Parameter Tanah Timbunan dan LTP

NO	Jenis	N-SPT	Model	Type	γ_{Unsat}	γ_{sat}	E_{ref} (Kn/m ²)	ν	C_{ref} (Cu)	ϕ (°)
1	LTP	2	MC	Drained	18	19	30000	0.35	2	35
2	Timbunan	11	MC	Undrained	17	19	10000	0.3	10	25

3.4 Variasi Pemodelan

Jenis variasi timbunan yang digunakan pada penelitian ini ditinjau dari beberapa kondisi, seperti ketebalan LTP, beban yang bekerja diatas timbunan dan adanya perkuatan pile pada tanah dasar lunak. Variasi pemodelan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.6. berikut:

Tabel 3.6 Variasi Pemodelan

NO	Variasi Tebal LTP	Variasi Beban
1	1 meter	15 kN/m ²
2	1,5 meter	15 kN/m ²
3	2 meter	15 kN/m ²
4	1 meter	40 kN/m ²
5	1,5 meter	40 kN/m ²
6	2 meter	40 kN/m ²

Tujuan dilakukan analisis variasi pemodelan adalah untuk mengetahui total penurunan yang terjadi pada LTP yang kemudian berpengaruh pada timbunan dan beban lainnya yang ada diatasnya, sehingga perlu diperhatikan total penurunan, tekanan air pori berlebih, tegangan efektif dan juga nilai *safety factor*.

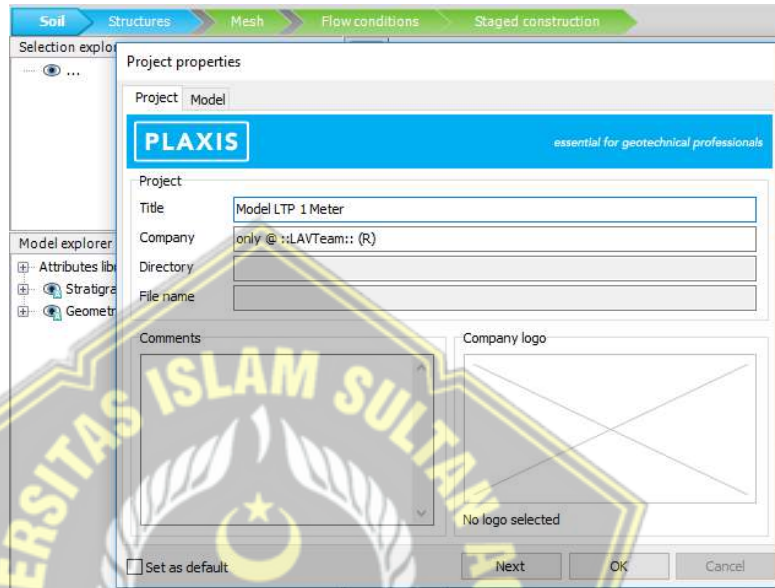
3.5 Analisis Pemodelan

Metode analisis pemodelan ini merupakan cara yang digunakan untuk memecahkan masalah yang sedang diteliti. Metode analisis berguna dalam melakukan sebuah penelitian karena dapat memberikan gambaran bagaimana memecahkan suatu rumusan masalah. Peneliti menggunakan program *Plaxis v20* untuk membantu analisis pemodelan pada penelitian ini.

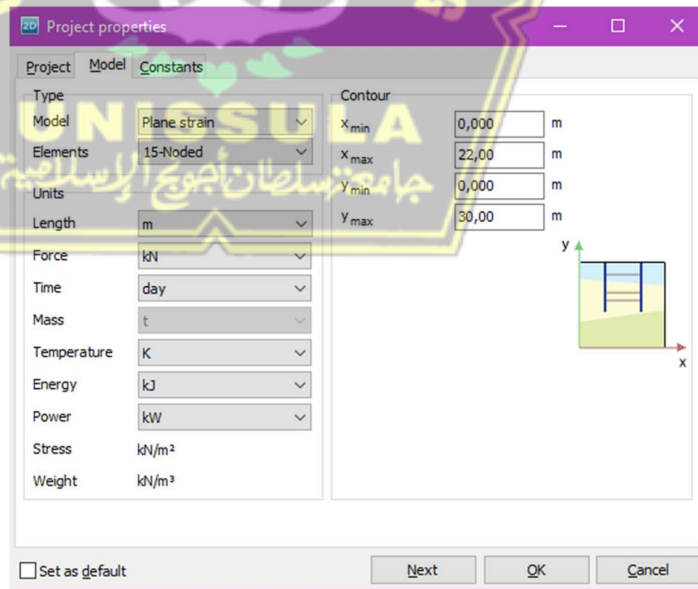
3.5.1. Langkah – Langkah Pemodelan *Plaxis*

Dalam menggunakan progam *Plaxis v20* diperlukan langkah yang tepat untuk menghasilkan hasil yang akurat. Langkah – langkah dalam pemodelan sebagai berikut :

- a. Input Data Pemodelan
1. Langkah pertama adalah menentukan nama proyek dan satuan yang akan digunakan, dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

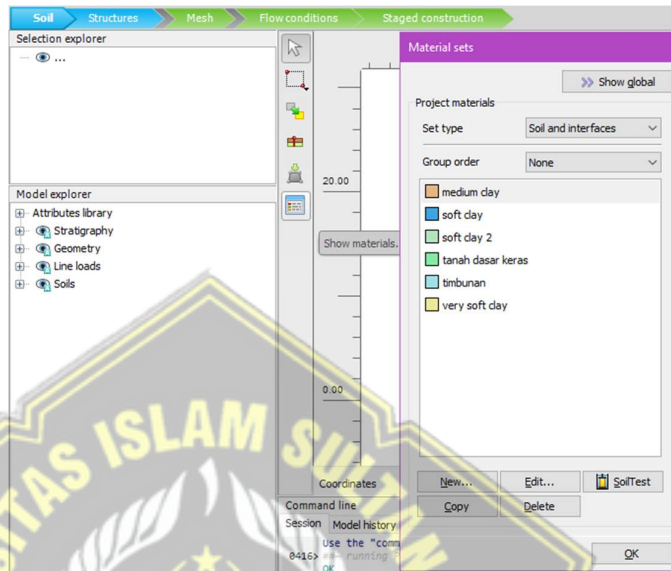


Gambar 3.1 Project Properties – Project

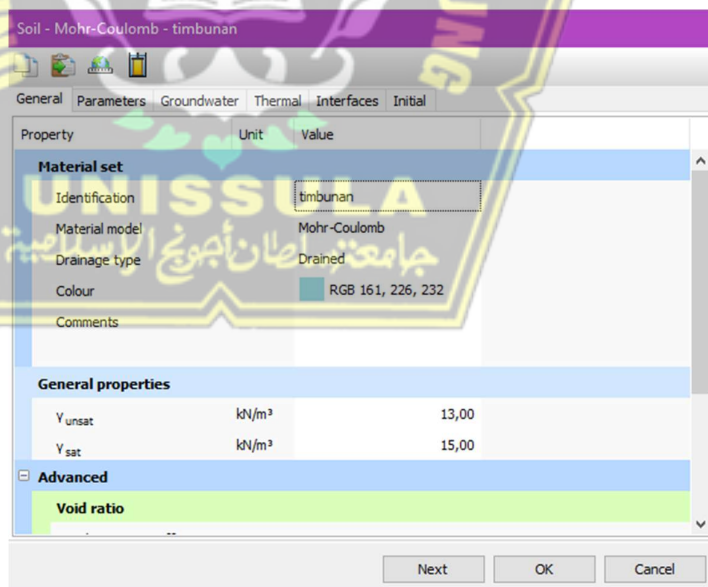


Gambar 3.2 Project Properties – Model

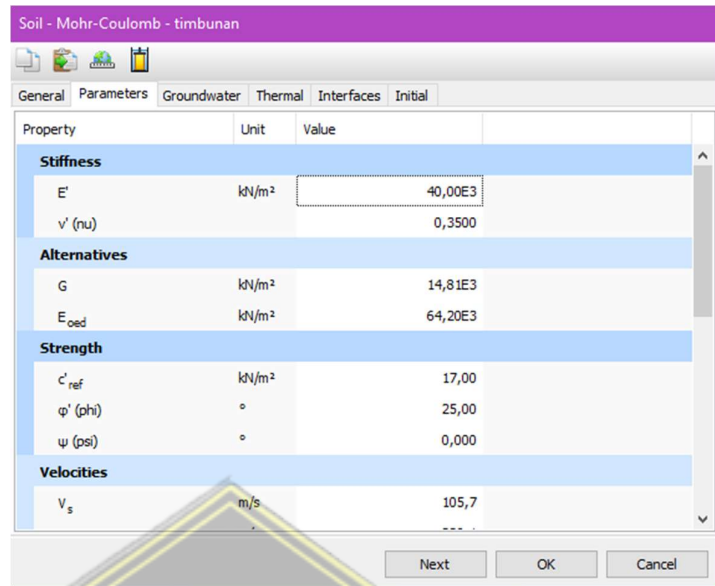
2. Langkah selanjutnya adalah memasukkan data parameter tanah yang akan digunakan pada tab *soil* lalu pilih *show material*, dapat dilihat pada Gambar 3.3, Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



Gambar 3.3 *Material Sets*

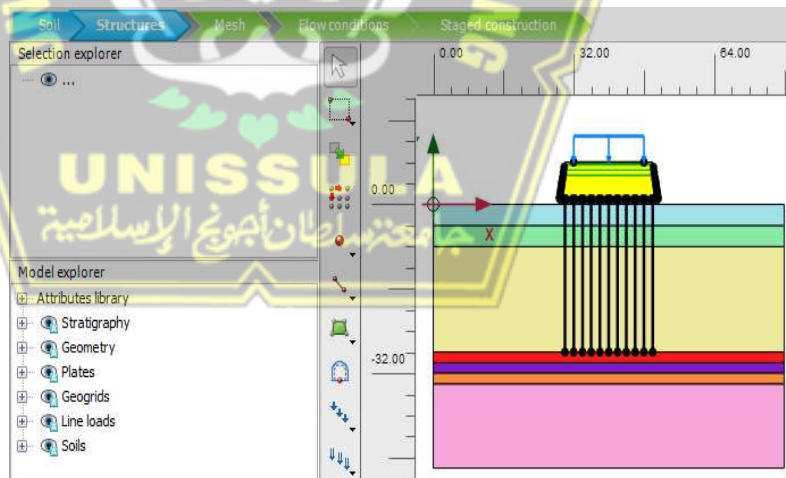


Gambar 3.4 *Material Sets – General*



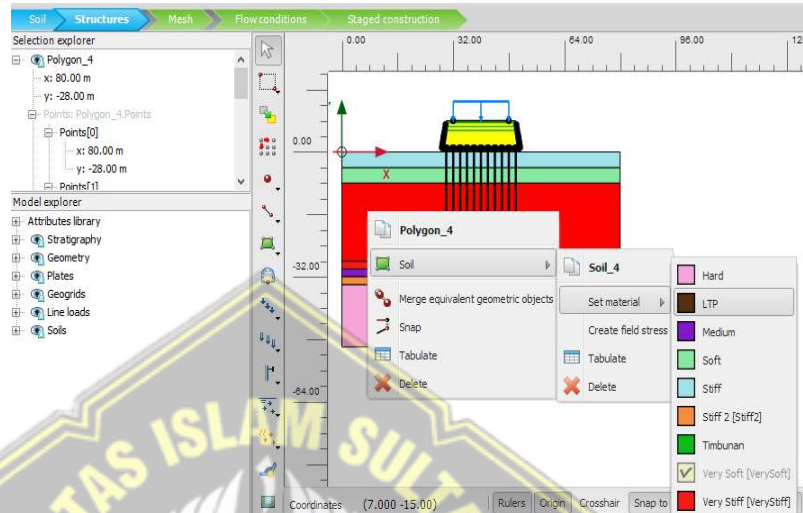
Gambar 3.5 Material Sets – Parameter

- Setelah memasukkan data parameter tanah, langkah selanjutnya adalah memodelkan timbunan pada tab *structures* dan gambar pemodelan menggunakan *create line* atau *create soil polygon*, dapat dilihat pada Gambar 3.6.



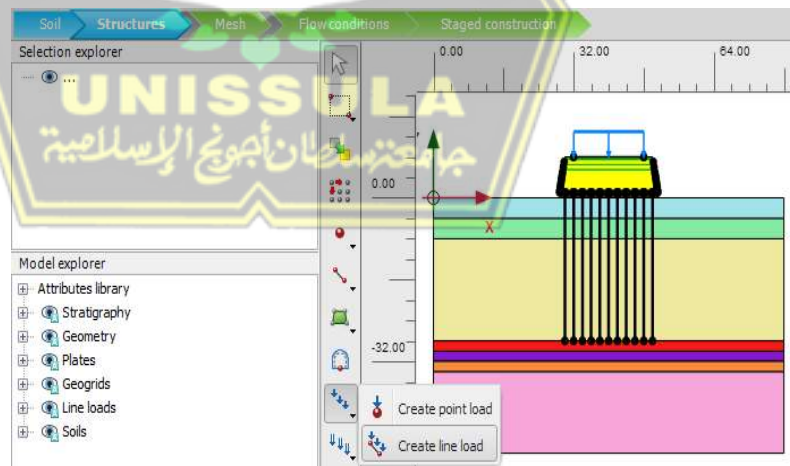
Gambar 3.6 Structure – Create Soil Polygon

4. Setelah gambar pemodelan timbunan selesai, langkah berikutnya adalah memasukkan material tanah ke lapisan tanah pemodelan yang sebelumnya sudah dibuat, dapat dilihat pada Gambar 3.7.



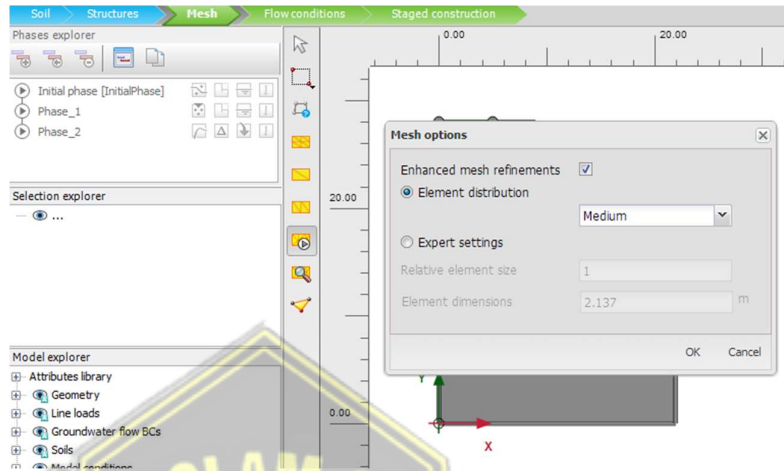
Gambar 3.7 Memasukkan Material Tanah ke Pemodelan

5. Setelah pemodelan selesai langkah selanjutnya adalah menambah beban merata sebesar 15 kN/m² dan 40 kN/m² pada tab structure lalu pilih create load, dapat dilihat pada Gambar 3.8.



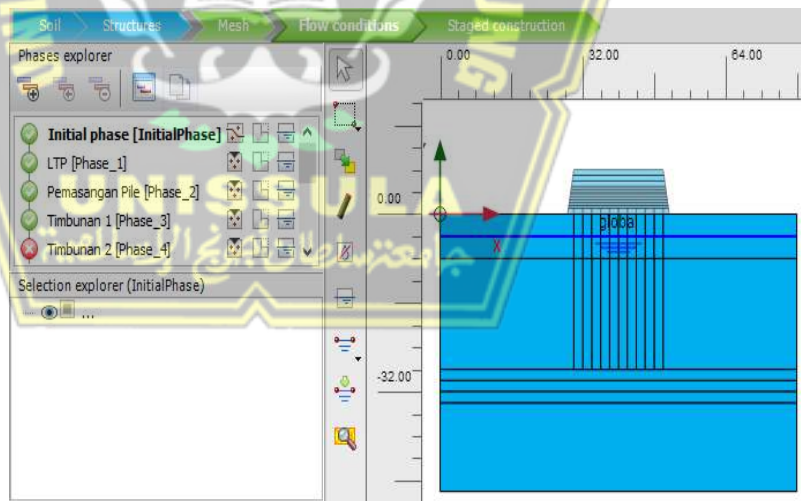
Gambar 3.8 Penambahan Beban Merata

6. Kemudian langkah berikutnya adalah menentukan jaring-jaring elemen pada tab *Mesh*, dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Menentukan Jaring – jaring Elemen

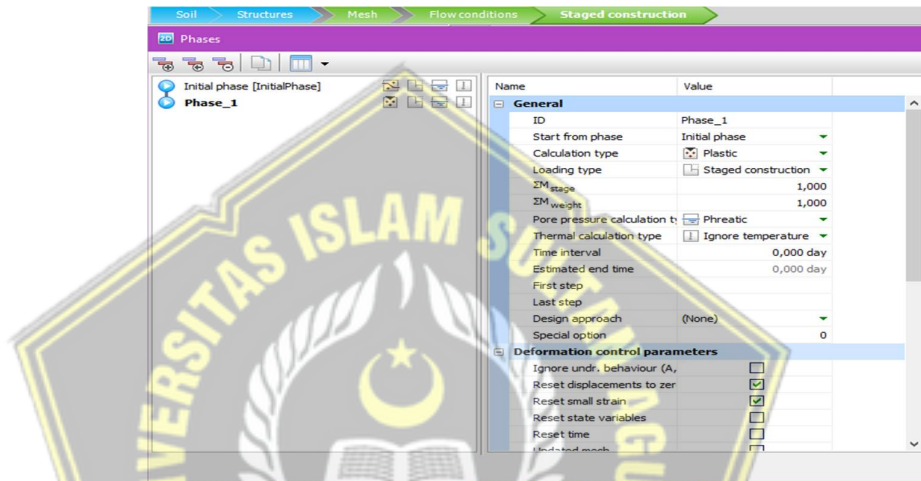
7. Setelah jaring-jaring elemen ditentukan langkah selanjutnya adalah menggambar muka air tanah pada tab *flow condition* lalu pilih *create water level*, dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Menggambar *Water Level*

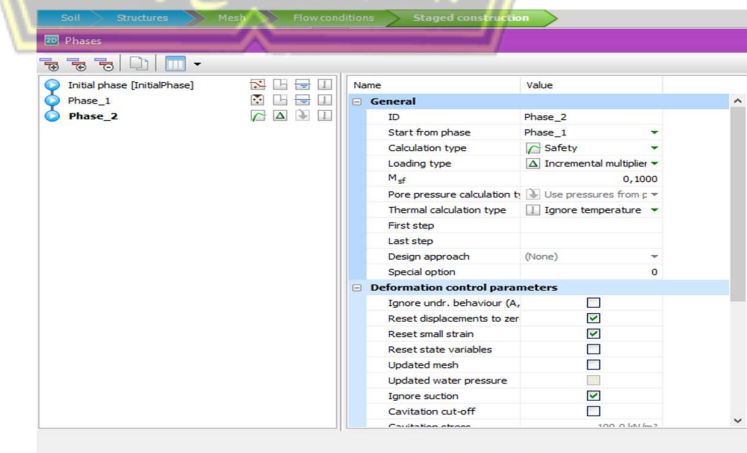
b. Kalkulasi Data

1. Setelah penginputan data selesai langkah selanjutnya adalah mengkalkulasi data yang sudah diinputkan sehingga diperoleh output program. Kalkulasi data dapat dilakukan pada tab *staged construction* kemudian pilih *phases explorer* lalu tambah *phase_1* dan seterusnya yang berguna untuk mencari deformasi, tekanan air pori dan tegangan efektif yang terjadi pada pemodelan, dapat dilihat pada Gambar 3.11.



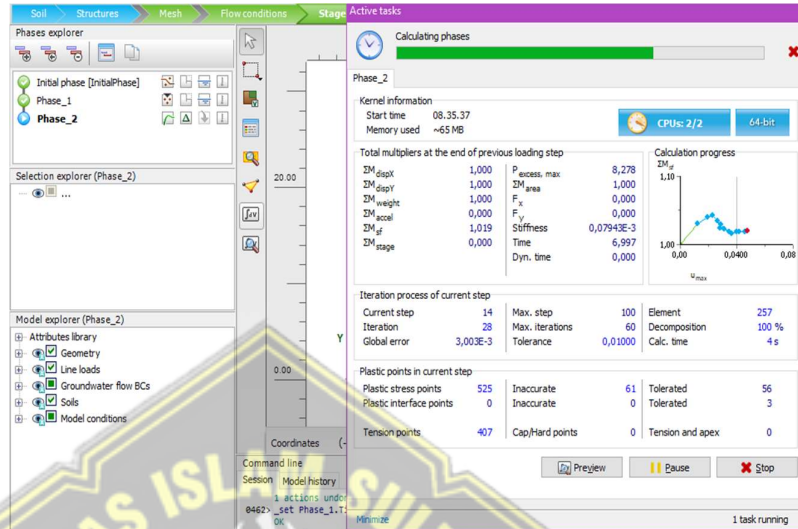
Gambar 3.11. Menambah *Phase 1*

2. Setelah *phase_1* sampai timbunan selesai ditambahkan kemudian tambah *phase* yang berguna untuk mengetahui *safety factor* dari pemodelan yang sudah dibuat, dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3.12 Menambah *Phase 2*

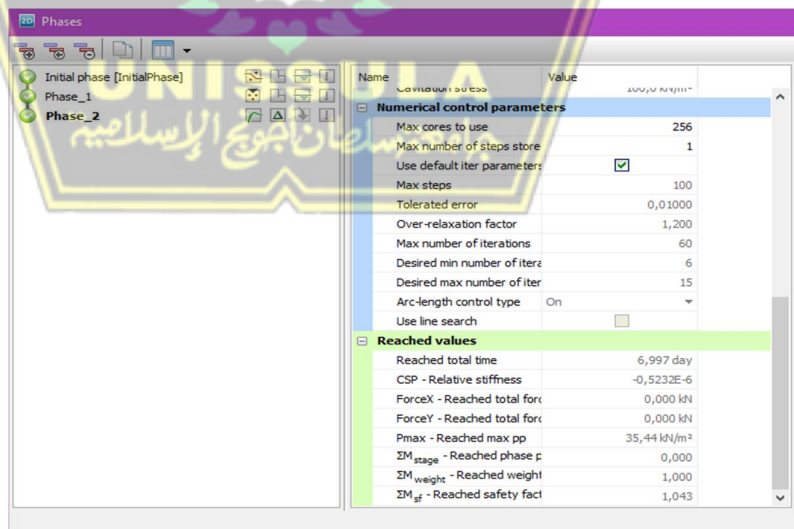
3. Setelah *phase_2* (*safety factor*) dibuat langkah selanjutnya adalah mengkalkulasi data dengan memilih *calculate* pada tab *staged construction*, dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Claculate

c. *Output Data*

Setelah proses kalkulasi program *Plaxis* selesai maka didapatkan hasil dari kalkulasi tersebut berupa *safety factor*, dapat dilihat pada Gambar 3.14.



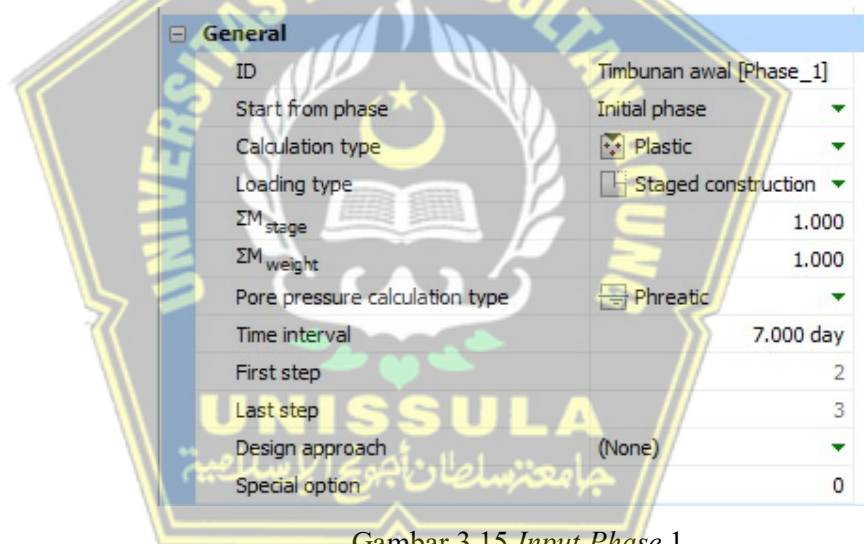
Gambar 3.14 Output Plaxis

3.5.2. Langkah – Langkah Kalkulasi *Plaxis*

Untuk analisis pemodelan akan dilakukan pada program *Plaxis v20*. Berikut merupakan langkah kerja pada proses kalkulasi *Plaxis v20*:

1. *Phase 0* : Tahap awal (*Initial Phase*) adalah *default* dari program *plaxis* (*Phase 0*)
2. *Phase 1* : Timbunan Dasar

Tahapan Timbunan Dasar dilakukan selama 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Start from phase*) pilih *Initial Phase*. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Input Phase 1*

3. *Phase 2* : Pemasangan *Pile*

Tahapan Pemasangan *Pile* dilakukan selama 14 hari. Langkah-langkah tahapannya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Start from phase*) pilih Timbunan Dasar. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 14 hari, seperti Gambar 3.16.

General	
ID	Pemasangan Pile [Phase_1]
Start from phase	Initial phase
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	14.00 day
First step	2
Last step	4
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.16 Input Phase 2

4. Phase 3 : LTP

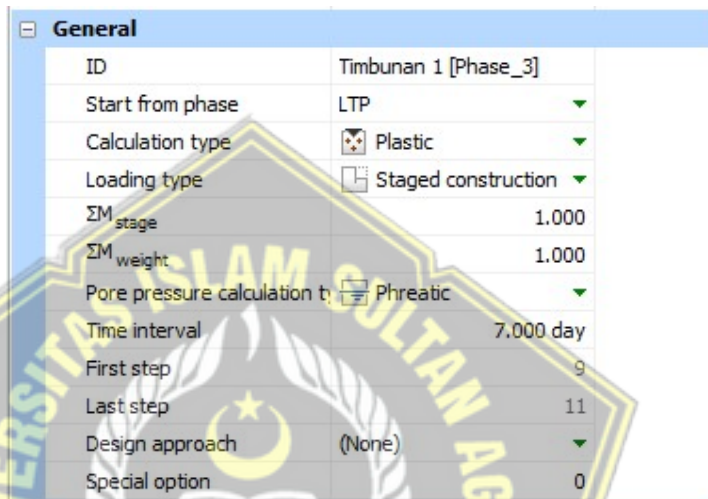
Tahapan LTP dilakukan selama 10 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Start from phase*) pilih Pemasangan *pile*. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 10 hari, seperti Gambar 3.17.

General	
ID	LTP [Phase_2]
Start from phase	Pemasangan Pile
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	10.00 day
First step	5
Last step	8
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.17 Input Phase 3

5. *Phase 4 : Timbunan 1*

Tahapan Timbunan 1 dilakukan selama 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih LTP. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.18.



General	
ID	Timbunan 1 [Phase_3]
Start from phase	LTP
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	7.000 day
First step	9
Last step	11
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.18 *Input Phase 4*

6. *Phase 5 : Timbunan 2*

Tahapan Timbunan 2 dilakukan selama 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Timbunan 1. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.19.

General	
ID	Timbunan 2 [Phase_4]
Start from phase	Timbunan 1
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	7.000 day
First step	12
Last step	14
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.19 Input Phase 5

7. Phase 6 : Timbunan 3

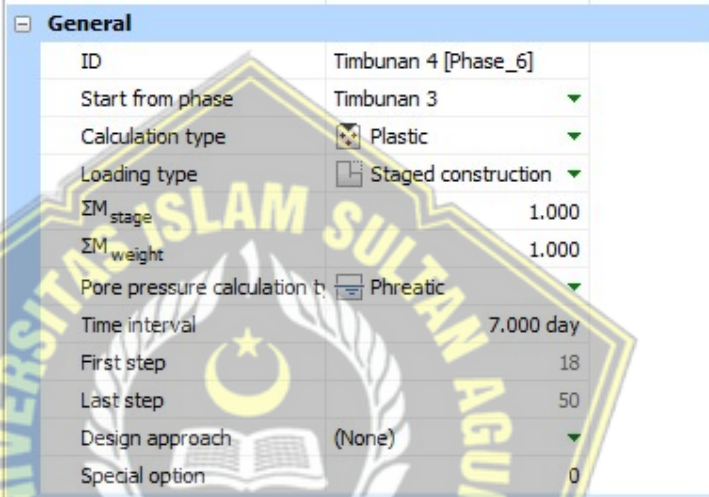
Tahapan Timbunan 3 dilakukan selama 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Start from phase*) pilih Timbunan 2. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.20.

General	
ID	Timbunan 3 [Phase_5]
Start from phase	Timbunan 2
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	7.000 day
First step	15
Last step	17
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.20 Input Phase 6

8. *Phase 7 : Timbunan 4*

Tahapan Timbunan 4 dilakukan selama 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Timbunan 3. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.21.



General	
ID	Timbunan 4 [Phase_6]
Start from phase	Timbunan 3
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	7.000 day
First step	18
Last step	50
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.21 *Input Phase 7*

9. *Phase 8 : Timbunan 5*

Tahapan Timbunan 5 dilakukan selama 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Timbunan 4. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.22.

General	
ID	Timbunan 5 [Phase_7]
Start from phase	Timbunan 4
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	7.000 day
First step	51
Last step	53
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.22 *Input Phase 8*

10. *Phase 9 : Timbunan Preloading*

Tahapan Timbunan Preloading dilakukan selama 7 hari dengan tinggi timbunan 3,2 meter. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Timbunan 5 atau 6. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.23.

ID	Preloading
Start from phase	Timbunan 6
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	7.000 day
First step	128
Last step	132
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.23 *Input Phase 9*

11. *Phase 10 : Konsolidasi 90 Hari*

Tahapan Konsolidasi ini dilakukan selama 90 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Timbunan preloading. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa konsolidasi (*Consolidation*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 90 hari, seperti pada Gambar 3.24.



General	
ID	Konsolidasi 90
Start from phase	Preloading
Calculation type	Consolidation
Loading type	Staged construction
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	90.00 day
First step	133
Last step	163
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.24 *Input Phase 10*

12. *Phase 11 : Unloading*

Tahapan Unloading dilakukan selama 7 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Konsolidasi 90 Hari. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 7 hari, seperti pada Gambar 3.25.

General	
ID	Unloading [Phase_23]
Start from phase	Konsolidasi 90
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	7.000 day
First step	164
Last step	174
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.25 Input Phase 11

13. Phase 12 : Pembebanan

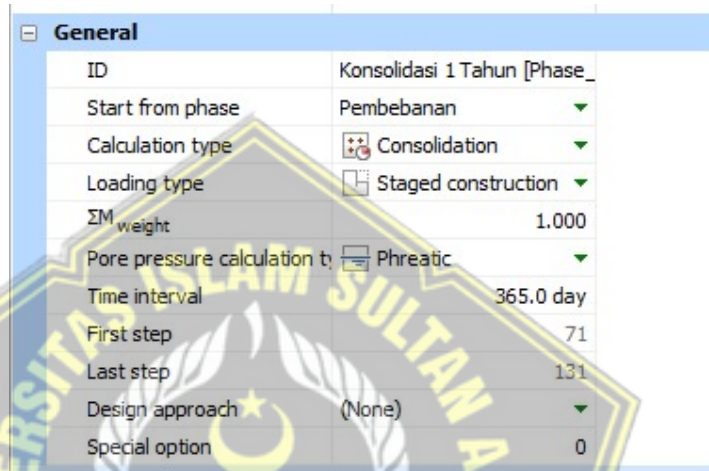
Tahapan pembebanan dilakukan selama 1 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Unloading. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) analisa plastis (*Plastic*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 1 hari, seperti pada Gambar 3.26.

General	
ID	Pembebanan [Phase_10]
Start from phase	Timbunan 7
Calculation type	Plastic
Loading type	Staged construction
ΣM_{stage}	1.000
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	1.000 day
First step	61
Last step	70
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.26 Input Phase 9

14. *Phase 13* : Konsolidasi 1 Tahun

Tahapan Konsolidasi 1 Tahun dilakukan selama 365 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Pemebebanan. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) konsolidasi (*Consolidation*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 365 hari, seperti pada Gambar 3.27.



General	
ID	Konsolidasi 1 Tahun [Phase_
Start from phase	Pembebanan
Calculation type	Consolidation
Loading type	Staged construction
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic
Time interval	365.0 day
First step	71
Last step	131
Design approach	(None)
Special option	0

Gambar 3.27 Input Phase 13

15. *Phase 14* : Konsolidasi 5 Tahun

Tahapan Konsolidasi 5 Tahun dilakukan selama 1825 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Konsolidasi 1 Tahun. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) konsolidasi (*Consolidation*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 1825 hari, seperti pada Gambar 3.28.

General	
ID	Konsolidasi 5 Tahun [Phase_
Start from phase	Konsolidasi 1 Tahun ▼
Calculation type	Consolidation ▼
Loading type	Staged construction ▼
Σ weight	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic ▼
Time interval	1825 day
First step	132
Last step	142
Design approach	(None) ▼
Special option	0

Gambar 3.28 Input Phase 14

16. Phase 15 : Konsolidasi 10 Tahun

Tahapan Konsolidasi 10 Tahun dilakukan selama 3650 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Start from phase*) pilih Konsolidasi 5 Tahun. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) konsolidasi (*Consolidation*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 3650 hari, seperti pada Gambar 3.29.

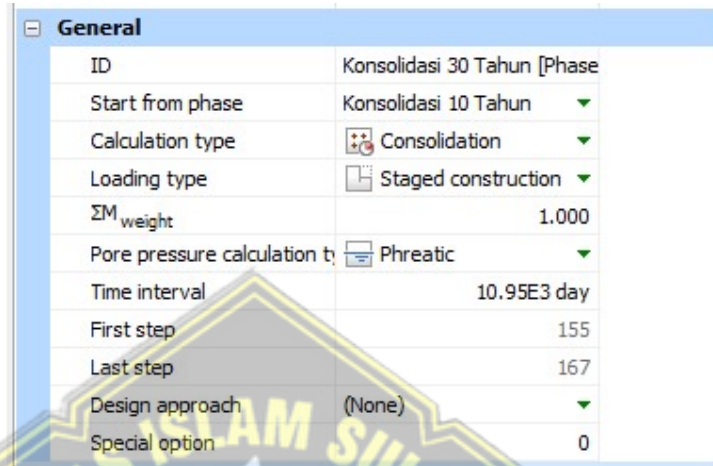
General	
ID	Konsolidasi 10 Tahun [Phase
Start from phase	Konsolidasi 5 Tahun ▼
Calculation type	Consolidation ▼
Loading type	Staged construction ▼
Σ weight	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic ▼
Time interval	3650 day
First step	143
Last step	154
Design approach	(None) ▼
Special option	0

Gambar 3.29 Input Phase 15

17. Phase 16 : Konsolidasi 30 Tahun

Tahapan Konsolidasi 30 Tahun dilakukan selama 10950 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id,

pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih Konsolidasi 10 Tahun. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) konsolidasi (*Consolidation*), masukan interval waktu (*Time interval*) yaitu 10950 hari, seperti pada Gambar 3.30.

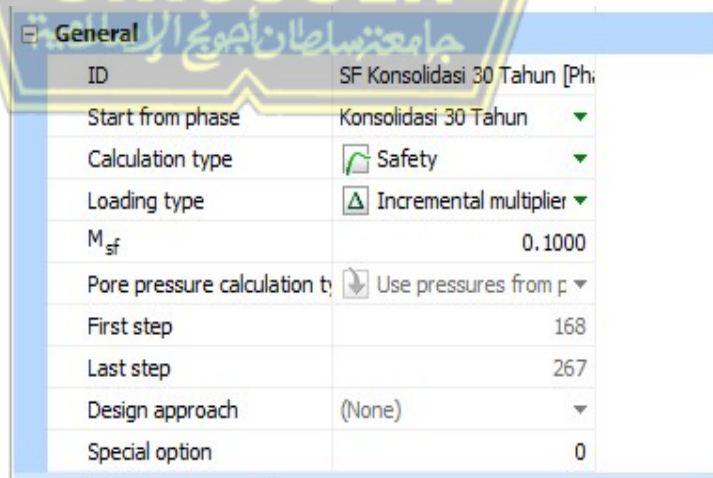


General	
ID	Konsolidasi 30 Tahun [Phase
Start from phase	Konsolidasi 10 Tahun ▼
Calculation type	Consolidation ▼
Loading type	Staged construction ▼
ΣM_{weight}	1.000
Pore pressure calculation type	Phreatic ▼
Time interval	10.95E3 day
First step	155
Last step	167
Design approach	(None) ▼
Special option	0

Gambar 3.30 Input Phase 13

18. *Phase 14 - 26 : Safety Factor*

Tahapan *Safety Factor* dilakukan selama 0 hari. Langkah – langkahnya yaitu, beri judul *phase* pada kolom nomor/id, pada pilihan mulai dari tahap (*Star from phase*) pilih *Phase* sesuai *safety factor* yang ingin dikalkulasi. Dengan jenis perhitungan (*Calculation type*) keamanan (*Safety*), seperti pada Gambar 3.31.

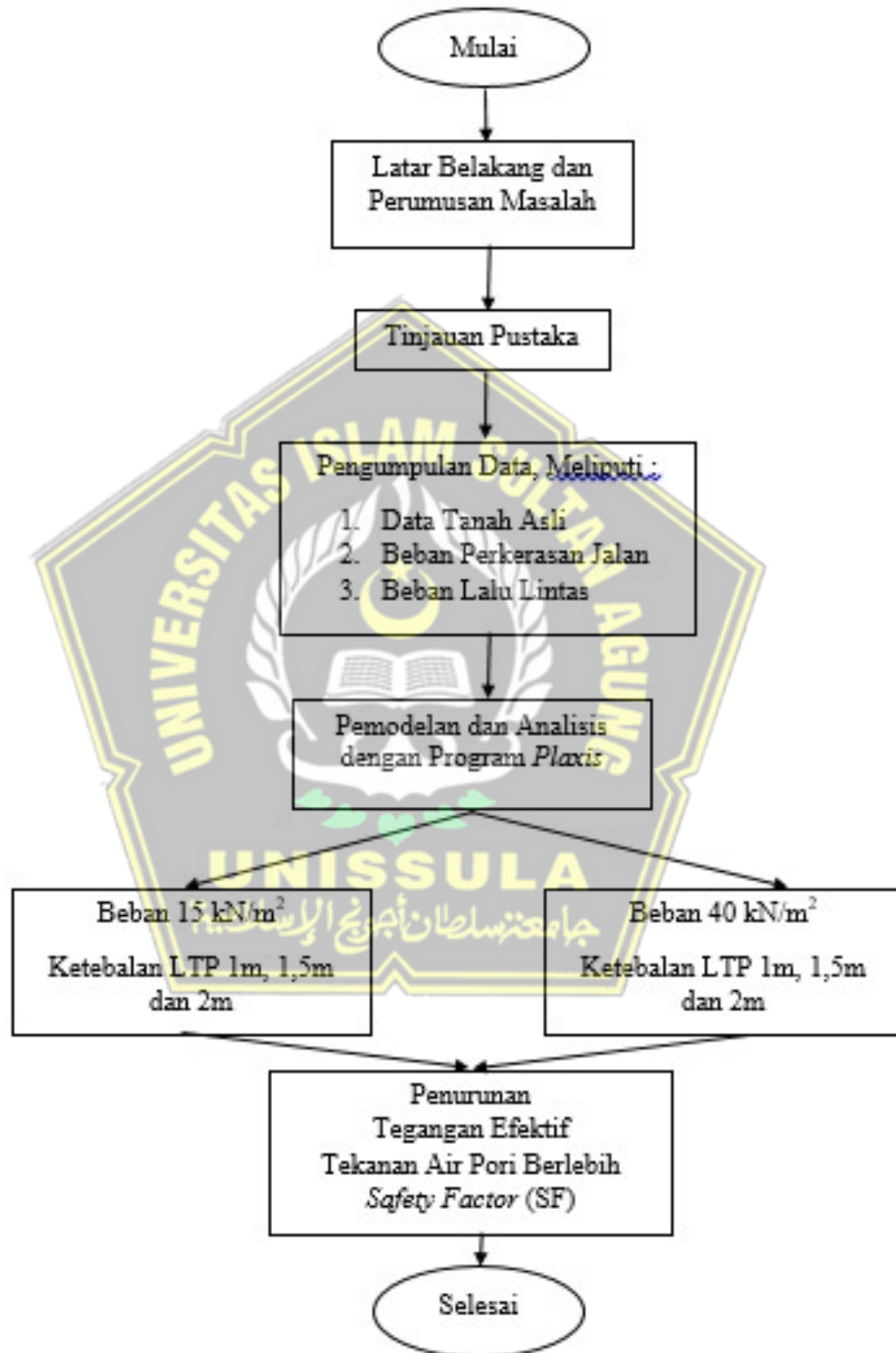


General	
ID	SF Konsolidasi 30 Tahun [Ph
Start from phase	Konsolidasi 30 Tahun ▼
Calculation type	Safety ▼
Loading type	Incremental multiplier ▼
M_{sf}	0.1000
Pore pressure calculation type	Use pressures from p ▼
First step	168
Last step	267
Design approach	(None) ▼
Special option	0

Gambar 3.31 Input Phase 17 – 32

3.6 Bagan Alir

Dalam pelaksanaan tugas akhir ini, langkah – langkah pengerjaannya dapat dilihat pada gambar 3.29



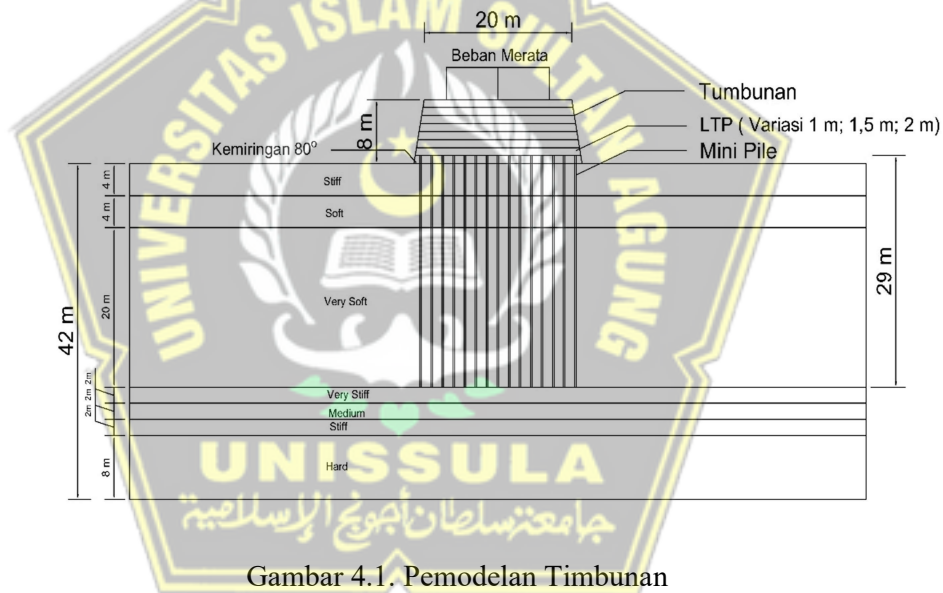
Gambar 3.29 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Pemodelan

Analisis pada bab ini memperhitungan menggunakan program *plaxis v20*, Analisis ini bertujuan untuk mengetahui besarnya penurunan tanah (*displacement*), Tekanan air pori berlebih (*excess pore water pressure*), dan tegangan efektif (*effective stress*) serta angka faktor keamanan (*safety factor*), dan pengaruh variasi tebal LTP terhadap stabilitas timbunan, dengan bentuk pemodelan seperti Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Pemodelan Timbunan

4.2 Analisis Perhitungan

Pada tahap perhitungan selama masa konstruksi terdiri dari 13 tahap (*Phase*), meliputi tahap konstruksi dan tahap Konsolidasi hingga *minimum pore pressure*, dimana pada tahap konstruksi timbunan dilakukan selama 7 hari per tahap, pemasangan *pile* selama 14 hari, dan timbunan LTP selama 10 hari serta waktu konsolidasi konstruksi selama 1 tahun, 5 tahun, 10 tahun, dan 30 tahun. Tahapan analisis terdapat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 serta Tabel 4.3.

Tabel 4.1 Phase Perhitungan Tebal LTP 2 Meter

Identification	Phase No	Starts from	Calculation	Loading Input	Time
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0 day
Timbunan Dasar	1	0	Plastic	Staged Construction	7 day
Pemasangan Pile	2	1	Plastic	Staged Construction	14 day
LTP + Geotekstil	3	2	Plastic	Staged Construction	10 day
Timbunan 1	4	3	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 2	5	4	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 3	6	5	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 4	7	6	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 5	8	7	Plastic	Staged Construction	7 day
Preloading	9	8	Plastic	Staged Construction	7 day
Konsolidasi 90 Hari	10	9	Consolidation	Staged Construction	90 day
Unloading	11	10	Plastic	Staged Construction	7 day
Pembebanan	12	11	Plastic	Staged Construction	1 day
Konsolidasi 1 Tahun	13	12	Consolidation	Staged Construction	365 day
Konsolidasi 5 Tahun	14	13	Consolidation	Staged Construction	1825 day
Konsolidasi 10 Tahun	15	14	Consolidation	Staged Construction	3650 day
Konsolidasi 30 Tahun	16	15	Consolidation	Staged Construction	10950 day
SF Timbunan Dasar	17	1	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Pemasangan Pile	18	2	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF LTP + Geotekstil	19	3	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 1	20	4	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 2	21	5	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 3	22	6	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 4	23	7	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 5	24	8	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Preloading	25	9	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 90 Hari	26	10	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Unloading	27	11	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Pembebanan	28	12	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 1 Tahun	29	13	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 5 Tahun	30	14	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 10 Tahun	31	15	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 30 Tahun	32	16	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day

Tabel 4.2 *Phase* Perhitungan Tebal LTP 1,5 Meter

Identification	Phase No	Starts from	Calculation	Loading Input	Time
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0 day
Timbunan Dasar	1	0	Plastic	Staged Construction	7 day
Pemasangan Pile	2	1	Plastic	Staged Construction	14 day
LTP + Geotekstil	3	2	Plastic	Staged Construction	10 day
Timbunan 1	4	3	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 2	5	4	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 3	6	5	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 4	7	6	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 5	8	7	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 6	9	8	Plastic	Staged Construction	7 day
Preloading	10	9	Plastic	Staged Construction	7 day
Konsolidasi 90 Hari	11	10	Consolidation	Staged Construction	90 day
Unloading	12	11	Plastic	Staged Construction	7 day
Pembebanan	13	12	Plastic	Staged Construction	1 day
Konsolidasi 1 Tahun	14	13	Consolidation	Staged Construction	365 day
Konsolidasi 5 Tahun	15	14	Consolidation	Staged Construction	1825 day
Konsolidasi 10 Tahun	16	15	Consolidation	Staged Construction	3650 day
Konsolidasi 30 Tahun	17	16	Consolidation	Staged Construction	10950 day
SF Timbuann Dasar	18	1	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Pemasangan Pile	19	2	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF LTP + Geotekstil	20	3	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 1	21	4	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 2	22	5	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 3	23	6	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 4	24	7	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 5	25	8	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 6	26	9	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Preloading	27	10	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 90 Hari	28	11	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Unloading	29	12	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Pembebanan	30	13	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 1 Tahun	31	14	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 5 Tahun	32	15	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 10 Tahun	33	16	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 30 Tahun	34	17	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day

Tabel 4.3 Phase Perhitungan Tebal LTP 1 Meter

Identification	Phase No	Starts from	Calculation	Loading Input	Time
Initial phase	0	0	N/A	N/A	0 day
Timbunan Dasar	1	0	Plastic	Staged Construction	7 day
Pemasangan Pile	2	1	Plastic	Staged Construction	14 day
LTP + Geotekstil	3	2	Plastic	Staged Construction	10 day
Timbunan 1	4	3	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 2	5	4	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 3	6	5	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 4	7	6	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 5	8	7	Plastic	Staged Construction	7 day
Timbunan 6	9	8	Plastic	Staged Construction	7 day
Preloading	10	9	Plastic	Staged Construction	7 day
Konsolidasi 90 Hari	11	10	Consolidation	Staged Construction	90 day
Unloading	12	11	Plastic	Staged Construction	7 day
Pembebanan	13	12	Plastic	Staged Construction	1 day
Konsolidasi 1 Tahun	14	13	Consolidation	Staged Construction	365 day
Konsolidasi 5 Tahun	15	14	Consolidation	Staged Construction	1825 day
Konsolidasi 10 Tahun	16	15	Consolidation	Staged Construction	3650 day
Konsolidasi 30 Tahun	17	16	Consolidation	Staged Construction	10950 day
SF Timbunan Dasar	18	1	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Pemasangan Pile	19	2	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF LTP + Geotekstil	20	3	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 1	21	4	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 2	22	5	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 3	23	6	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 4	24	7	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 5	25	8	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Timbunan 6	26	9	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Preloading	27	10	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 90 Hari	28	11	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Unloading	29	12	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Pembebanan	30	13	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 1 Tahun	31	14	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 5 Tahun	32	15	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 10 Tahun	33	16	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day
SF Konsolidasi 30 Tahun	34	17	Phic Reduction	Incremental Multipliers	0 day

4.3 Hasil Perhitungan

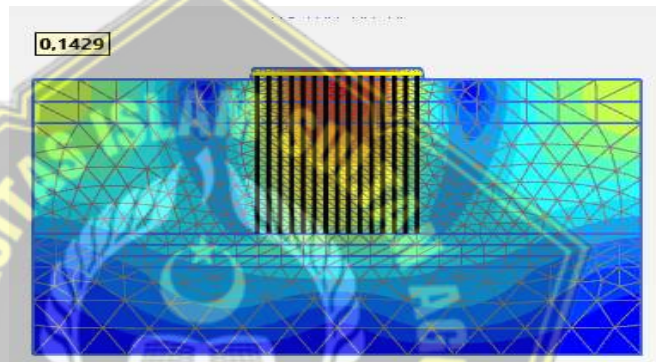
Didapatkan hasil perhitungan dari program *Plaxis v20* berupa nilai total penurunan tanah, tekanan air pori berlebih, tegangan efektif dan *safety factor* yang terjadi pada LTP.

4.3.1 Keluaran Setelah Dilakukan LTP

A. Total Penurunan Tanah

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

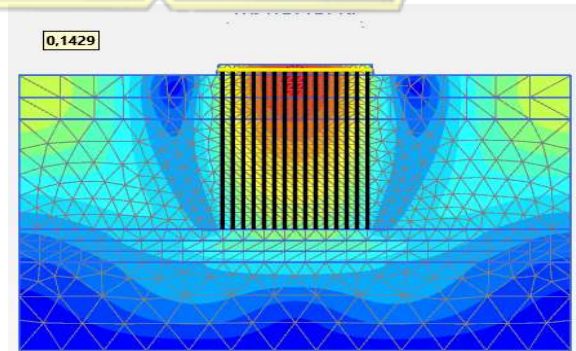
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, total penurunan tanah pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 0,1429 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

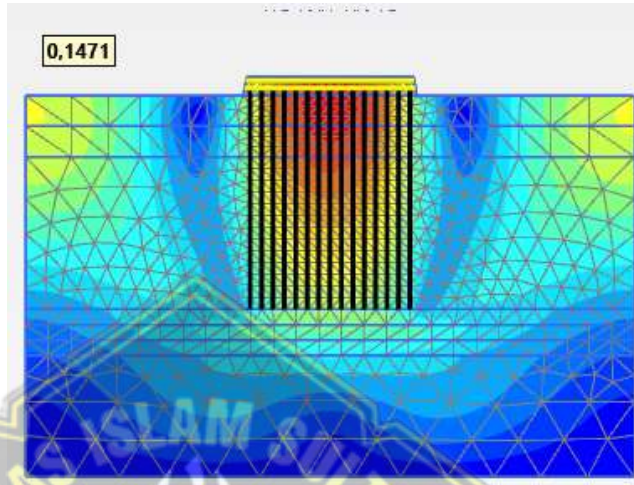
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, total penurunan tanah pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 0,1429 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

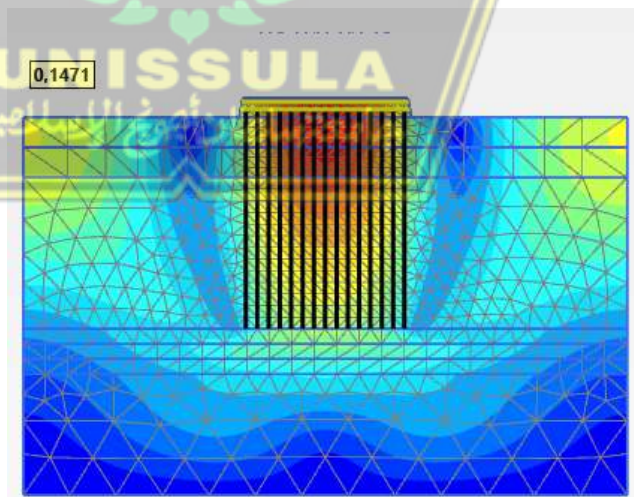
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, total penurunan tanah pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 0,1471 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

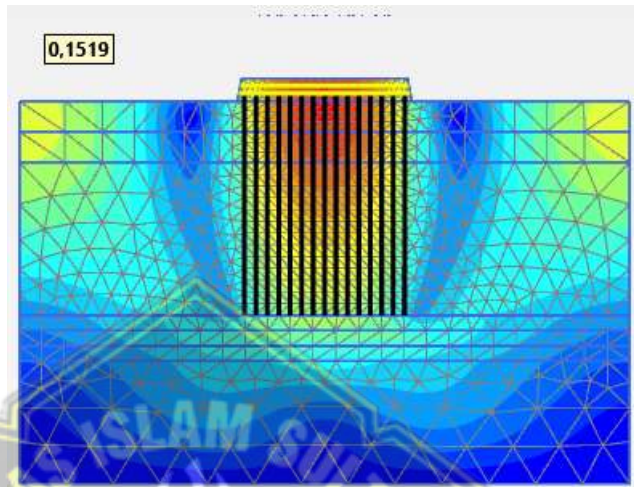
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, total penurunan tanah pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 0,1471 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

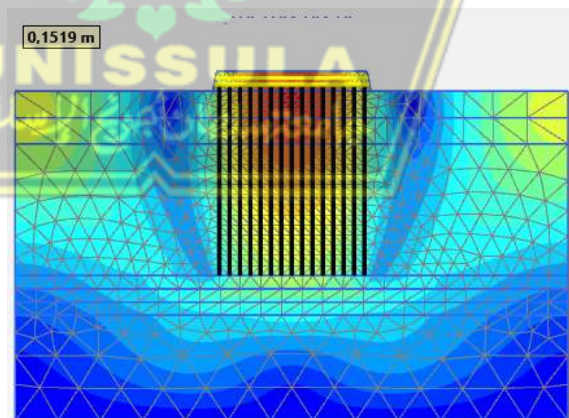
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, total penurunan tanah pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 0,1519 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, total penurunan tanah pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 0,1519 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 : Total Penurunan Tanah Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil total penurunan tanah setelah dilakukan LTP pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Dilakukan LTP

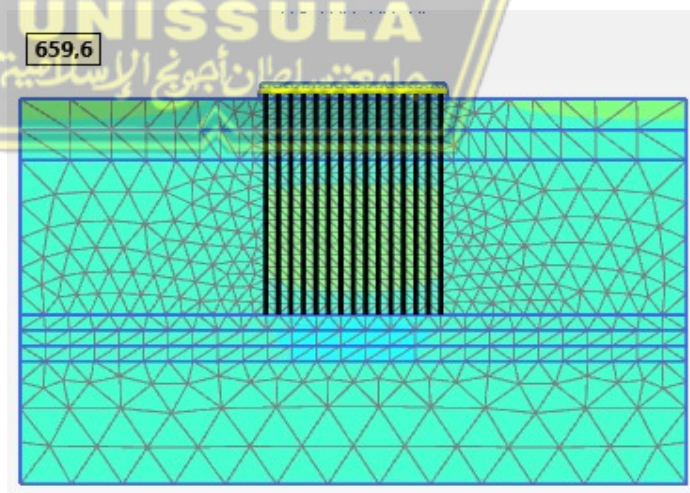
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	0,1429 m	0,1429 m
2.	1,5 m	0,1471 m	0,1471 m
3.	2 m	0,1519 m	0,1519 m

Pada beban 15 kN/m² dan 40 kN/m² memiliki total penurunan tanah sama pada setiap variasi tebal LTP. Untuk penurunan tanah yang paling rendah terjadi pada tebal LTP 1 meter sebesar 0,1429 m.

B. Tekanan Air Pori Berlebih

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

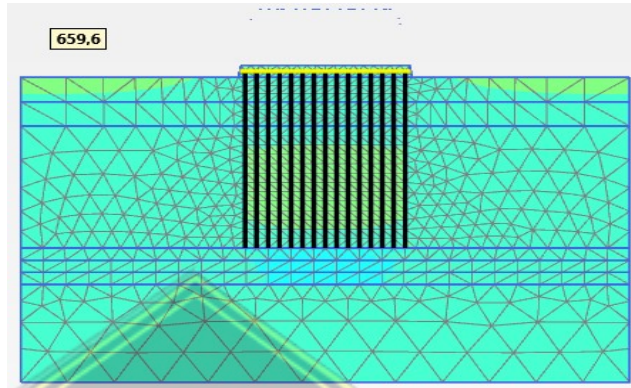
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 659,6 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

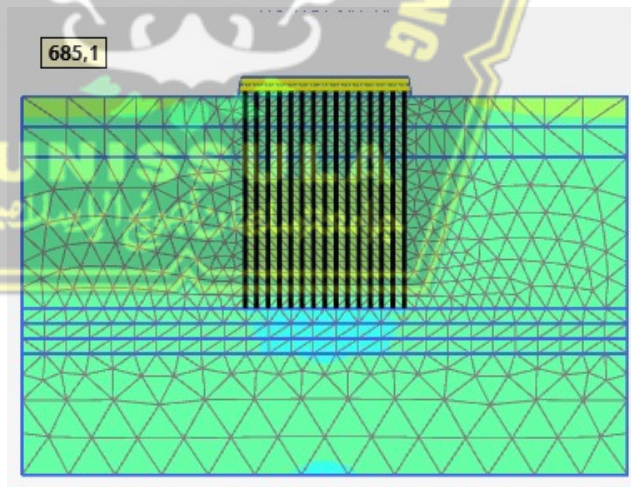
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 659,6 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

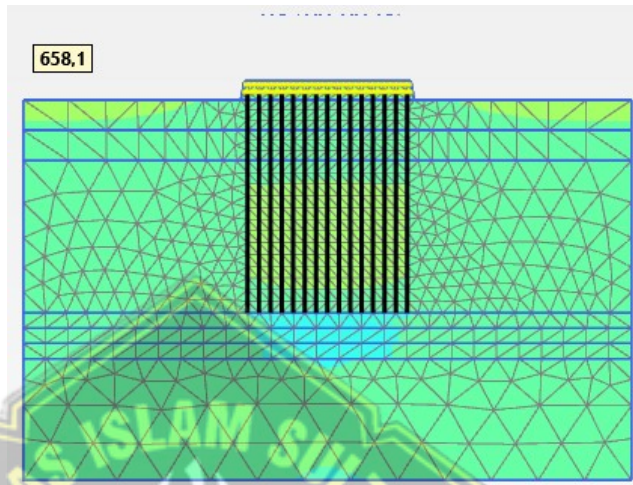
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 685,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

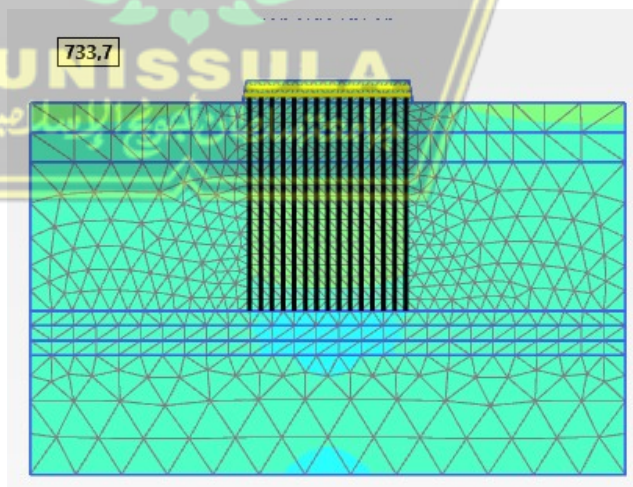
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 658,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

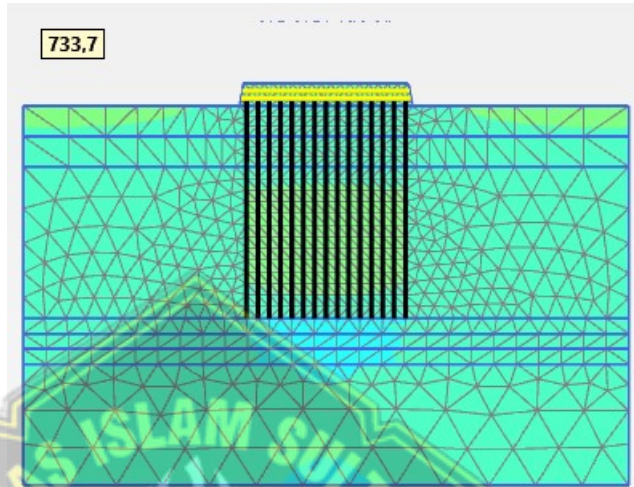
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 733,7 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 733,7 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tekanan air pori berlebih setelah dilakukan LTP pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Dilakukan LTP

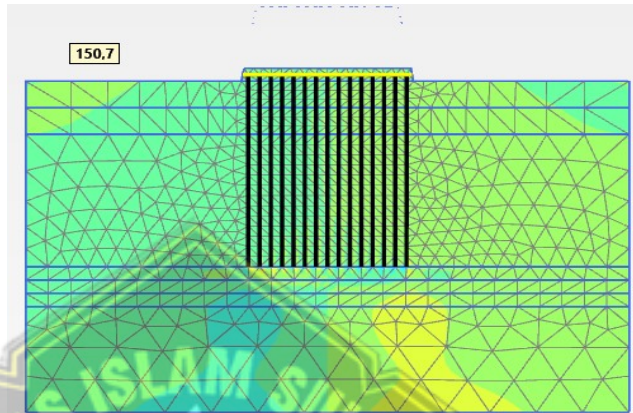
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	659,6 kN/m ²	659,6 kN/m ²
2.	1,5 m	685,1 kN/m ²	658,1 kN/m ²
3.	2 m	733,7 kN/m ²	733,7 kN/m ²

Tekanan air pori berlebih terkecil terjadi pada tebal LTP 1 meter sebesar 659,6 kN/m² kN/m². Dan untuk tekanan air pori berlebih terbesar pada tebal LTP 2 meter sebesar 733,7 kN/m².

C. Tegangan Efektif Rata – Rata

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

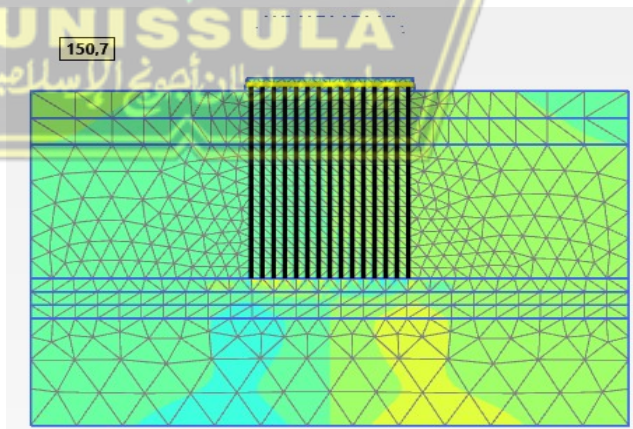
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 150,7 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

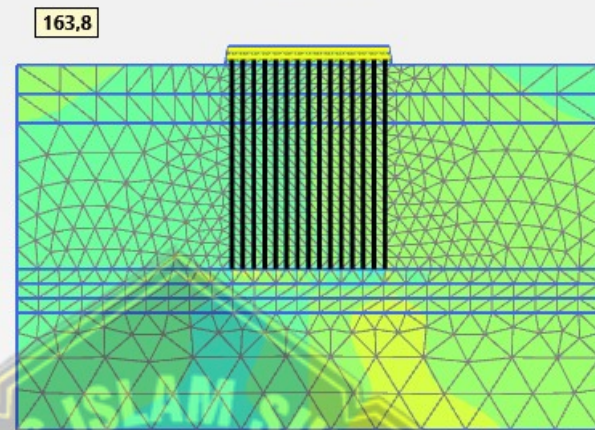
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 150,7 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

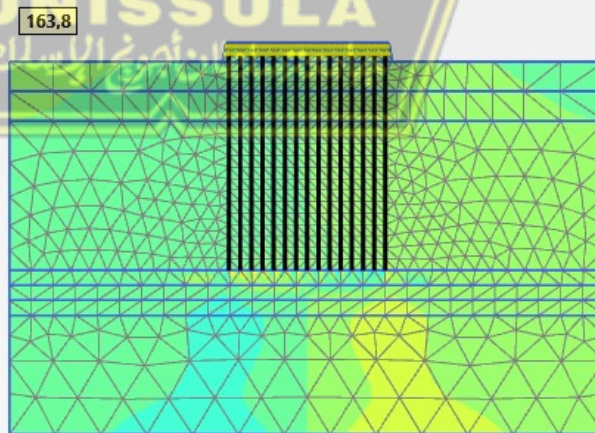
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 163,8 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

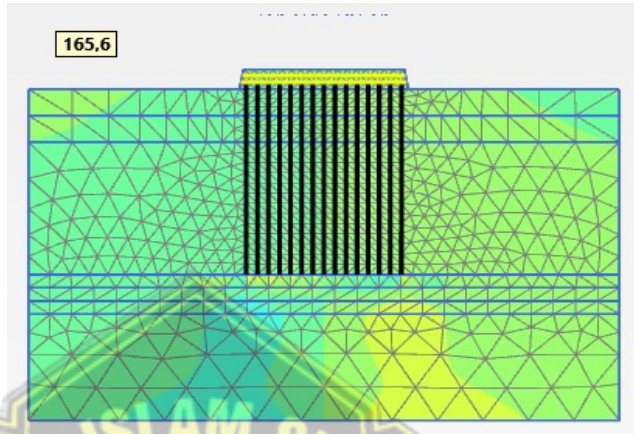
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 163,8 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4.17 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

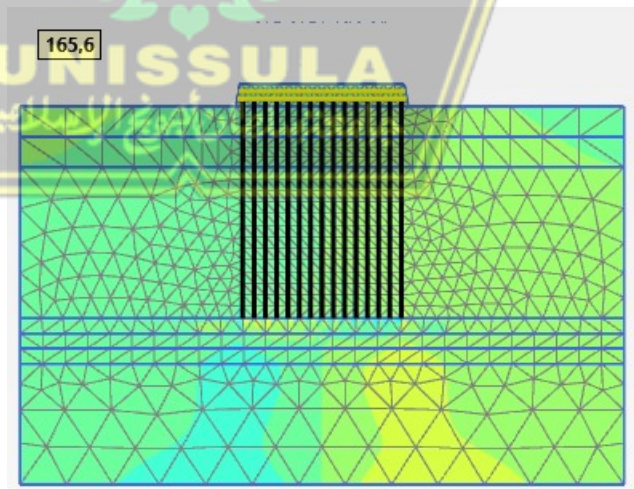
Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 165,6 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 165,6 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tegangan efektif rata – rata setelah dilakukan LTP pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Perbandingan Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah Dilakukan LTP

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	150,7 kN/m ²	150,7 kN/m ²
2.	1,5 m	163,8 kN/m ²	163,8 kN/m ²
3.	2 m	165,6 kN/m ²	165,6 kN/m ²

Tegangan efektif rata – rata terbesar terjadi pada tebal LTP 2 meter sebesar 165,6 kN/m². Dan untuk tegangan efektif rata – rata terkecil pada tebal LTP 1 meter sebesar 150,7 kN/m².

D. Safety Factor

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, nilai *safety factor* pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 6,380, dapat dilihat pada Gambar 4.20.

Reached total time	21.00 day
CSP - Relative stiffness	0.1073E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	4121 kN/m ²
ΣM _{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM _{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM _{sf} - Reached safety factor	6.380

Gambar 4.20 Nilai *Safety Factor* Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1 meter, nilai *safety factor* pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 6,380, dapat dilihat pada Gambar 4.21.

Reached total time	21.00 day
CSP - Relative stiffness	0.1073E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	4121 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	6.380

Gambar 4.21 Nilai *Safety Factor* Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1 Meter Dan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, nilai *safety factor* pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 6,273, dapat dilihat pada Gambar 4.22.

Reached total time	21.00 day
CSP - Relative stiffness	0.1804E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	4193 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	6.273

Gambar 4.22 Nilai *Safety Factor* Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 1,5 meter, nilai *safety factor* pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 6,273, dapat dilihat pada Gambar 4.23.

Reached total time	21.00 day
CSP - Relative stiffness	0.1804E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	4193 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	6.273

Gambar 4.23 Nilai *Safety Factor* Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 1,5 Meter Dan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, nilai *safety factor* pada konstruksi dengan beban 15 kN/m² sebesar 5,977, dapat dilihat pada Gambar 4.24.

Reached total time	21.00 day
CSP - Relative stiffness	0.08232E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	4286 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	5.977

Gambar 4.24 Nilai *Safety Factor* Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah dilakukan LTP dengan tebal 2 meter, nilai *safety factor* pada konstruksi dengan beban 40 kN/m² sebesar 5,977, dapat dilihat pada Gambar 4.25.

Reached total time	21.00 day
CSP - Relative stiffness	0.08232E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	4286 kN/m ²
ΣM _{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM _{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM _{sf} - Reached safety factor	5.977

Gambar 4.25 Nilai *Safety Factor* Setelah dilakukan LTP Dengan Tebal 2 Meter Dan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan nilai *safety factor* setelah dilakukan LTP pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perbandingan *Safety Factor* Setelah Dilakukan LTP

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	6,380	6,380
2.	1,5 m	6,273	6,273
3.	2 m	5,977	5,977

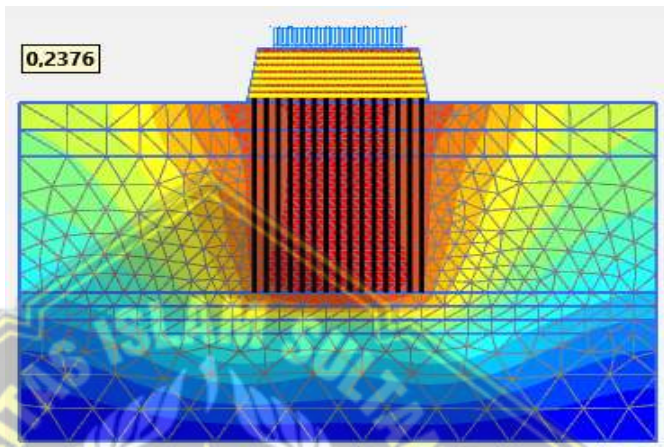
Pada beban 15 kN/m² dan 40 kN/m² memiliki total penurunan tanah sama pada setiap variasi tebal LTP. Untuk penurunan tanah yang paling rendah terjadi pada tebal LTP 1 meter sebesar 6,380.

4.3.2 Keluaran Akibat Pembebanan

A. Total Penurunan Tanah

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

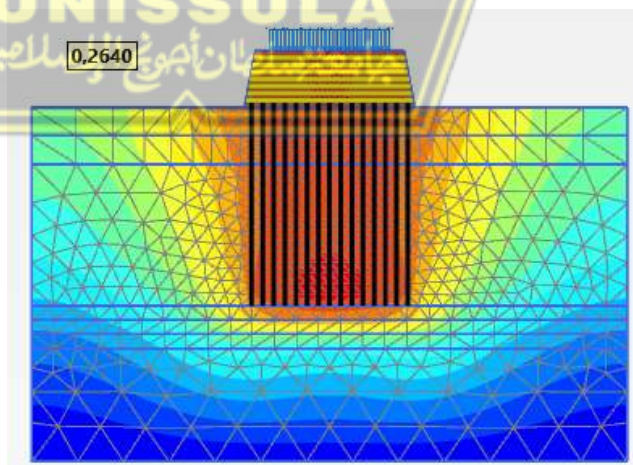
Setelah diberikan beban 15 kN/m², total penurunan tanah pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 0,2376 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Total Penurunan Tanah Akibat Beban 15 kN/m²
Pada LTP Tebal 1 Meter

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

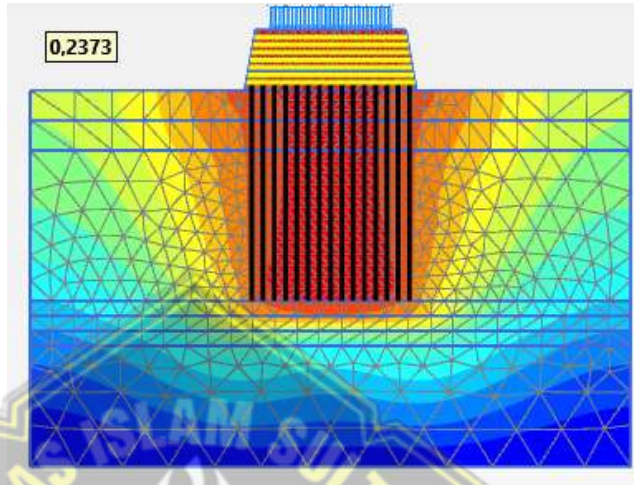
Setelah diberikan beban 40 kN/m², total penurunan tanah pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 0,2640 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 Total Penurunan Tanah Akibat Beban 40 kN/m²
Pada LTP Tebal 1 Meter

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

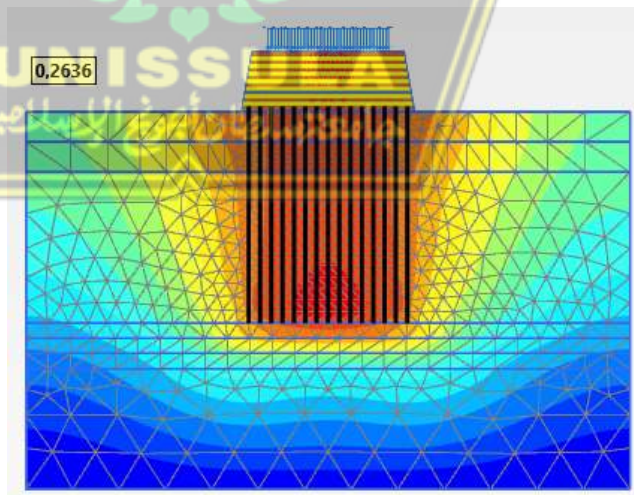
Setelah diberikan beban 15 kN/m², total penurunan tanah pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 0,2373 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Total Penurunan Tanah Akibat Beban 15 kN/m²
Pada LTP Tebal 1,5 Meter

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

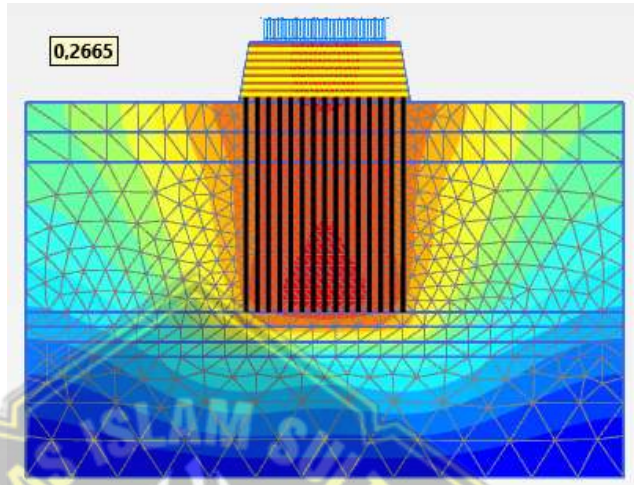
Setelah diberikan beban 40 kN/m², total penurunan tanah pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 0,2636 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.29 Total Penurunan Tanah Akibat Beban 40 kN/m²
Pada LTP Tebal 1,5 Meter

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

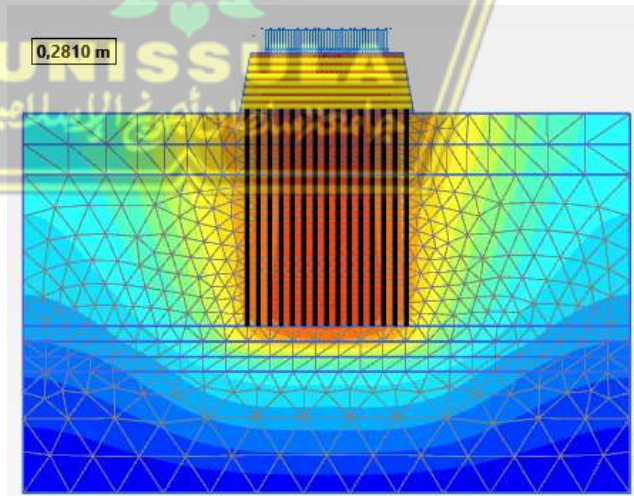
Setelah diberikan beban 15 kN/m², total penurunan tanah pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 0,2665 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Total Penurunan Tanah Akibat Beban 15 kN/m²
Pada LTP Tebal 2 Meter

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah diberikan beban 40 kN/m², total penurunan tanah pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 0,2810 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 Total Penurunan Tanah Akibat Beban 40 kN/m²
Pada LTP Tebal 2 Meter

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil total penurunan tanah akibat pembebanan pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perbandingan Total Penurunan Tanah Akibat Pembebanan

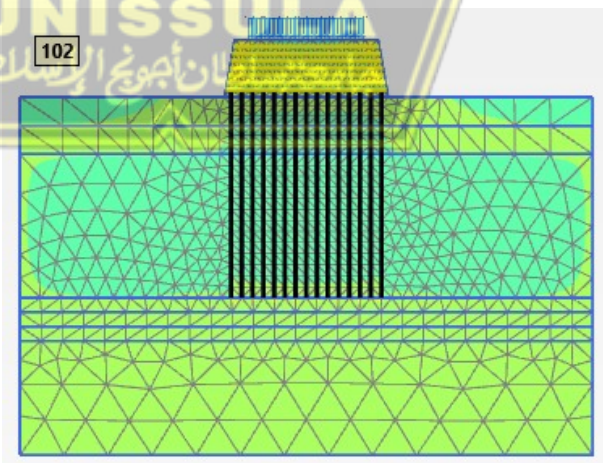
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	0, 2376 m	0, 2640 m
2.	1,5 m	0, 2373 m	0, 2636 m
3.	2 m	0, 2665 m	0, 2810 m

Total penurunan tanah yang paling rendah terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan penurunan tanah terendah yaitu 0,2373 m.

B. Tekanan Air Pori Berlebih

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

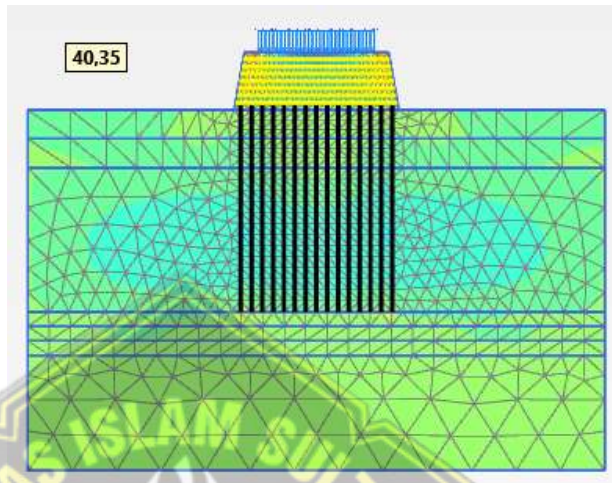
Setelah diberikan beban 15 kN/m², tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 102 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 15 kN/m² Pada LTP Tebal 1 Meter

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

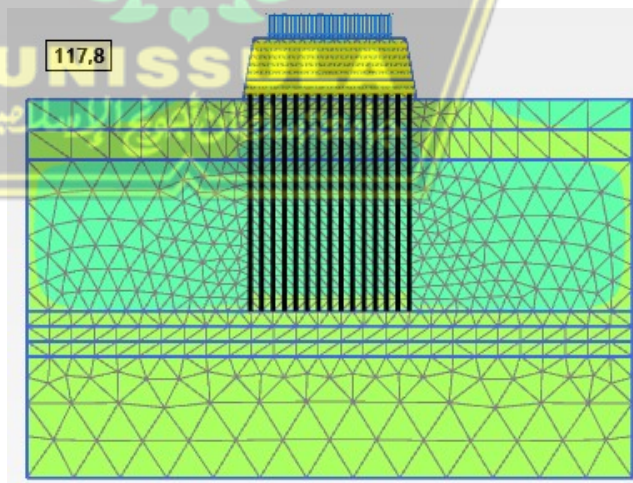
Setelah diberikan beban 40 kN/m², tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 40,35 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 40 kN/m²
Pada LTP Tebal 1 Meter

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

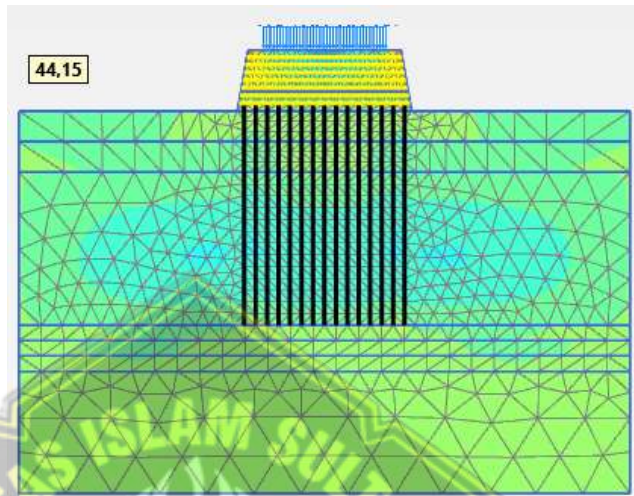
Setelah diberikan beban 15 kN/m², tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 117,8 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34 Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 15 kN/m²
Pada LTP Tebal 1,5 Meter

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

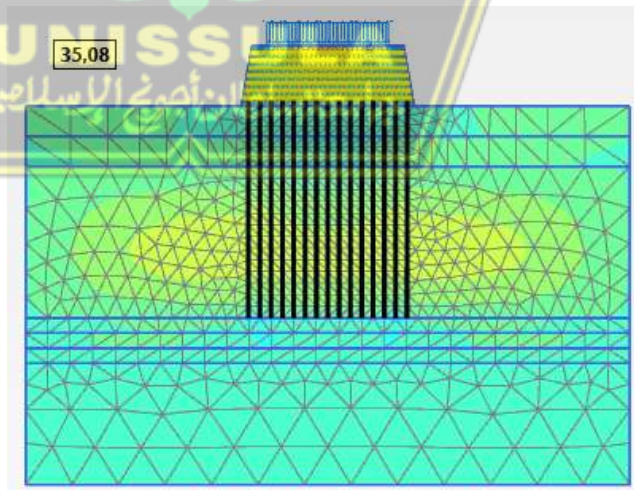
Setelah diberikan beban 40 kN/m², tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 44,15 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 40 kN/m²
Pada LTP Tebal 1,5 Meter

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

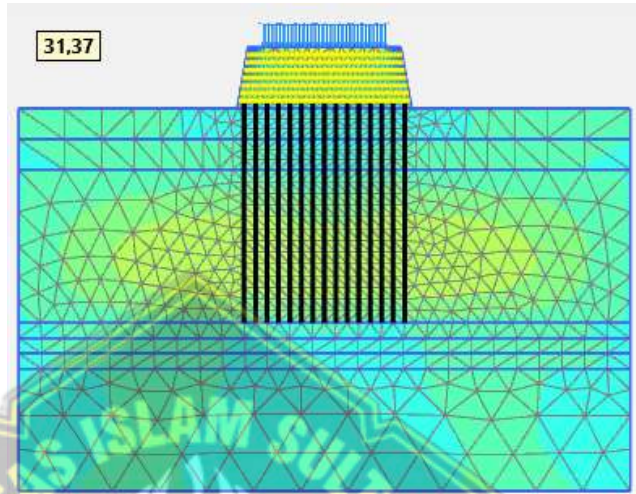
Setelah diberikan beban 15 kN/m², tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 35,08 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 15 kN/m²
Pada LTP Tebal 2 Meter

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah diberikan beban 40 kN/m², tekanan air pori berlebih pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 31,37 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37 Tekanan Air Pori Berlebih Akibat Beban 40 kN/m² Pada LTP Tebal 2 Meter

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tekanan air pori berlebih akibat pembebanan pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perbandingan Tekan Air Pori Berlebih Akibat Pembebanan

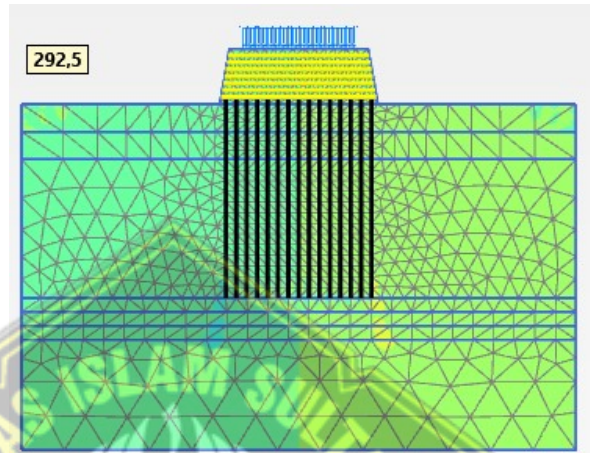
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	102 kN/m ²	40,35 kN/m ²
2.	1,5 m	117,8 kN/m ²	44,15 kN/m ²
3.	2 m	35,08 kN/m ²	31,37 kN/m ²

Tekanan air pori berlebih terkecil terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar 31,37 kN/m². Dan untuk tekanan air pori berlebih terbesar pada tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar 117,8 kN/m².

C. Tegangan Efektif Rata – Rata

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

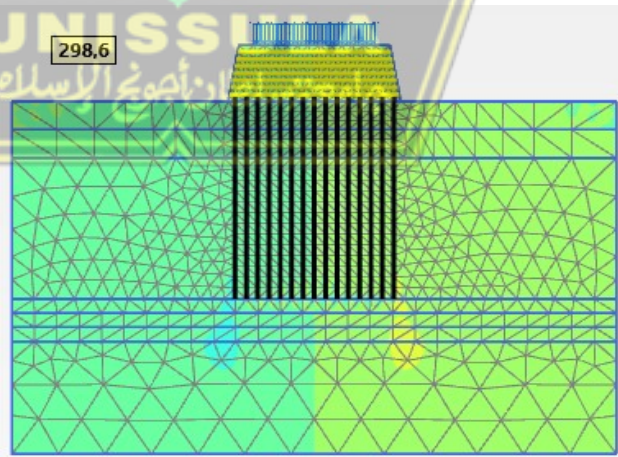
Setelah diberikan beban 15 kN/m², tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 292,5 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38 Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 15 kN/m² Pada LTP Tebal 1 Meter

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

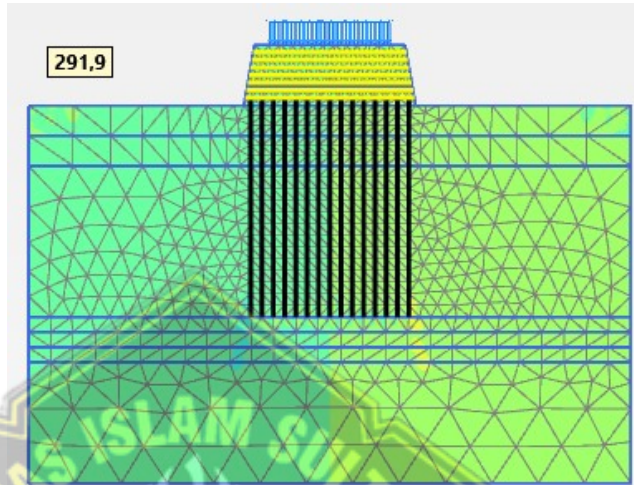
Setelah diberikan beban 40 kN/m², tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 298,6 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 40 kN/m² Pada LTP Tebal 1 Meter

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

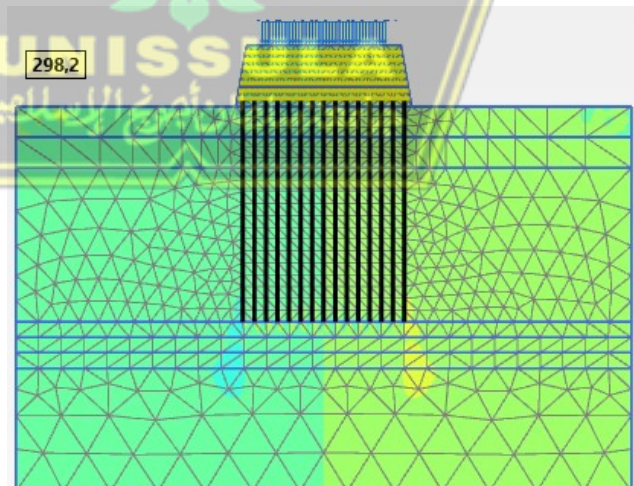
Setelah diberikan beban 15 kN/m², tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 291,9 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40 Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 15 kN/m² Pada LTP Tebal 1,5 Meter

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

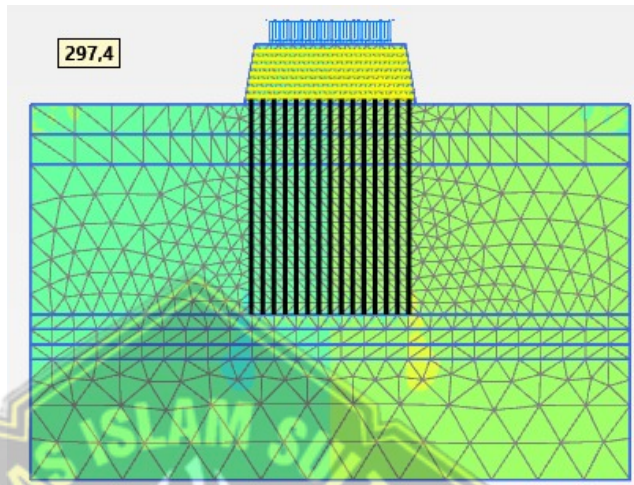
Setelah diberikan beban 40 kN/m², tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 298,2 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.41.



Gambar 4.41 Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 40 kN/m² Pada LTP Tebal 1,5 Meter

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

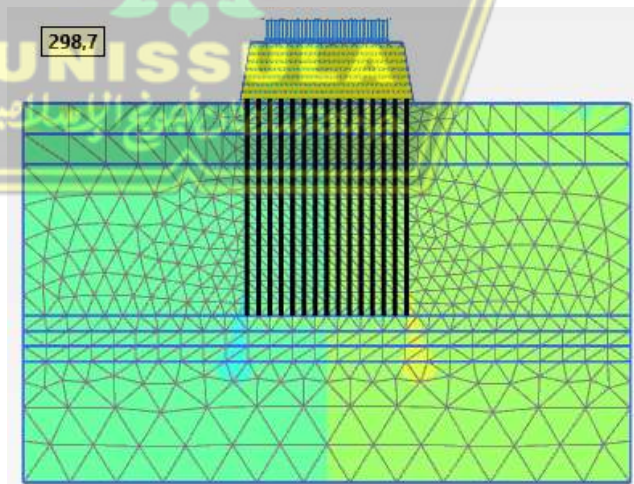
Setelah diberikan beban 15 kN/m², tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 297,4 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42 Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 15 kN/m² Pada LTP Tebal 2 Meter

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah diberikan beban 40 kN/m², tegangan efektif rata – rata pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 298,7 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.43.



Gambar 4.43 Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Beban 40 kN/m² Pada LTP Tebal 2 Meter

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tegangan efektif rata – rata akibat pembebanan pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Perbandingan Tegangan Efektif Rata – Rata Akibat Pembebanan

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	292,5 kN/m ²	298,6 kN/m ²
2.	1,5 m	291,9 kN/m ²	298,2 kN/m ²
3.	2 m	297,4 kN/m ²	298,7 kN/m ²

Tegangan efektif rata – rata terbesar terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar 298,7 kN/m². Dan untuk tegangan efektif rata – rata terkecil pada tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar 291,9 kN/m².

D. Safety Factor

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah diberikan beban 15 kN/m², nilai *safety factor* pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 2,643, dapat dilihat pada Gambar 4.44.

Reached total time	159.0 day
CSP - Relative stiffness	0.2225E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1771 kN/m ²
Σ_{stage} - Reached phase proportion	0.000
Σ_{weight} - Reached weight proportion	1.000
Σ_{sf} - Reached safety factor	2.643

Gambar 4.44 Nilai *Safety Factor* Akibat Beban 15 kN/m² Pada LTP Tebal 1 Meter

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah diberikan beban 40 kN/m², nilai *safety factor* pada konstruksi dengan LTP tebal 1 meter sebesar 2,554, dapat dilihat pada Gambar 4.45.

Reached total time	159.0 day
CSP - Relative stiffness	-0.04822E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1740 kN/m ²
Σ_{stage} - Reached phase proportion	0.000
Σ_{weight} - Reached weight proportion	1.000
Σ_{sf} - Reached safety factor	2.554

Gambar 4.45 Nilai *Safety Factor* Akibat Beban 40 kN/m² Pada LTP Tebal 1 Meter

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah diberikan beban 15 kN/m², nilai *safety factor* pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 3,298, dapat dilihat pada Gambar 4.46.

Reached total time	161.0 day
CSP - Relative stiffness	0.01318E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	2173 kN/m ²
Σ_{stage} - Reached phase proportion	0.000
Σ_{weight} - Reached weight proportion	1.000
Σ_{sf} - Reached safety factor	3.298

Gambar 4.46 Nilai *Safety Factor* Akibat Beban 15 kN/m² Pada LTP Tebal 1,5 Meter

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah diberikan beban 40 kN/m², nilai *safety factor* pada konstruksi dengan LTP tebal 1,5 meter sebesar 3,144, dapat dilihat pada Gambar 4.47.

Reached total time	161.0 day
CSP - Relative stiffness	1.846E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	2226 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	3.144

Gambar 4.47 Nilai *Safety Factor* Akibat Beban 40 kN/m² Pada LTP Tebal 1,5 Meter

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah diberikan beban 15 kN/m², nilai *safety factor* pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 3,029, dapat dilihat pada Gambar 4.48.

Reached total time	154.0 day
CSP - Relative stiffness	0.2531E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	2092 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	3.029

Gambar 4.48 Nilai *Safety Factor* Akibat Beban 15 kN/m² Pada LTP Tebal 2 Meter

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah diberikan beban 40 kN/m², nilai *safety factor* pada konstruksi dengan LTP tebal 2 meter sebesar 3,022 dapat dilihat pada Gambar 4.49.

Reached total time	154.0 day
CSP - Relative stiffness	0.4547E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	2087 kN/m ²
ΣM _{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM _{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM _{sf} - Reached safety factor	3.022

Gambar 4.49 Nilai *Safety Factor* Akibat Beban 40 kN/m² Pada LTP Tebal 2 Meter

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan nilai *safety factor* akibat pembebanan pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Perbandingan *Safety Factor* Akibat Pembebanan

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	2,643	2,554
2.	1,5 m	3,298	3,144
3.	2 m	3,029	3,022

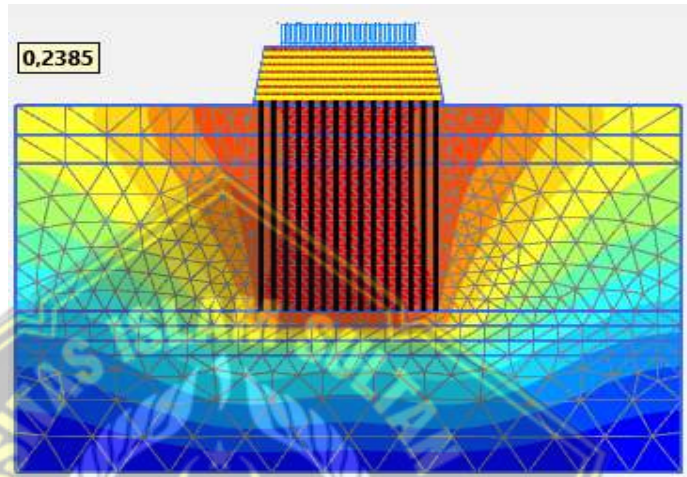
Nilai *safety factor* yang paling besar terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan nilai *safety factor* terbesar yaitu 3,298.

4.3.3 Keluaran Setelah Konsolidasi 1 Tahun

A. Total Penurunan Tanah

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

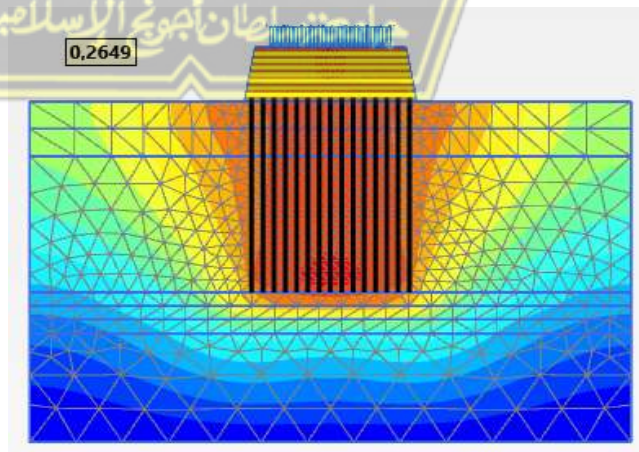
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.50.



Gambar 4.50 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

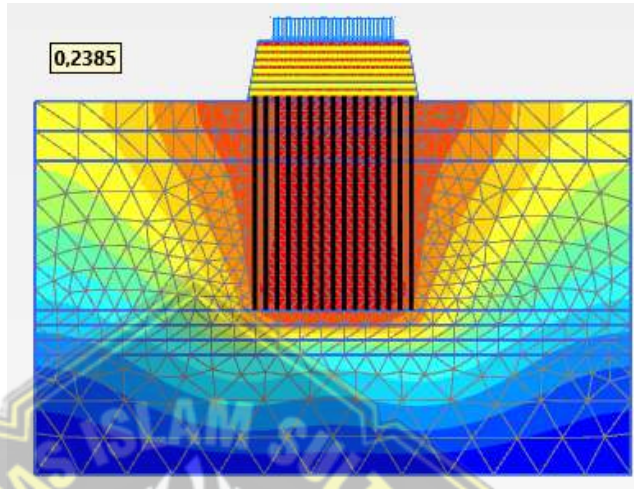
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2649 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.51.



Gambar 4.51 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

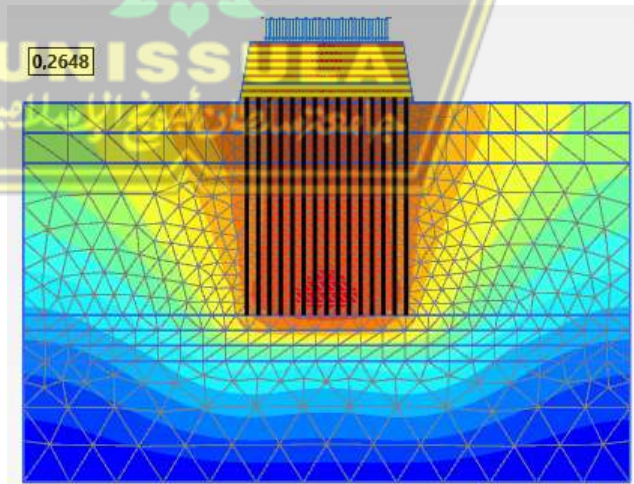
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.52.



Gambar 4.52 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

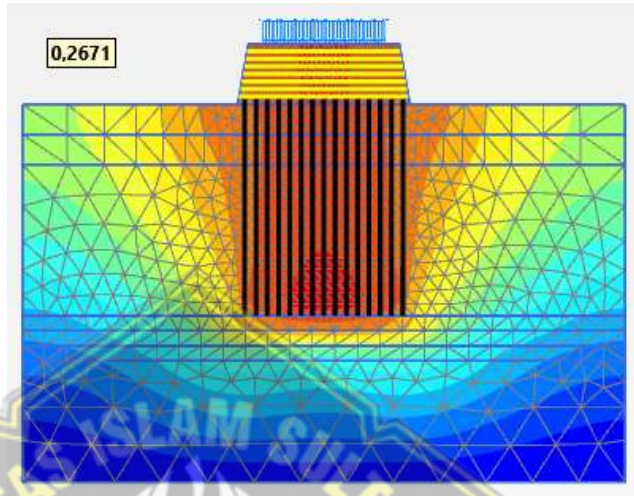
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2648 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.53.



Gambar 4.53 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

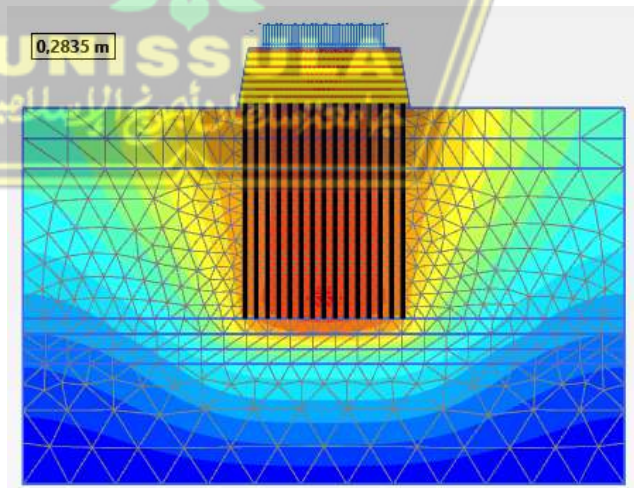
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2671 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.54.



Gambar 4.54 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2835 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.55.



Gambar 4.55 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil total penurunan tanah setelah konsolidasi 1 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 1 Tahun

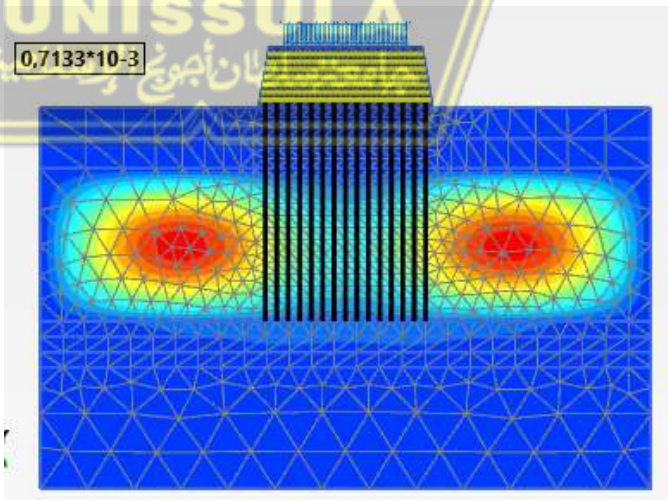
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	0,2385 m	0,2649 m
2.	1,5 m	0,2385 m	0,2648 m
3.	2 m	0,2671 m	0,2835 m

Total penurunan tanah yang paling rendah terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 dan 1 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan penurunan tanah terendah yaitu 0,2385 m.

B. Tekanan Air Pori Berlebih

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

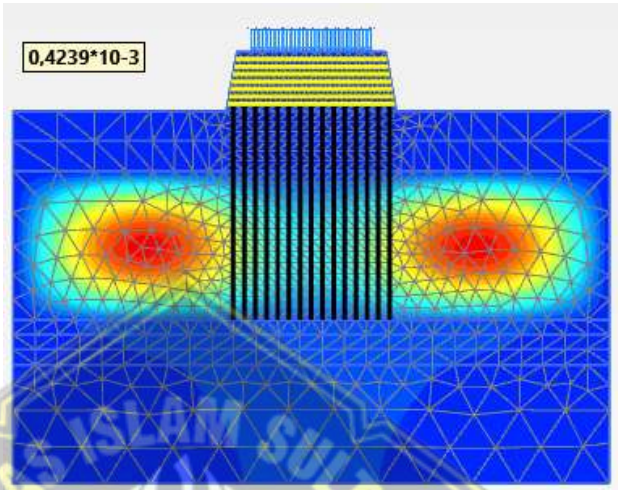
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $0,7133 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.56.



Gambar 4.56 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

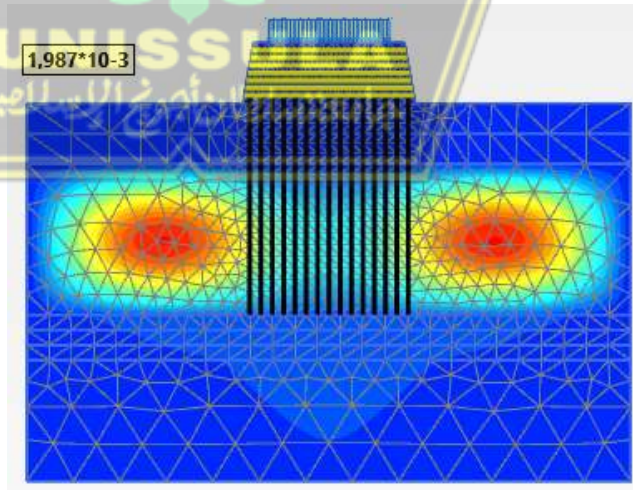
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,4239 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.57.



Gambar 4.57 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

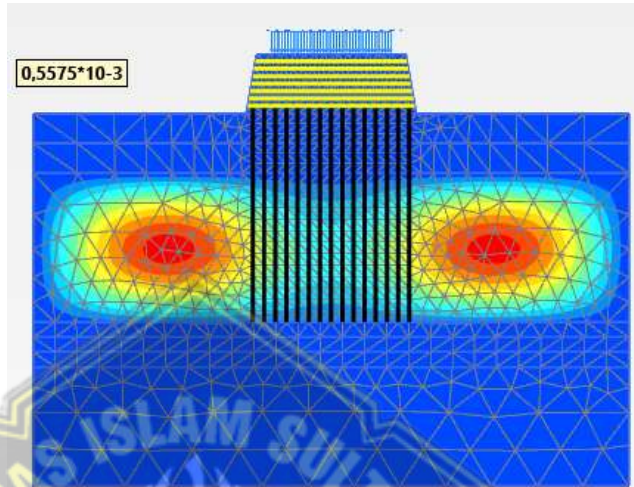
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $1,987 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.58.



Gambar 4.58 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

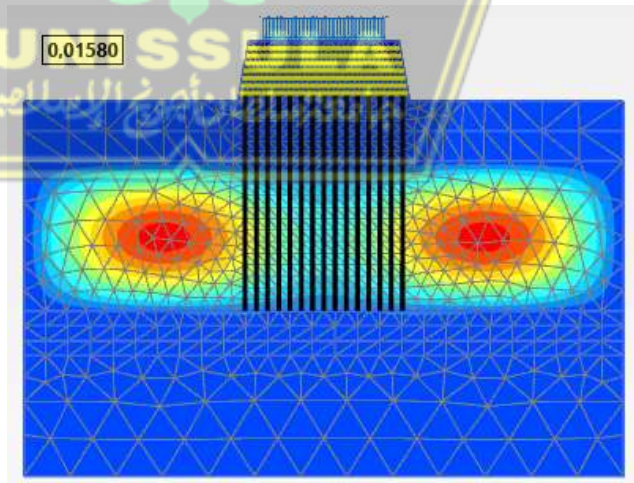
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,5575 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.59.



Gambar 4.59 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

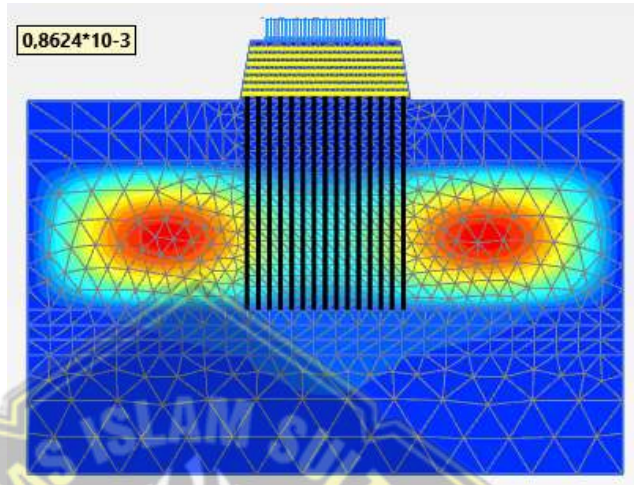
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,01580 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.60.



Gambar 4.60 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,8624 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.61.



Gambar 4.61 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tekanan air pori berlebih setelah konsolidasi 1 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 1 Tahun

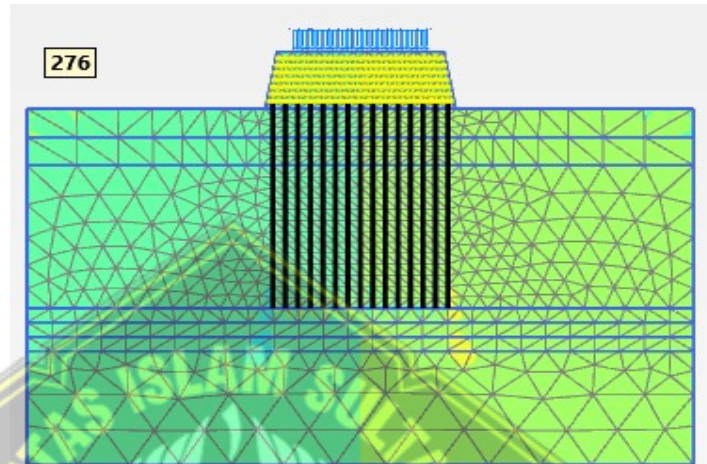
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	$0,7133 \times 10^{-3}$ kN/m ²	$0,4239 \times 10^{-3}$ kN/m ²
2.	1,5 m	$1,987 \times 10^{-3}$ kN/m ²	$0,5575 \times 10^{-3}$ kN/m ²
3.	2 m	$0,01580$ kN/m ²	$0,8624 \times 10^{-3}$ kN/m ²

Tekanan air pori berlebih terkecil terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar $1,987 \times 10^{-3}$ kN/m². Dan untuk tekanan air pori berlebih terbesar pada tebal LTP 1 dan 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar $1,554 \times 10^{-3}$ kN/m².

C. Tegangan Efektif Rata – Rata

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

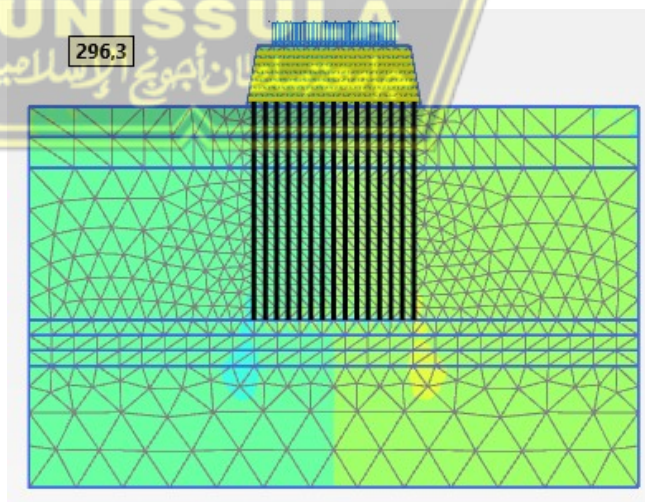
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 276 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.62.



Gambar 4.62 Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

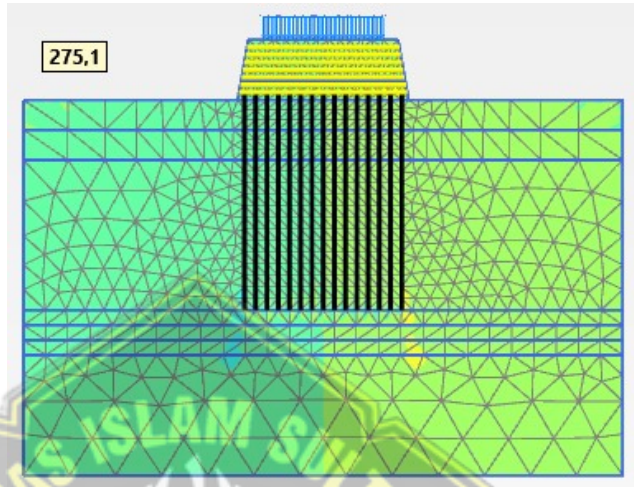
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 296,3 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.63.



Gambar 4.63 Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

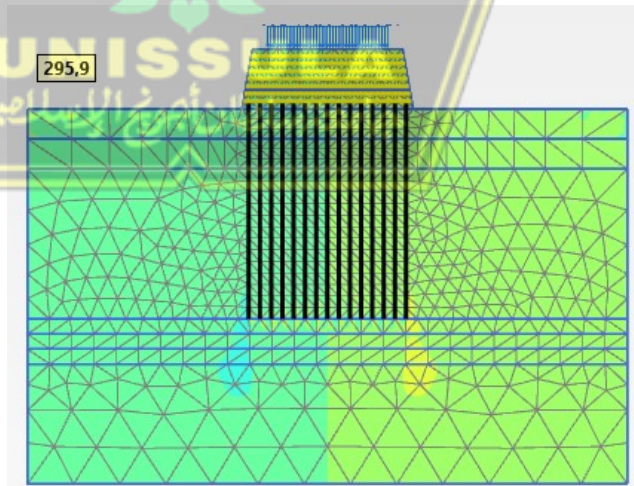
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 275,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.64.



Gambar 4.64 Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

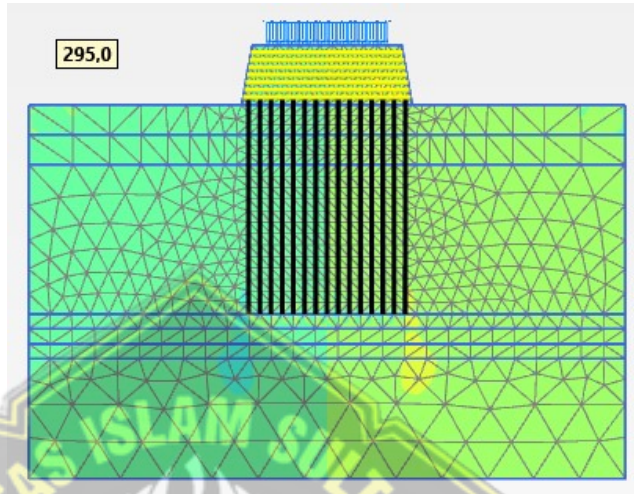
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 295,9 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.65.



Gambar 4.65 Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

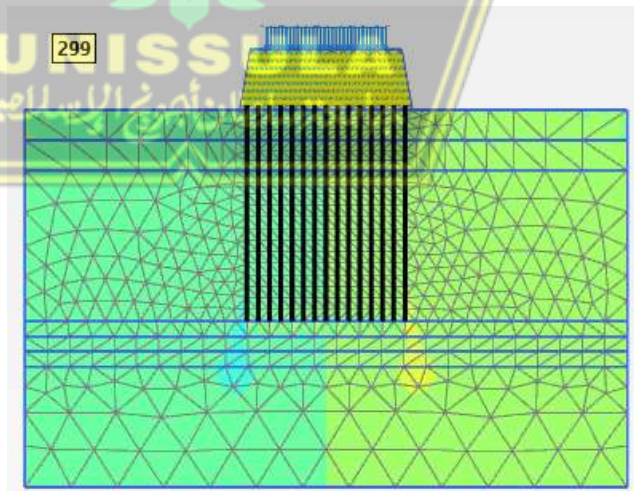
Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 295 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.66.



Gambar 4.66 Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 299 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.67.



Gambar 4.67 Teganga Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tegangan efektif rata – rata setelah konsolidasi 1 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Perbandingan Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah Konsolidasi 1 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	276 kN/m ²	296,3 kN/m ²
2.	1,5 m	275,1 kN/m ²	295,9 kN/m ²
3.	2 m	295 kN/m ²	299 kN/m ²

Tegangan efektif rata – rata terbesar terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar 299 kN/m². Dan untuk tegangan efektif rata – rata terkecil pada tebal LTP 1 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar 276 kN/m².

D. Safety Factor

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,188, dapat dilihat pada Gambar 4.68.

Reached total time	524.0 day
CSP - Relative stiffness	3.039E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1246 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.188

Gambar 4.68 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,261, dapat dilihat pada Gambar 4.69.

Reached total time	524.0 day
CSP - Relative stiffness	0.01122E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1273 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.261

Gambar 4.69 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,984, dapat dilihat pada Gambar 4.70.

Reached total time	526.0 day
CSP - Relative stiffness	0.02353E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1832 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.984

Gambar 4.70 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,963, dapat dilihat pada Gambar 4.71.

Reached total time	526.0 day
CSP - Relative stiffness	-0.07608E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1939 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.963

Gambar 4.71 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,865, dapat dilihat pada Gambar 4.72.

Reached total time	519.0 day
CSP - Relative stiffness	0.05665E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1951 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.865

Gambar 4.72 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 1 tahun
Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 1 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,888, dapat dilihat pada Gambar 4.73.

Reached total time	519.0 day
CSP - Relative stiffness	0.02518E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1944 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.888

Gambar 4.73 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 1 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan nilai *safety factor* setelah konsolidasi 1 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Perbandingan *Safety Factor* Setelah Konsolidasi 1 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	2,188	2,261
2.	1,5 m	2,984	2,963
3.	2 m	2,865	2,888

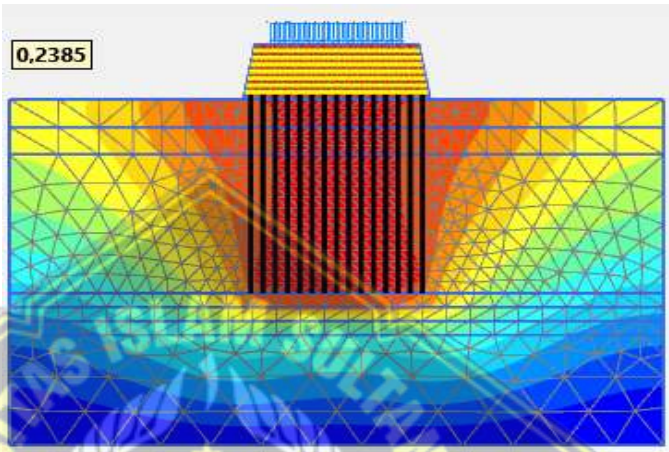
Nilai *safety factor* yang paling besar terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 meter dengan beban 40 kN/m² merupakan nilai *safety factor* terbesar yaitu 2,984.

4.3.4 Keluaran Setelah Konsolidasi 5 Tahun

A. Total Penurunan Tanah

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

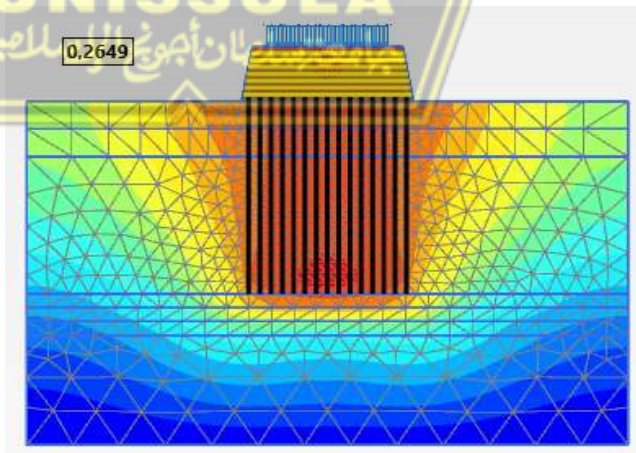
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0.2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.74.



Gambar 4.74 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

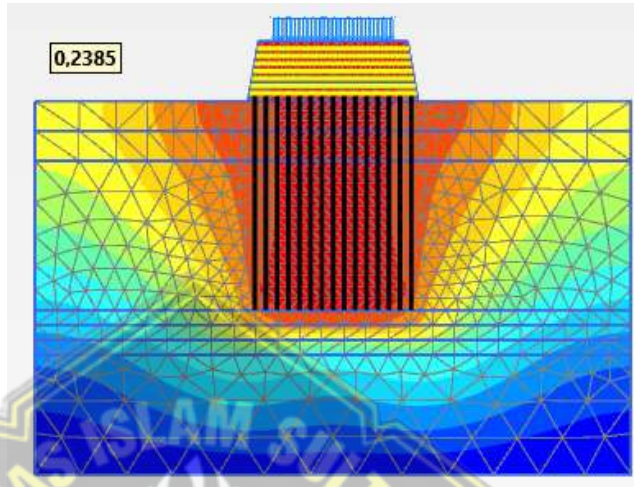
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0.2649 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.75.



Gambar 4.75 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

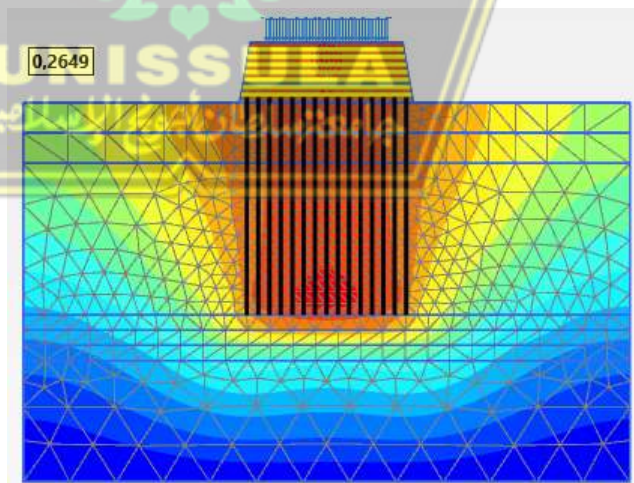
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0.2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.76.



Gambar 4.76 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

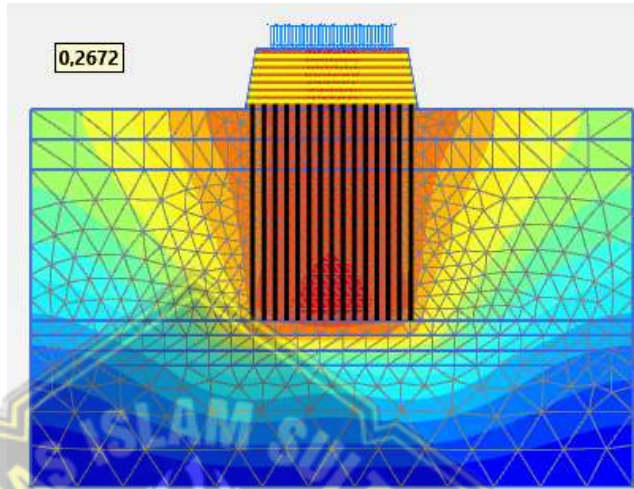
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2649 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.77.



Gambar 4.77 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

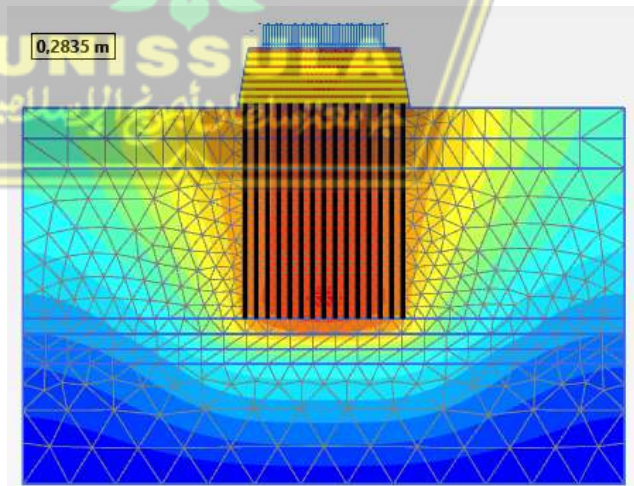
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0.2672 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.78.



Gambar 4.78 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2835 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.79.



Gambar 4.79 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil total penurunan tanah setelah konsolidasi 5 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 5 Tahun

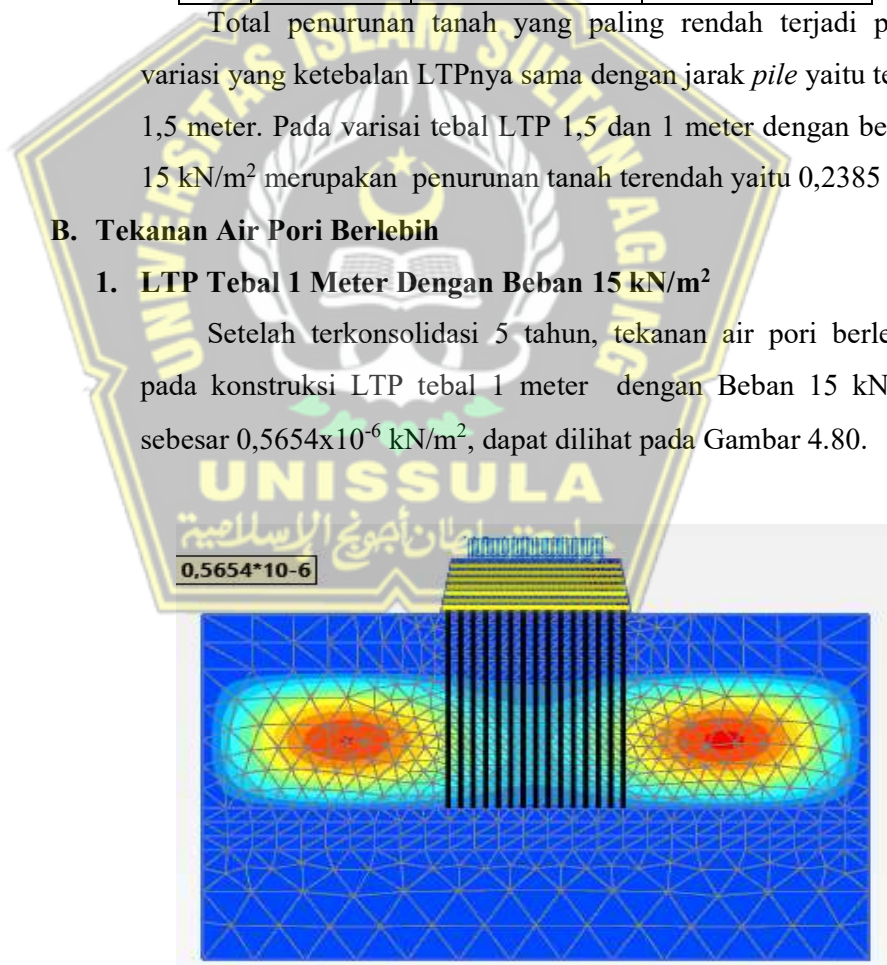
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	0,2385 m	0,2649 m
2.	1,5 m	0,2385 m	0,2649 m
3.	2 m	0,2672 m	0,2835 m

Total penurunan tanah yang paling rendah terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 dan 1 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan penurunan tanah terendah yaitu 0,2385 m.

B. Tekanan Air Pori Berlebih

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

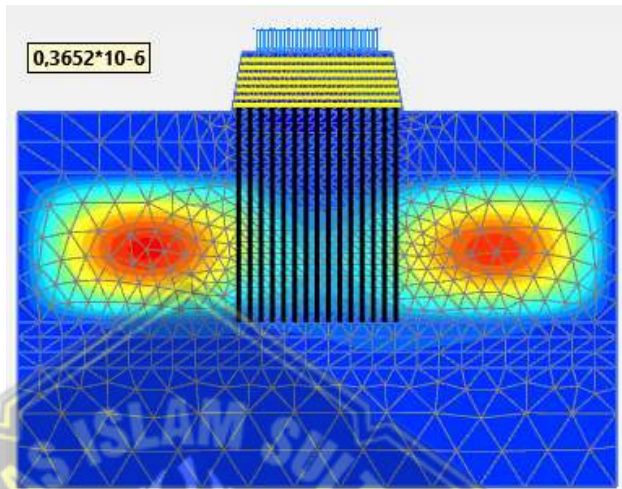
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $0,5654 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.80.



Gambar 4.80 Tekan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

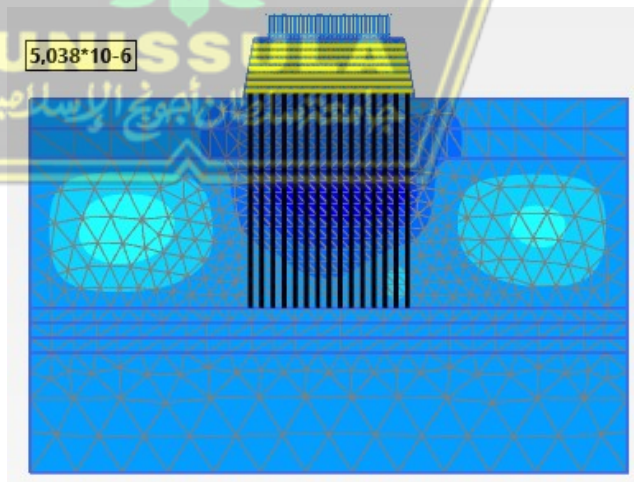
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,3652 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.81.



Gambar 4.81 Tekan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

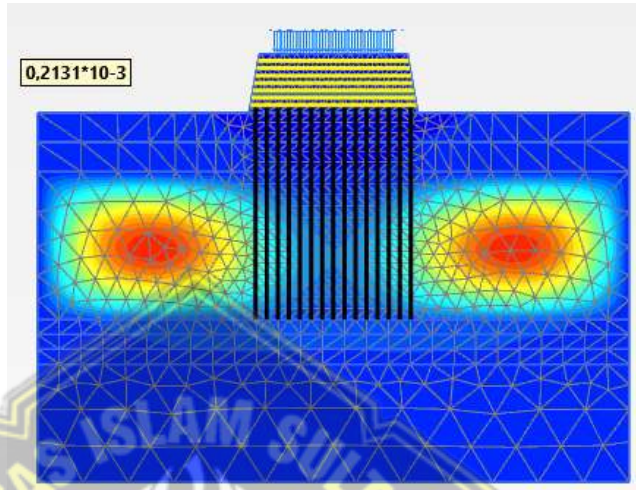
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $5,038 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.82.



Gambar 4.82 Tekan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

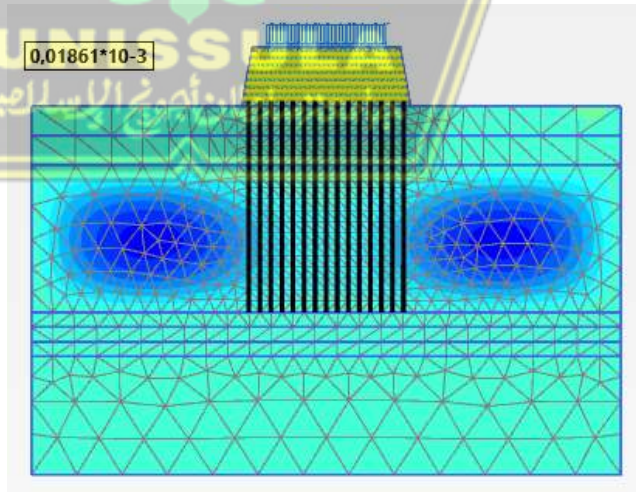
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,2131 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.83.



Gambar 4.83 Tekan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

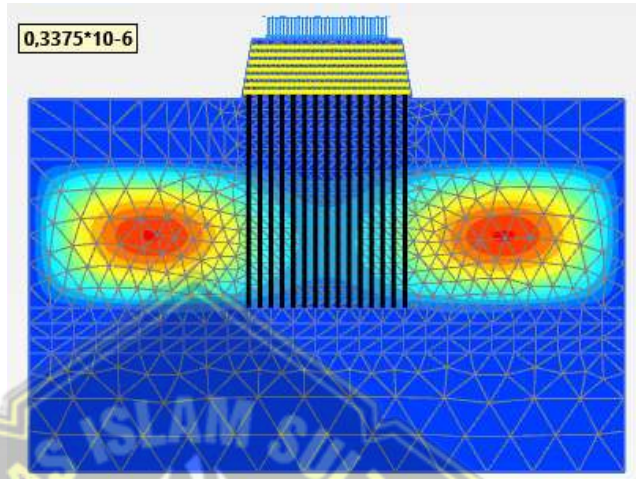
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $0,01861 \times 10^{-3}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.84.



Gambar 4.84 Tekan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,3375 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.85.



Gambar 4.85 Tekan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tekanan air pori berlebih setelah konsolidasi 5 pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 5 Tahun

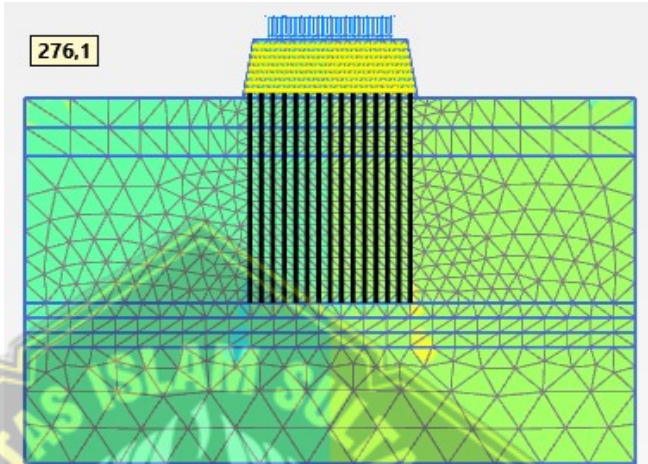
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	$0,5654 \times 10^{-6}$ kN/m ²	$0,3652 \times 10^{-6}$ kN/m ²
2.	1,5 m	$5,038 \times 10^{-6}$ kN/m ²	$0,2131 \times 10^{-6}$ kN/m ²
3.	2 m	$0,01861 \times 10^{-3}$ kN/m ²	$0,3375 \times 10^{-6}$ kN/m ²

Tekanan air pori berlebih terkecil terjadi pada tebal LTP 1,5 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar $5,038 \times 10^{-6}$ kN/m². Dan untuk tekanan air pori berlebih terbesar pada tebal LTP 2 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar $0,001861 \times 10^{-3}$ kN/m².

C. Tegangan Efektif Rata – Rata

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

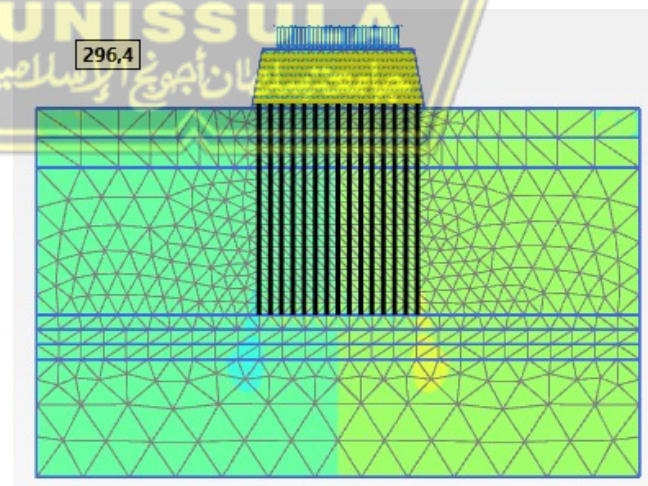
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 276,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.86.



Gambar 4.86 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

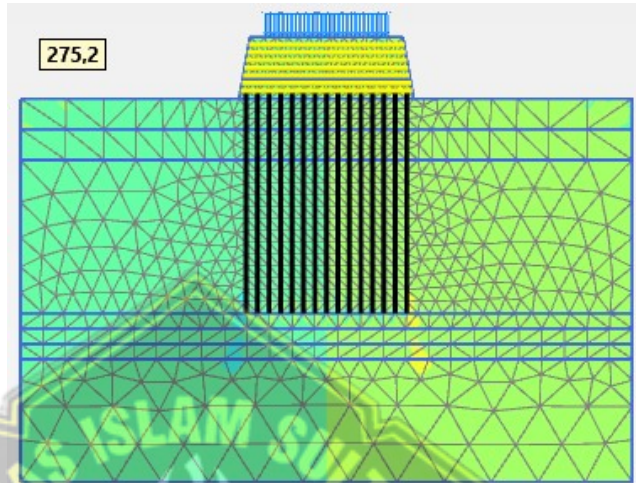
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 296,4 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.87.



Gambar 4.87 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

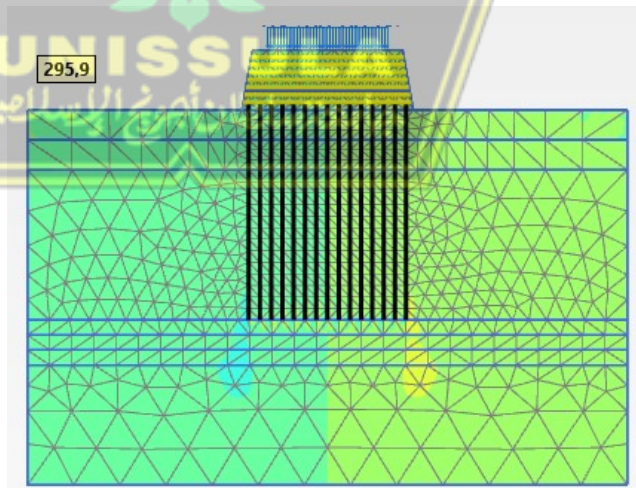
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 275,2 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.88.



Gambar 4.88 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

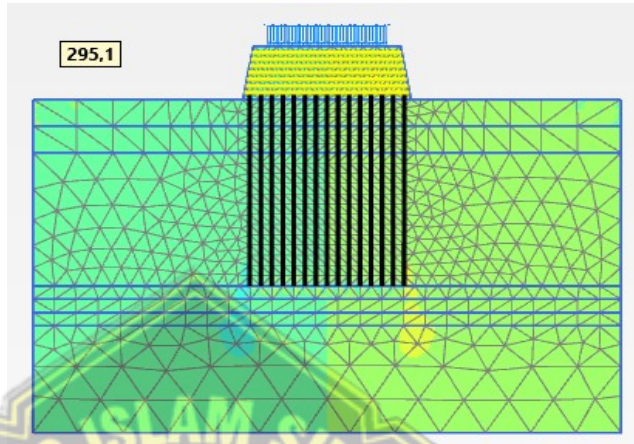
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 295,9 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.89.



Gambar 4.89 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

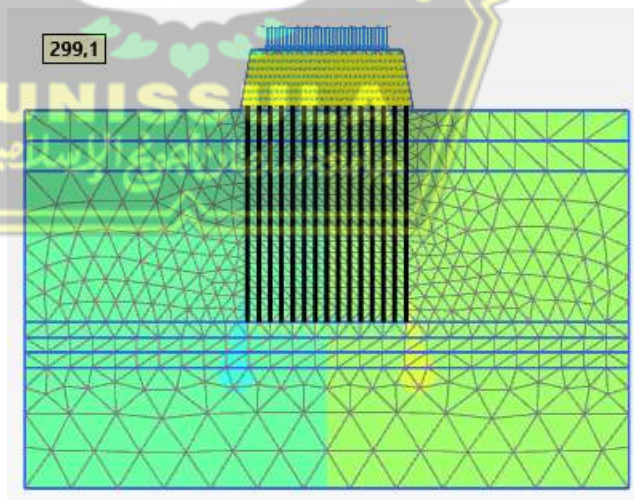
Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 295,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.90.



Gambar 4.90 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 299,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.91.



Gambar 4.91 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tegangan efektif rata – rata setelah konsolidasi 5 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Perbandingan Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah Konsolidasi 5 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	276,1 kN/m ²	296,4 kN/m ²
2.	1,5 m	275,2 kN/m ²	295,9 kN/m ²
3.	2 m	295,1 kN/m ²	299,1 kN/m ²

Tegangan efektif rata – rata terbesar terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar 299,1 kN/m². Dan untuk tegangan efektif rata – rata terkecil pada tebal LTP 1 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar 276,1 kN/m².

D. Safety Factor

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,188, dapat dilihat pada Gambar 4.92.

Reached total time	2349 day
CSP - Relative stiffness	8.010E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1250 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.188

Gambar 4.92 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,262, dapat dilihat pada Gambar 4.93.

Reached total time	2349 day
CSP - Relative stiffness	3.398E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1270 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.262

Gambar 4.93 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,986, dapat dilihat pada Gambar 4.94.

Reached total time	2351 day
CSP - Relative stiffness	0.03822E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1832 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.986

Gambar 4.94 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 5 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,963, dapat dilihat pada Gambar 4.95.

Reached total time	2351 day
CSP - Relative stiffness	-0.07646E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1939 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.963

Gambar 4.95 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,868, dapat dilihat pada Gambar 4.96.

Reached total time	2345 day
CSP - Relative stiffness	-0.05660E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1960 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.868

Gambar 4.96 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 5 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,891, dapat dilihat pada Gambar 4.97.

Reached total time	2345 day
CSP - Relative stiffness	0.1499E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1933 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.891

Gambar 4.97 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 5 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan nilai *safety factor* setelah konsolidasi 5 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Perbandingan *Safety Factor* Setelah Konsolidasi 5 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	2,188	2,262
2.	1,5 m	2,986	2,963
3.	2 m	2,868	2,891

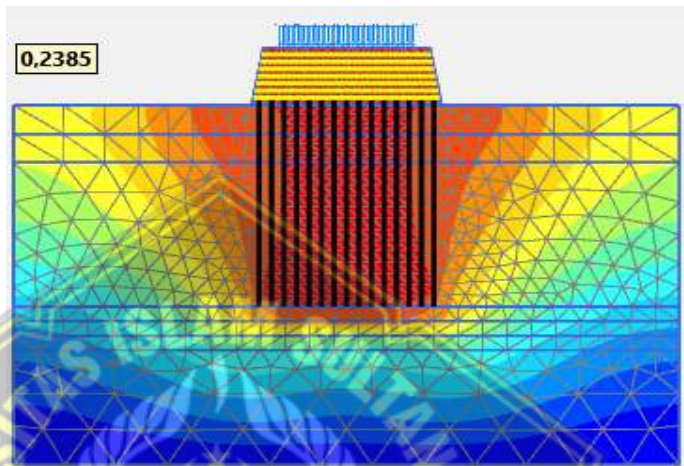
Nilai *safety factor* yang paling besar terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan nilai *safety factor* terbesar yaitu 2,986.

4.3.5 Keluaran Setelah Konsolidasi 10 Tahun

A. Total Penurunan Tanah

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

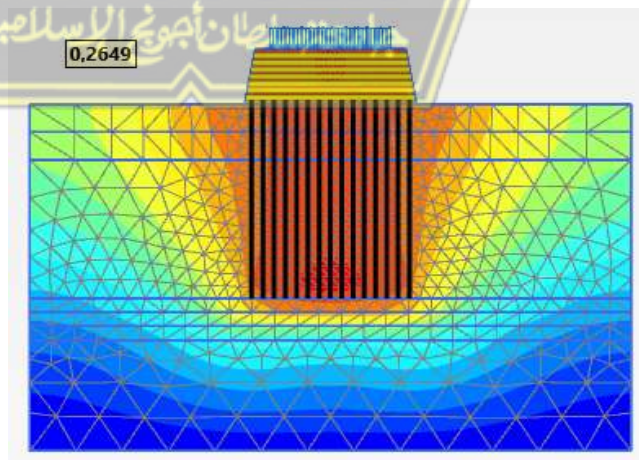
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.98.



Gambar 4.98 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

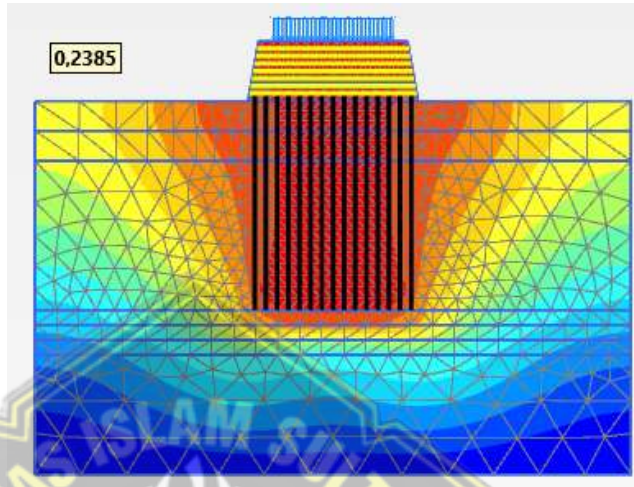
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2649 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.99.



Gambar 4.99 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

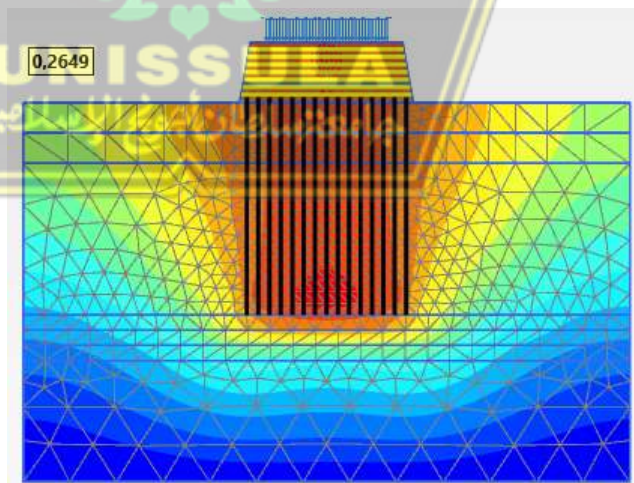
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.100.



Gambar 4.100 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

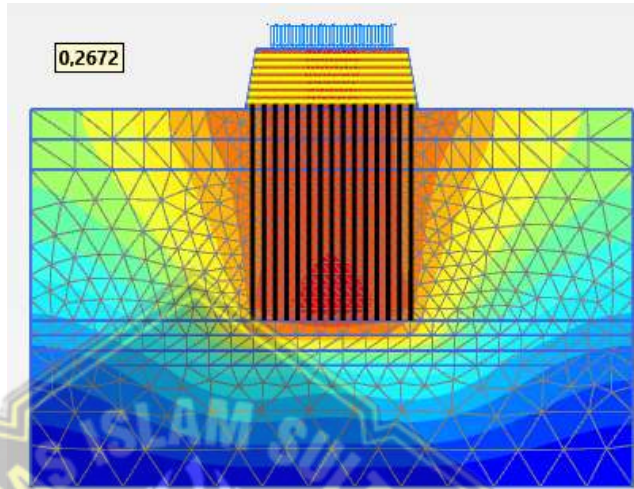
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2649 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.101.



Gambar 4.101 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

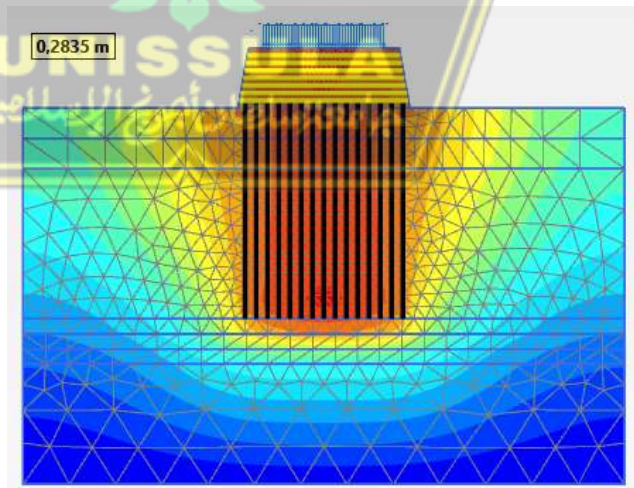
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2672 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.102.



Gambar 4.102 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2835 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.103.



Gambar 4.103 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil total penurunan tanah setelah konsolidasi 10 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 10 Tahun

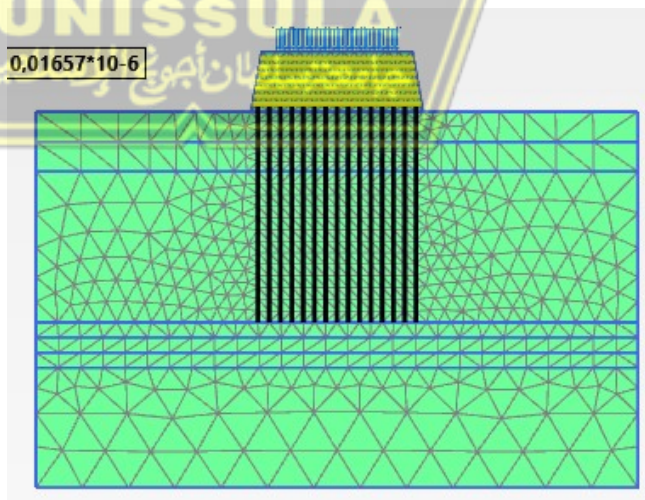
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	0,2385 m	0,2649 m
2.	1,5 m	0,2385 m	0,2649 m
3.	2 m	0,2672 m	0,2844 m

Total penurunan tanah yang paling rendah terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 dan 1 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan penurunan tanah terendah yaitu 0,2385 m.

B. Tekanan Air Pori Berlebih

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

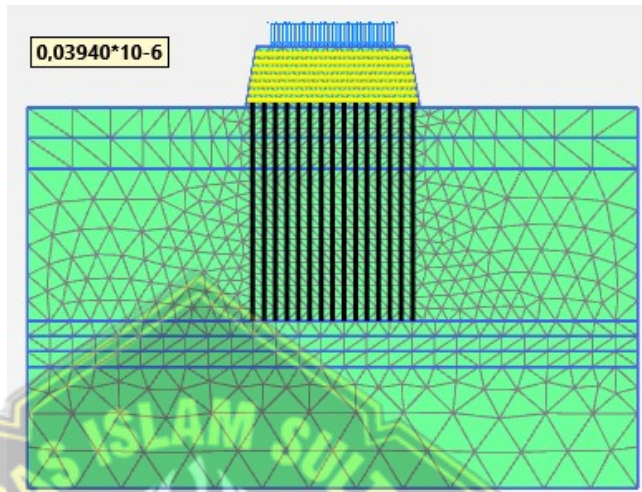
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $0,01657 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.104.



Gambar 4.104 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

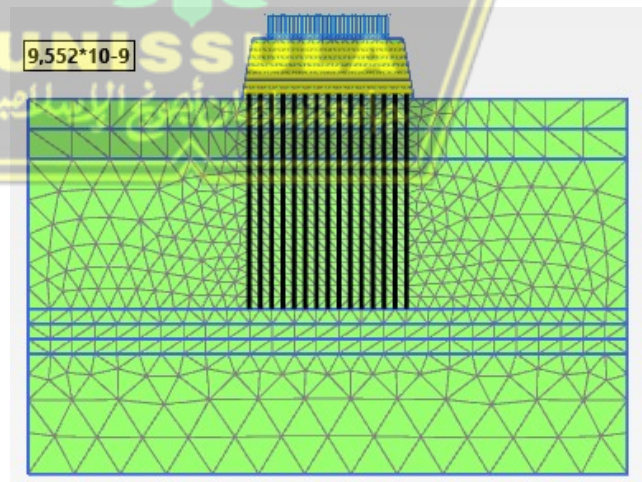
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,03940 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.105.



Gambar 4.105 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

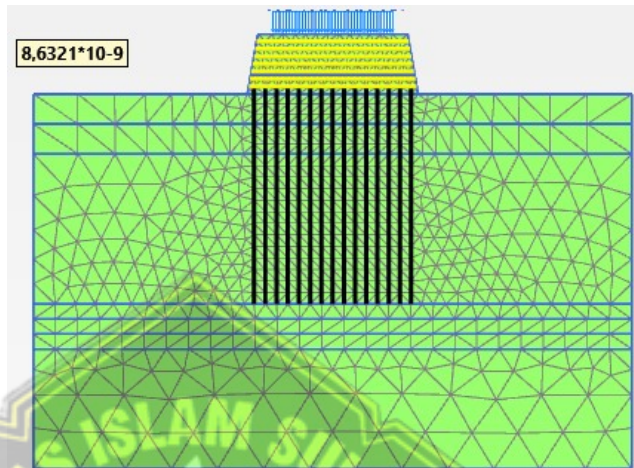
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $9,552 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.106.



Gambar 4.106 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

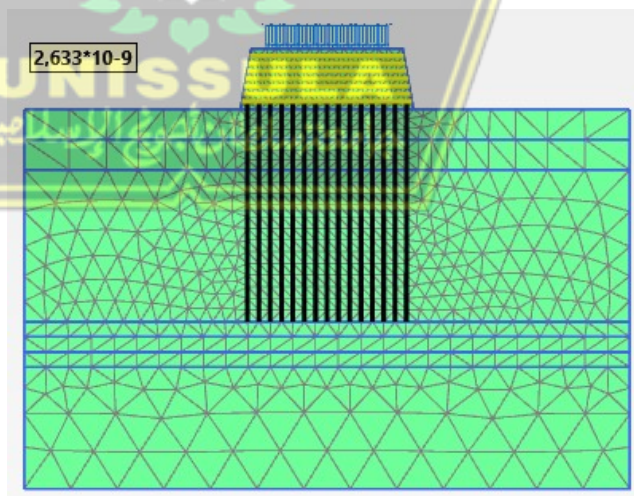
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $8,6321 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.107.



Gambar 4.107 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

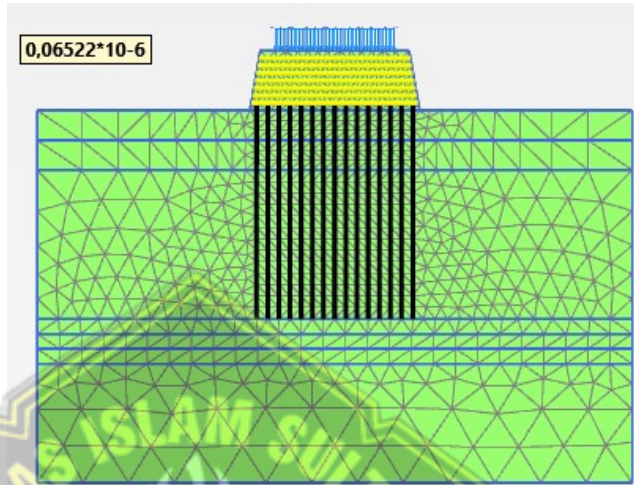
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $2,633 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.108.



Gambar 4.108 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,06522 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.109.



Gambar 4.109 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tekanan air pori berlebih setelah konsolidasi 10 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 10 Tahun

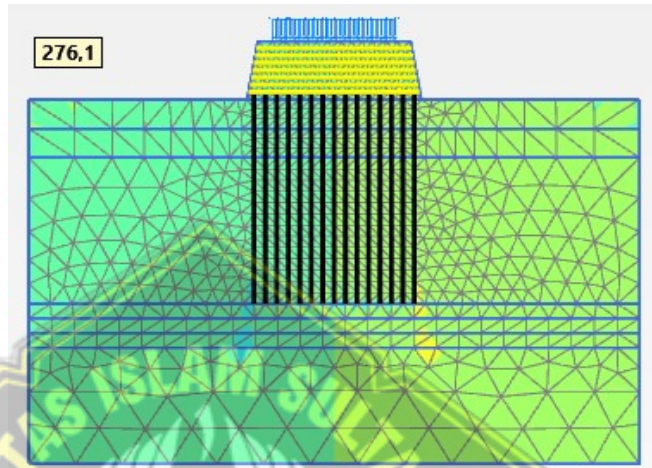
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	$0,01657 \times 10^{-6}$ kN/m ²	$0,03940 \times 10^{-6}$ kN/m ²
2.	1,5 m	$9,552 \times 10^{-9}$ kN/m ²	$8,6321 \times 10^{-9}$ kN/m ²
3.	2 m	$2,633 \times 10^{-9}$ kN/m ²	$0,6522 \times 10^{-6}$ kN/m ²

Tekanan air pori berlebih terkecil terjadi pada tebal LTP 1,5 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar $8,6321 \times 10^{-9}$ kN/m². Dan untuk tekanan air pori berlebih terbesar pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar $0,6522 \times 10^{-6}$ kN/m².

C. Tegangan Efektif Rata – Rata

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

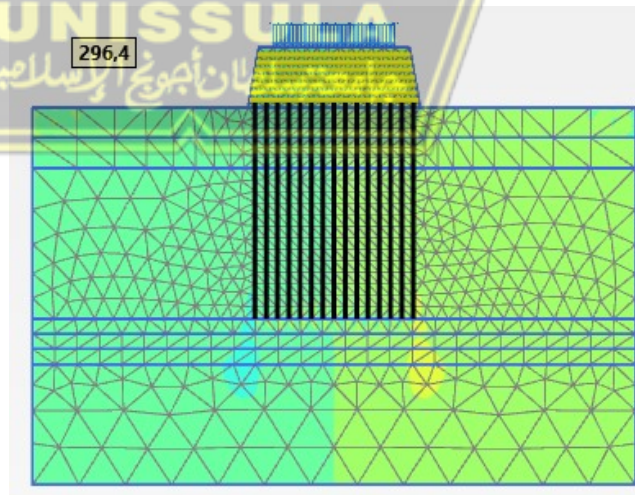
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tegangan Efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 276,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.110.



Gambar 4.110 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

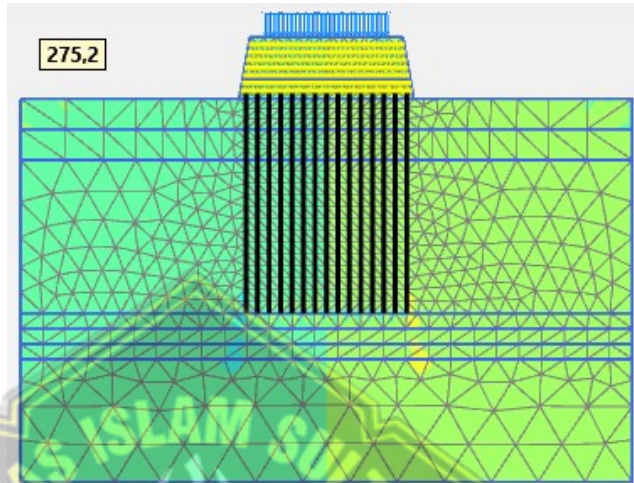
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tegangan Efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 296,4 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.111.



Gambar 4.111 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

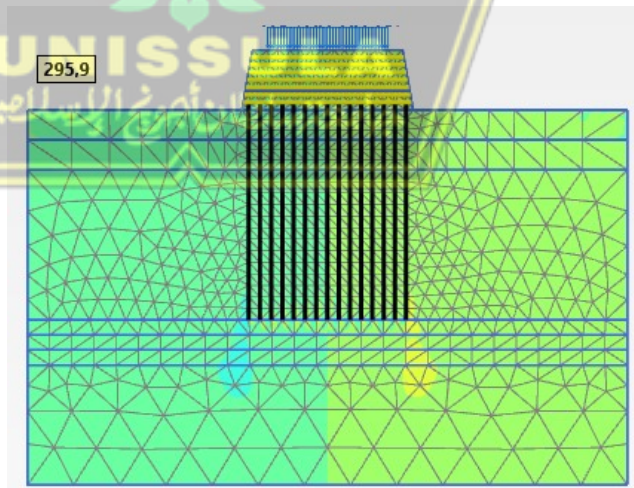
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tegangan Efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 275,2 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.112.



Gambar 4.112 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

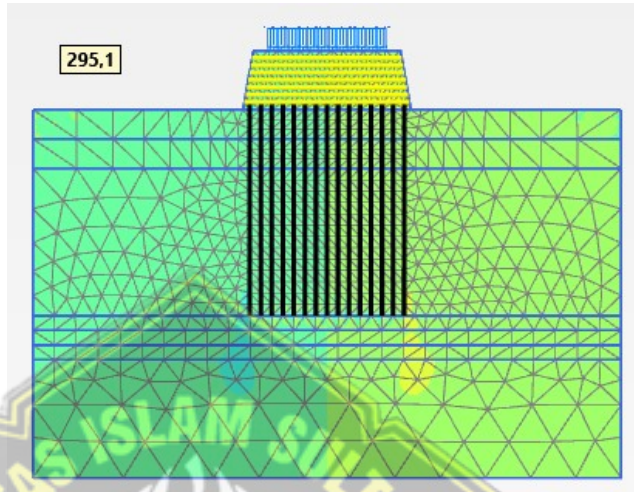
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tegangan Efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 295,9 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.113.



Gambar 4.113 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

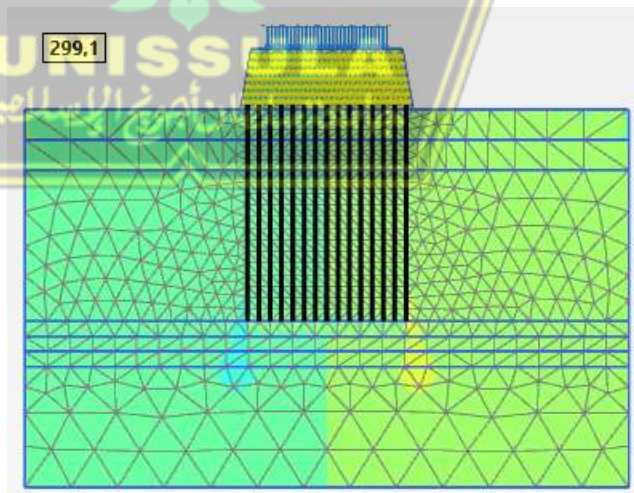
Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tegangan Efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 295,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.114.



Gambar 4.114 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, tegangan Efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 299,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.115.



Gambar 4.115 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tegangan efektif rata – rata setelah konsolidasi 10 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Perbandingan Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah Konsolidasi 10 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	276,1 kN/m ²	296,4 kN/m ²
2.	1,5 m	275,2 kN/m ²	295,9 kN/m ²
3.	2 m	295,1 kN/m ²	299,1 kN/m ²

Tegangan efektif rata – rata terbesar terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar 299,1 kN/m². Dan untuk tegangan efektif rata – rata terkecil pada tebal LTP 1 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar 276,1 kN/m².

D. Safety Factor

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, nilai safety factor pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,188, dapat dilihat pada Gambar 4.116.

Reached total time	5999 day
CSP - Relative stiffness	7.933E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1250 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.188

Gambar 4.116 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, nilai safety factor pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,263 , dapat dilihat pada Gambar 4.117.

Reached total time	5999 day
CSP - Relative stiffness	9.811E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1258 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.263

Gambar 4.117 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, nilai safety factor pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,986, dapat dilihat pada Gambar 4.118.

Reached total time	6001 day
CSP - Relative stiffness	0.03822E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1832 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.986

Gambar 4.118 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, nilai safety factor pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,963 dapat dilihat pada Gambar 4.119.

Reached total time	6001 day
CSP - Relative stiffness	-0.07646E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1939 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.963

Gambar 4.119 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, nilai safety factor pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,868, dapat dilihat pada Gambar 4.120.

Reached total time	5995 day
CSP - Relative stiffness	-0.05668E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1960 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.868

Gambar 4.120 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 10 tahun, nilai safety factor pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,891, dapat dilihat pada Gambar 4.121.

Reached total time	5995 day
CSP - Relative stiffness	0.1463E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1933 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.891

Gambar 4.121 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 10 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan nilai *safety factor* setelah konsolidasi 10 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perbandingan *Safety Factor* Setelah Konsolidasi 10 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	2,188	2,263
2.	1,5 m	2,986	2,963
3.	2 m	2,868	2,891

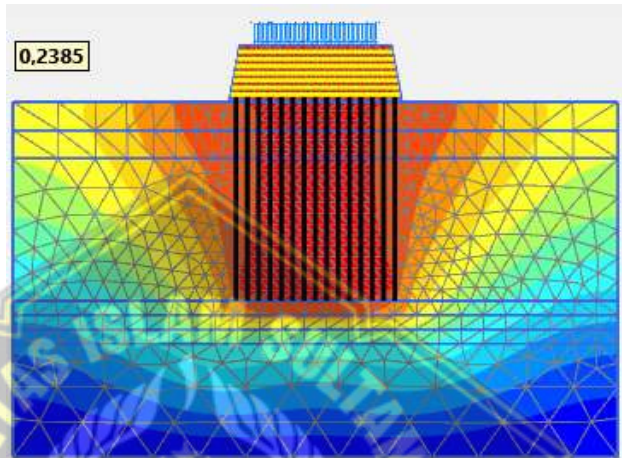
Nilai *safety factor* yang paling besar terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan nilai *safety factor* terbesar yaitu 2,986.

4.3.6 Keluaran Setelah Konsolidasi 30 Tahun

A. Total Penurunan Tanah

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

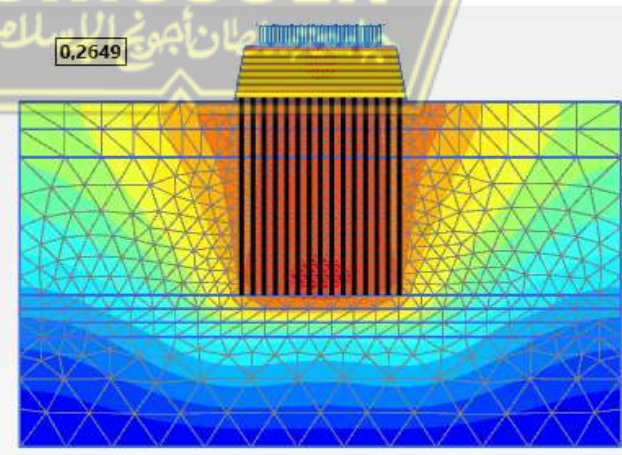
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.122.



Gambar 4.122 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

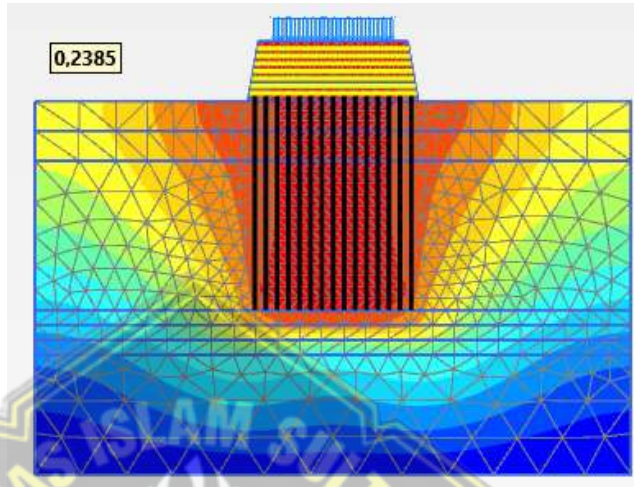
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2649 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.123.



Gambar 4.123 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

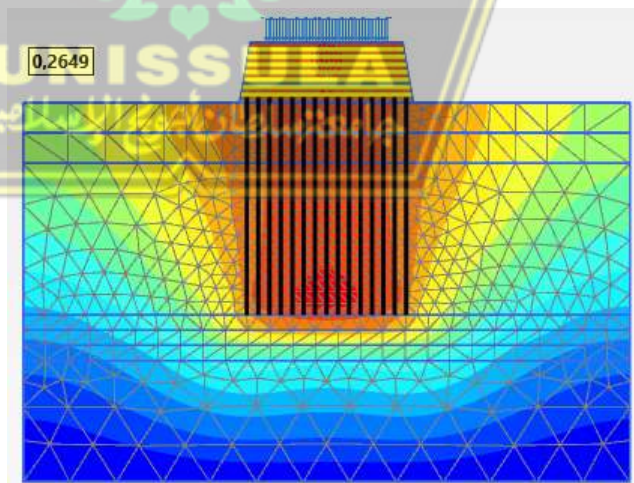
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2385 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.124.



Gambar 4.124 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

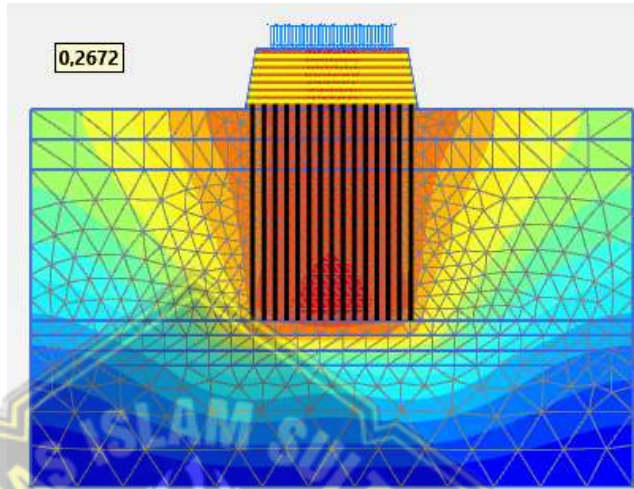
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2649 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.125.



Gambar 4.125 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

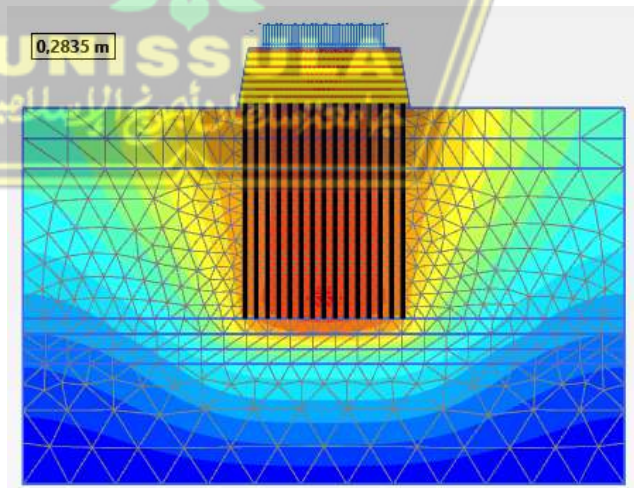
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 0,2672 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.126.



Gambar 4.126 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, total penurunan tanah pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 0,2835 meter, dapat dilihat pada Gambar 4.127.



Gambar 4.127 Total Penurunan Tanah Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil total penurunan tanah setelah konsolidasi 30 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Perbandingan Total Penurunan Tanah Setelah Konsolidasi 30 Tahun

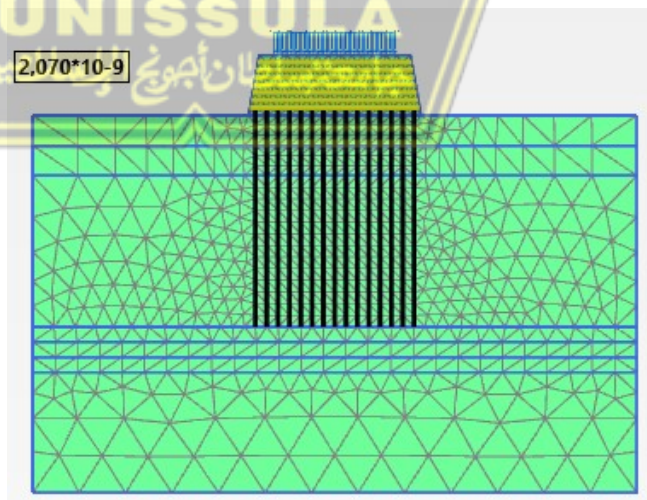
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	0, 2385 m	0, 2649 m
2.	1,5 m	0, 2385 m	0, 2649 m
3.	2 m	0, 2672 m	0, 2835 m

Total penurunan tanah yang paling rendah terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan penurunan tanah terendah yaitu 0,2385 m.

B. Tekanan Air Pori Berlebih

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

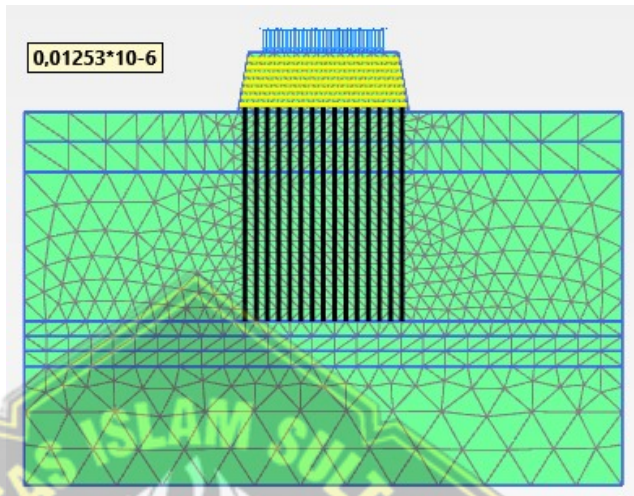
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $2,070 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.128.



Gambar 4.128 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

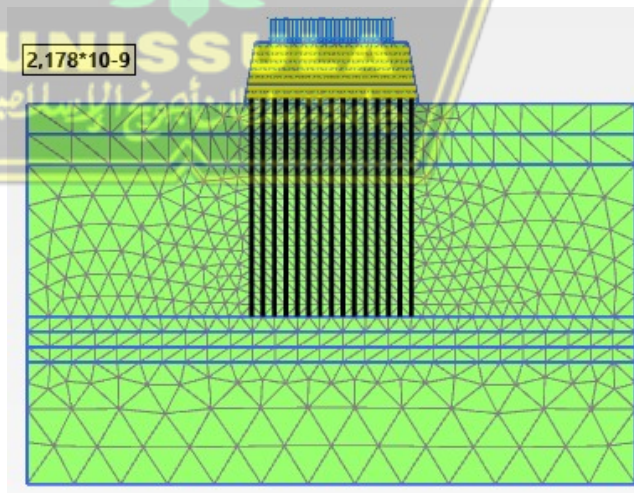
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,01253 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.129.



Gambar 4.129 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

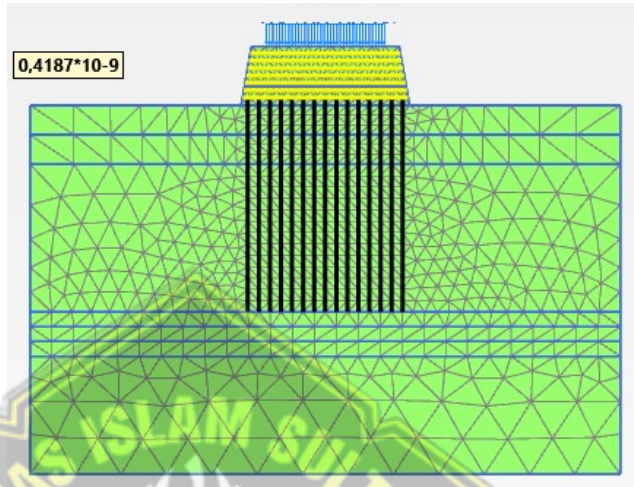
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $2,178 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.130.



Gambar 4.130 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

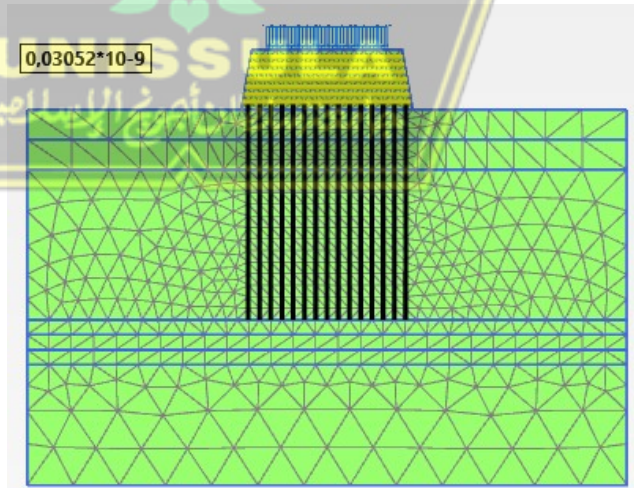
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,4187 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.131.



Gambar 4.131 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

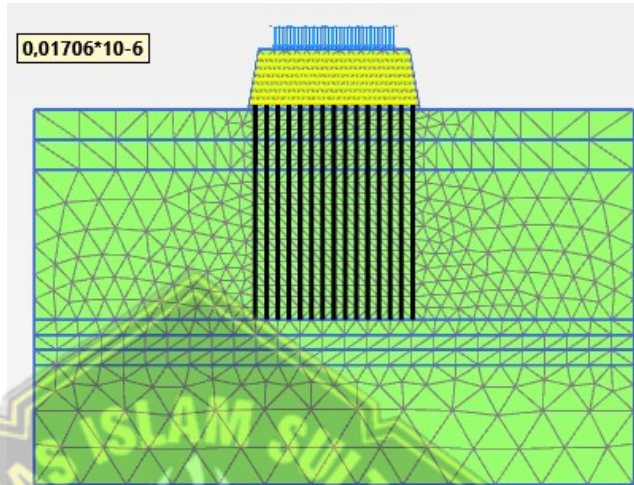
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar $0,03052 \times 10^{-9}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.132.



Gambar 4.132 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tekanan air pori berlebih pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar $0,01706 \times 10^{-6}$ kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.133.



Gambar 4.133 Tekanan Air Pori Berlebih Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tekanan air pori berlebih setelah konsolidasi 30 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Perbandingan Tekanan Air Pori Berlebih Setelah Konsolidasi 30 Tahun

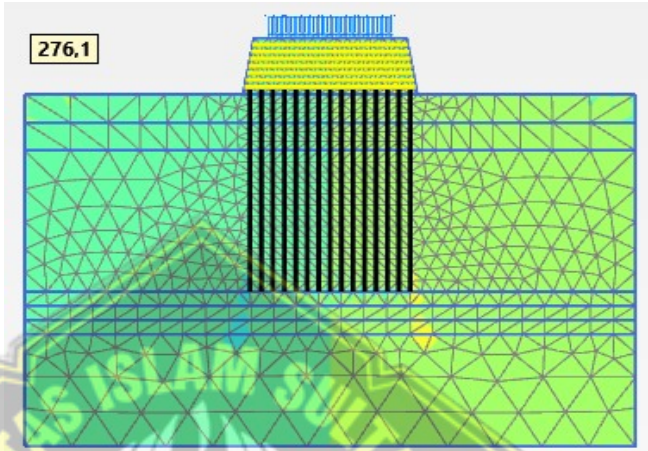
NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	$2,070 \times 10^{-9}$ kN/m ²	$0,0123 \times 10^{-6}$ kN/m ²
2.	1,5 m	$2,178 \times 10^{-9}$ kN/m ²	$0,4187 \times 10^{-9}$ kN/m ²
3.	2 m	$0,03052 \times 10^{-9}$ kN/m ²	$0,01706 \times 10^{-6}$ kN/m ²

Tekanan air pori berlebih terkecil terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar $0,03952 \times 10^{-9}$ kN/m². Dan untuk tekanan air pori berlebih terbesar pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar $0,01706 \times 10^{-6}$ kN/m².

C. Tegangan Efektif Rata – Rata

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

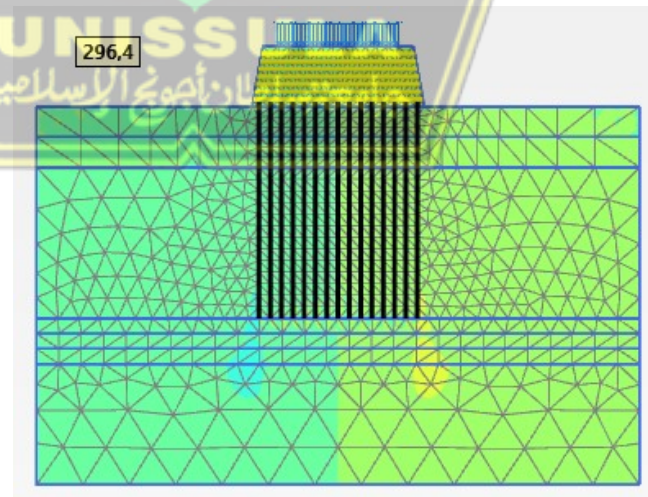
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 276,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.134.



Gambar 4.134 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

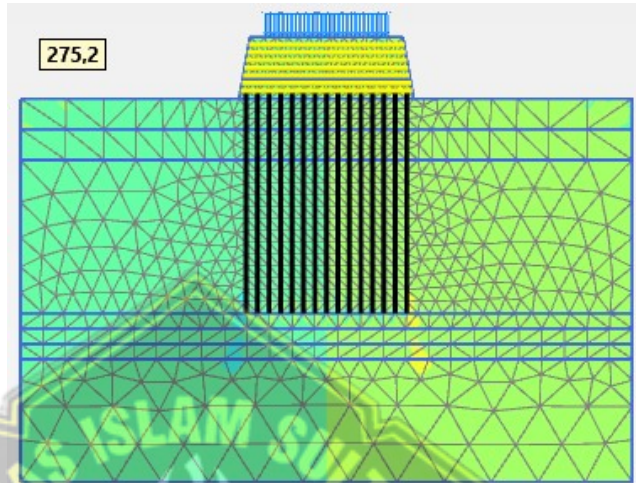
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 296,4 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.135.



Gambar 4.135 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

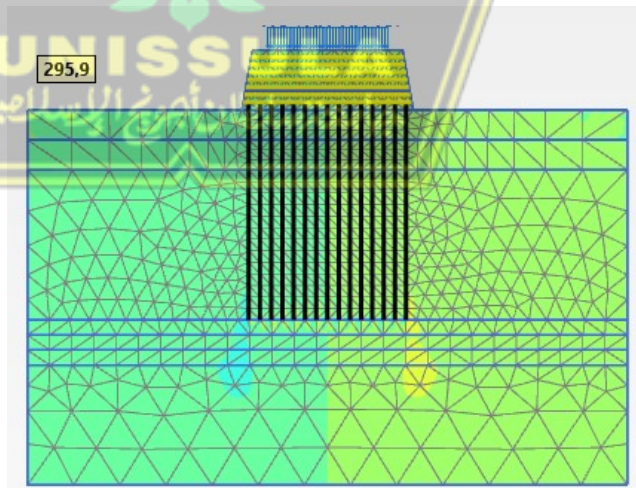
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 275,2 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.136.



Gambar 4.136 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

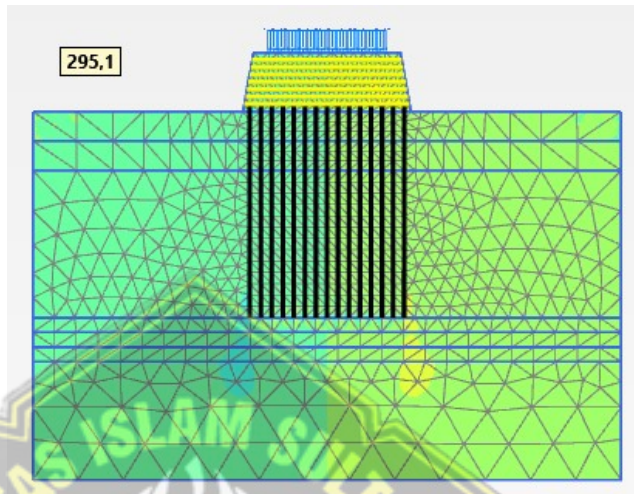
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 295,9 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.137.



Gambar 4.137 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

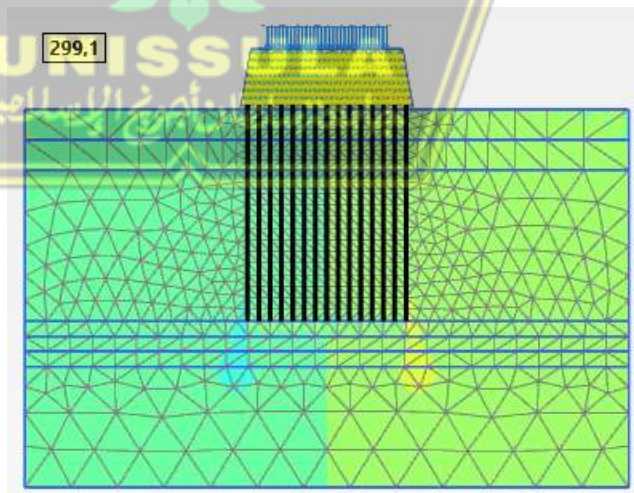
Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 295,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.138.



Gambar 4.138 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, tegangan efektif rata – rata pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 299,1 kN/m², dapat dilihat pada Gambar 4.139.



Gambar 4.139 Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan hasil tegangan efektif rata – rata setelah konsolidasi 30 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Perbandingan Tegangan Efektif Rata – Rata Setelah Konsolidasi 30 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	276,1 kN/m ²	296,4 kN/m ²
2.	1,5 m	275,2 kN/m ²	295,9 kN/m ²
3.	2 m	295,1 kN/m ²	299,1 kN/m ²

Tegangan efektif rata – rata terbesar terjadi pada tebal LTP 2 meter dengan beban 40 kN/m² sebesar 299,1 kN/m². Dan untuk tegangan efektif rata – rata terkecil pada tebal LTP 1 meter dengan beban 15 kN/m² sebesar 276,1 kN/m².

D. Safety Factor

1. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,188, dapat dilihat pada Gambar 4.140.

Reached total time	16.95E3 day
CSP - Relative stiffness	7.938E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1250 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.188

Gambar 4.140 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 15 kN/m²

2. LTP Tebal 1 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,263, dapat dilihat pada Gambar 4.141.

Reached total time	16.95E3 day
CSP - Relative stiffness	-3.428E-9
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1258 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.263

Gambar 4.141 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 30 tahun
Pada LTP Tebal 1 Meter dengan Beban 40 kN/m²

3. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,985, dapat dilihat pada Gambar 4.142.

Reached total time	16.95E3 day
CSP - Relative stiffness	0.02304E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1832 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.985

Gambar 4.142 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 30 tahun
Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 15 kN/m²

4. LTP Tebal 1,5 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 1,5 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,963, dapat dilihat pada Gambar 4.143.

Reached total time	16.95E3 day
CSP - Relative stiffness	-0.07642E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1939 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.963

Gambar 4.143 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 1,5 Meter dengan Beban 40 kN/m²

5. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 15 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 15 kN/m² sebesar 2,348, dapat dilihat pada Gambar 4.144.

Reached total time	16.95E3 day
CSP - Relative stiffness	-0.05884E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1960 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.868

Gambar 4.144 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 15 kN/m²

6. LTP Tebal 2 Meter Dengan Beban 40 kN/m²

Setelah terkonsolidasi 30 tahun, nilai *safety factor* pada konstruksi LTP tebal 2 meter dengan Beban 40 kN/m² sebesar 2,891, dapat dilihat pada Gambar 4.145.

Reached total time	16.95E3 day
CSP - Relative stiffness	0.1452E-6
ForceX - Reached total force X	0.000 kN
ForceY - Reached total force Y	0.000 kN
Pmax - Reached max pp	1933 kN/m ²
ΣM_{stage} - Reached phase proportion	0.000
ΣM_{weight} - Reached weight proportion	1.000
ΣM_{sf} - Reached safety factor	2.891

Gambar 4.145 Nilai *Safety Factor* Setelah konsolidasi 30 tahun Pada LTP Tebal 2 Meter dengan Beban 40 kN/m²

7. Tabel Perbandingan

Setelah mendapatkan nilai *safety factor* setelah konsolidasi 30 tahun pada program *Plaxis v20* dengan variasi tebal LTP dan variasi pembebanan, maka dapat dilihat perbandingan hasil antara setiap variasi pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Perbandingan *Safety Factor* Setelah Konsolidasi 30 Tahun

NO	Tebal LTP	Beban 15 kN/m ²	Beban 40 kN/m ²
1.	1 m	2,188	2,263
2.	1,5 m	2,985	2,963
3.	2 m	2,868	2,891

Nilai *safety factor* yang paling besar terjadi pada variasi yang ketebalan LTPnya sama dengan jarak *pile* yaitu tebal 1,5 meter. Pada variasi tebal LTP 1,5 meter dengan beban 15 kN/m² merupakan nilai *safety factor* terbesar yaitu 2,985.

4.3.7 Table Perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan dengan program plaxis v20, Maka hasil dapat ditabelkan sesuai dengan fase konstruksi. Terdapat pada Tabel 4.28, Tabel 4.29, Tabel 4.30.

Tabel 4.28 Hasil Perhitungan Tebal LTP 2 Meter

Tahapan	Total Penurunan (m)		Excess Pore Pressure		Safety Factor		Effective Stress	
	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²
LTP	0,1519 m	0,1519 m	733,7 kN/m ²	733,7 kN/m ²	5,977	5,977	165,6 kN/m ²	165,6 kN/m ²
Pembebanan	0,2665 m	0,2810 m	35,08 kN/m ²	31,37 kN/m ²	3,029	3,022	297,4 kN/m ²	298,7 kN/m ²
Konsolidasi 1 tahun	0,2671 m	0,2835 m	0,01580 kN/m ²	0,8624x10 ⁻³ kN/m ²	2,984	2,963	295 kN/m ²	299 kN/m ²
Konsolidasi 5 tahun	0,2672 m	0,2835 m	0,01861x10 ⁻³ kN/m ²	0,3375x10 ⁻⁶ kN/m ²	2,868	2,891	295,1 kN/m ²	299,1 kN/m ²
Konsolidasi 10 tahun	0,2672 m	0,2844 m	2,633x10 ⁻⁹ kN/m ²	0,6522x10 ⁻⁶ kN/m ²	2,868	2,891	295,1 kN/m ²	299,1 kN/m ²
Konsolidasi 30 tahun	0,2672 m	0,2835 m	0,03052x10 ⁻⁹ kN/m ²	0,01706x10 ⁻⁶ kN/m ²	2,868	2,891	295,1 kN/m ²	299,1 kN/m ²

Tabel 4.29 Hasil Perhitungan Tebal LTP 1,5 Meter

Tahapan	Total Penurunan (m)		Excess Pore Pressure		Safety Factor		Effective Stress	
	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²
LTP	0,1471 m	0,1471 m	685,1 kN/m ²	658,1 kN/m ²	6,273	6,273	163,8 kN/m ²	163,8 kN/m ²
Pembebanan	0,2373 m	0,2636 m	117,8 kN/m ²	44,15 kN/m ²	3,298	3,144	291,9 kN/m ²	298,2 kN/m ²
Konsolidasi 1 tahun	0,2385 m	0,2648 m	1,987x10 ⁻³ kN/m ²	0,5575x10 ⁻³ kN/m ²	2,984	2,963	275,1 kN/m ²	295,9 kN/m ²
Konsolidasi 5 tahun	0,2385 m	0,2649 m	5,038x10 ⁻⁶ kN/m ²	0,2131x10 ⁻⁶ kN/m ²	2,986	2,963	275,2 kN/m ²	295,9 kN/m ²
Konsolidasi 10 tahun	0,2385 m	0,2649 m	9,552x10 ⁻⁹ kN/m ²	8,6321x10 ⁻⁹ kN/m ²	2,986	2,963	275,2 kN/m ²	295,9 kN/m ²
Konsolidasi 30 tahun	0,2385 m	0,2649 m	2,178x10 ⁻⁹ kN/m ²	0,4187x10 ⁻⁹ kN/m ²	2,985	2,963	275,2 kN/m ²	295,9 kN/m ²

Tabel 4.30 Hasil Perhitungan Tebal LTP 1 Meter

Tahapan	Total Penurunan (m)		Excess Pore Pressure		Safety Factor		Effective Stress	
	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²	15 kN/m ²	40 kN/m ²
LTP	0,1429 m	0,1429 m	659,6 kN/m ²	659,6 kN/m ²	6,380	6,380	150,7 kN/m ²	150,7 kN/m ²
Pembebanan	0, 2376 m	0, 2640 m	102 kN/m ²	40,35 kN/m ²	2,643	2,554	292,5 kN/m ²	298,6 kN/m ²
Konsolidasi 1 tahun	0, 2385 m	0, 2649 m	0,7133x10 ⁻³ kN/m ²	0,4239x10 ⁻³ kN/m ²	2,188	2,261	276 kN/m ²	296,3 kN/m ²
Konsolidasi 5 tahun	0, 2385 m	0, 2649 m	0,5654x10 ⁻⁶ kN/m ²	0,3652x10 ⁻⁶ kN/m ²	2,188	2,262	276,1 kN/m ²	296,4 kN/m ²
Konsolidasi 10 tahun	0, 2385 m	0, 2649 m	0,01657x10 ⁻⁶ kN/m ²	0,03940x10 ⁻⁶ kN/m ²	2,188	2,263	276,1 kN/m ²	296,4 kN/m ²
Konsolidasi 30 tahun	0, 2385 m	0, 2649 m	2,070x10 ⁻⁹ kN/m ²	0,0123x10 ⁻⁶ kN/m ²	2,188	2,263	276,1 kN/m ²	296,4 kN/m ²

4.4 Pembahasan

Penggunaan variasi ketebalan pada LTP sangat mempengaruhi total penurunan yang terjadi pada timbunan, dimana pada timbunan ini, total penurunan paling kecil terdapat pada variasi ketebalan LTP 1,5 meter atau pada ketebalan LTP yang sama dengan jarak antar tiang dan penurunan paling besar terdapat pada variasi ketebalan LTP 2 meter.

Penurunan total dan nilai *safety factor* pada timbunan ini juga dipengaruhi oleh beban yang berada diatas timbunan, dimana pada variasi pembebanan 15 kN/m² mengalami penurunan yang lebih kecil dari pembebanan 40 kN/m², Sedangkan pada angka *safety factor* untuk pembebanan 15 kN/m² memiliki angka yang lebih besar dari angka *safety factor* pembebanan 40 kN/m².

Tegangan efektif yang terjadi pada timbunan ini dipengaruhi oleh beban yang bekerja diatas timbunan dimana pada variasi beban 15 kN/m² memiliki nilai tegangan efektif yang semakin besar dibandingkan variasi beban dan Tegangan air pori berlebih pada timbunan ini juga dipengaruhi oleh beban yang bekerja di atas timbunan dan penurunan yang terjadi pada timbunan dimana pada variasi beban 40 kN/m² dan variasi yang penurunannya lebih tinggi memiliki nilai tekanan air pori berlebih yang semakin kecil.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis bab sebelumnya pada ketiga pemodelan dengan variasi ketebalan LTP (*Load Transfer Platform*) yaitu 1 meter, 1,5 meter dan 2 meter serta dengan dua variasi pembebanan yaitu 15 kN/m² dan 40 kN/m² menggunakan program *Plaxis v20* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penurunan timbunan yang terjadi setelah penggunaan *pile embankment*, yaitu dengan menggunakan variasi beban 15 kN/m² dan 40 kN/m². Sesuai dengan analisa dapat disimpulkan bahwa pada pembebanan 15 kN/m² memiliki penurunan yang lebih rendah dibandingkan dengan pembebanan 40 kN/m²,
2. Penggunaan variasi ketebalan LTP sangat mempengaruhi penurunan yang terjadi pada timbunan, yaitu menggunakan perbandingan antara jarak antar *pile* 1,5 meter dengan ketebalan LTP 1 meter, 1,5 meter dan 2 meter. Sesuai dengan analisa didapatkan hasil penurunan setelah konsolidasi 30 tahun yaitu penurunan terkecil terjadi pada ketebalan LTP 1,5 meter (ketebalan LTP sama dengan jarak antar tiang) hal tersebut dikarenakan apabila LTP terlalu tebal maka beban yang akan diterima *pile* akan semakin besar sedangkan jika tebal LTP terlalu tipis maka beban yang ada pada timbunan tidak dapat disalurkan secara merata ke *pile* melalui *platform*.
3. Setelah tanah terbebani dan terkonsolidasi 30 tahun, tekanan air pori akan terus mengalami penurunan, dari hasil analisis juga didapatkan jika semakin besar beban maka tekanan air pori akan semakin kecil dan dari hasil analisis setelah timbunan terkonsolidasi 30 tahun, tegangan efektif pada pembebanan 40 kN/m² memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan pembebanan 15 kN/m².
4. Untuk angka keamanan atau *safety factor* semua variasi relatif aman, semua variasi memiliki nilai keamanan >1,5.

5.2 Saran

Dari hasil tugas akhir yang telah kami kerjakan, ada beberapa saran dan masukan untuk pembaca maupun pengembang tugas akhir ini, meliputi :

1. Pada saat melakukan penelitian hendaknya dapat menambahkan variasi yang lebih banyak, baik dari ketebalan LTP maupun variasi pembebanan.
2. Menambahkan pemodelan dengan berbagai macam program numeric, misalnya ditambahkan dengan program geostudio atau sejenisnya.
3. Memperbanyak data tanah/parameter tanah yang digunakan agar bisa dibandingkan hasilnya.



DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Tommy, and Andryan Suhendra. 2018. "Aplikasi Material Geosintetik Pada Konstruksi Timbunan Di Atas Tiang (Piled Embankment)." *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil* 1(1): 231.
- Arifanto, Mada, and Edi Santoso. 2015. "Politeknik Manufaktur Astra." 10(8): 1–9.
- Grace Bahagiarni, Sirait. 2012. "UNIVERSITAS SUMATERA UTARA Poliklinik UNIVERSITAS SUMATERA UTARA." *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota* 1(3): 82–91.
- Hamdhan, Indra Noer, and Fauziah Fitriani Iskandar. 2019. "Analisis Perkuatan Timbunan Di Atas Tanah Lunak Menggunakan Dinding Turap Dengan Pendekatan Model Numerik." *Media Komunikasi Teknik Sipil* 25(1): 48.
- Kholis Afif, Ahmad. "Studi Kasus Kolom Grout Modular (KGM) Terhadap Penurunan Dan Stabilitas Timbunan Oprit Jembatan Di Atas Tanah Lunak Related Papers."
- Lestari, Rini Trisno et al. 2022. "MENGUNAKAN SOFTWARE PLAXIS (Variation Analysis Of Compacting Embankment Height In Soft Soil Using Software Plaxis)." 2(1): 61–65.
- Numan, Ahmad, Rakhman Taufik, Syamsi Mahmud Alamsyah, and Maulana Iqbal. 2014. "Efek Busur Distribusi Beban Pada Timbunan Bertiang Dengan Perkuatan Geogrid (Arching Effect of Load Distribution in Piled Embankment with Geogrid Reinforcement)." *Jalan-Jembatan* 31(3): 132–44.
- Sompie, O B A et al. 2011. "Rekayasa Geoteknik Dalam Disain Dam." 1(2): 90–95.
- Sukiman, Nurul Annisa, and Yuki Achmad Yakin. 2017. "Analisis Deformasi Dan Tekanan Air Pori Ekses Pada Tanah Lempung Lunak Akibat Beban Timbunan." *Reka Racana: Jurnal Online Institut Teknologi Nasional* 3(2): 1–12.

Tay, Pretty Angelina, Fiona Swasti Adi, Daniel Tjandra, and Paravita Sri Wulandari. 2014. "Analisa Perkuatan Geotekstil Pada Timbunan Konstruksi Jalan Dengan Plaxis 2D." : 1–8.

Yani, Ahmad, Semarang Widiyanto Imanudin, and Indra Noer Hamdhan. 2021. "Analisis Perbaikan Tanah Lunak Menggunakan Metode Kolom Grout Modular Pada Area Pick Up Zone Di Bandar Udara Internasional Jenderal." *Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir*: 85–90.

Yosieguspa, Yosieguspa, and Wirdattaul Humaeroh. 2020. "Tinjauan Pelaksanaan Pekerjaan Timbunan Tanah Pada Proyek Pembangunan Lapangan Parkir Jakabaring Sport City Palembang." *Jurnal Deformasi* 5(1): 11.

Zhafirah, Athaya, and Dewi Amalia. 2019. "Perencanaan Preloading Dengan Penggunaan Prefabricated Vertical Drain Untuk Perbaikan Tanah Lunak Pada Jalan Tol Pejagan-Pemalang." *Potensi : Jurnal Sipil Politeknik* 21(1): 10.

