

**ANALISIS NUMERIK PERKERASAN SISTEM PELAT
TERPAKU PADA TIMBUNAN DI ATAS
TANAH LUNAK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Teknik
Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Riau
Pekanbaru



Oleh :

MAIRIA OCTAVIANI

13 311 0004

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU**

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS NUMERIK PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

DISUSUN OLEH :

MAIRIA OCTAVIANI
NPM. 133110004

Diperiksa dan Disetujui oleh :

Dr. Anas Puri, ST., MT
Pembimbing I



Tanggal : **APPROVED**
By Anas Puri at 9:14 pm, Jan 07, 2021

Roza Mildawati, ST., MT
Pembimbing II



Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

ANALISIS NUMERIK PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

DISUSUN OLEH :

MAIRIA OCTAVIANI


NPM. 133110004

Telah Disetujui Didepan Dewan Penguji Tanggal 15 Desember 2020 Dan
Dinyatakan Telah Memenuhi Syarat Untuk Diterima


SUSUNAN DEWAN PENGUJI

RECEIVED

By Anas Puri at 9:12 pm, Jan 07, 2021


Dr. Anas Puri, ST., MT

Dosen Pembimbing I


Roza Mildawati, ST., MT

Dosen Pembimbing II


Firman Syarif, ST., M.Eng

Dosen Penguji

Pekanbaru, Januari 2021
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademis (Strata Satu) di Universitas Islam Riau
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain secara tertulis dengan jelas dicantumkan di dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Pekanbaru, Desember 2020



MAIRIA OCTAVIANI
133110004

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan Rahmat dan Hidayah-Nya berupa akal, pikiran serta kesehatan jasmani dan rohani kepada penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar Muhammad SAW, berkat perjuangan beliau kita bisa menikmati ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Dengan melalui proses yang panjang akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Analisis Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Timbunan di Atas Tanah Lunak”** yang disusun sebagai persyaratan mengikuti kurikulum akademis pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau sebagai syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST).

Penelitian ini menganalisa variasi tebal timbunan terhadap deformasi pelat, tegangan dalam tanah dan gaya dalam pada pelat pada perkerasan sistem pelat terpaku satu baris tiang.

Mengingat keterbatasan yang penulis miliki, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Terimakasih.

Pekanbaru, Desember 2020

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamualaikum warahamatullahi wabarakatuh,

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Dan dengan kerendahan hati penulis ingin menyampaikan dan mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulis dengan memberikan dorongan dan dukungan yang tak terhingga terutama kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, SH., MCL, selaku Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng. Muslim, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, M.Sc, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT, selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan pembimbing I.
5. Bapak Akmar Efendi, S.kom, M.Kom selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST., M.Si, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
7. Ibu Sapitri, ST., MT, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil.
8. Ibu Roza Mildawati, ST., MT, selaku Dosen Pembimbing II.
9. Bapak Firman Syarif, ST, M.Eng selaku Dosen Penguji.
10. Seluruh Staf Pengajar/Dosen Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Seluruh Karyawan/Karyawati Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Kedua orang tua tersayang, Bapak Sismono dan Ibu Siti Bulqis yang selalu memberikan doa terbaik serta dukungan dan semangat yang tiada henti.
13. Adik tersayang, Muhammad Bar'i Irsyad yang telah memberikan doa dan motivasi serta menjadi penyemangat dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

14. Sepupu terbaik Adil Trisema yang selalu bersedia menjadi tempat berkeluh kesah dan juga memberi nasehat saat mengalami segala hambatan selama mengerjakan Tugas Akhir ini.
15. Para pembimbing dadakan Nurul Hafizha, Okta Restu Putri, Ferly Oktavia, Rozana, Anggi Suryani, dan Darmawati yang selalu setia dan sabar mengingatkan dan memberikan semangat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Para “Yes Man” Harits Fajri, Mochamad Ali Mustofa dan Radilah Atma yang selalu menemani dan meredakan kegilaan yang sering melanda selama pengerjaan Tugas Akhir.
17. Sahabat-sahabat seperjuangan, kelas A angkatan 13 yang telah membantu dan memberi motivasi, serta membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
18. Teman dan rekan-rekan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau seluruh angkatan dan khususnya angkatan 2013 yang telah memberikan dorongan, kritik dan saran serta ide-ide dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, serta pihak-pihak lain yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca serta segala amal baik kita mendapat balasan yang setimpal dari Allah SWT.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Pekanbaru, Desember 2020

MAIRIA OCTAVIANI
133110004

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN		
KATA PENGANTAR		i
UCAPAN TERIMAKASIH		ii
DAFTAR ISI		iv
DAFTAR TABEL		vii
DAFTAR GAMBAR		viii
DAFTAR NOTASI		x
DAFTAR LAMPIRAN		xii
ABSTRAK		xiii
BAB I	PENDAHULUAN	1
	1.1 Latar Belakang	1
	1.2 Rumusan Masalah	2
	1.3 Tujuan Penelitian	2
	1.4 Manfaat Penelitian	3
	1.5 Batasan Masalah	3
BAB II	TINJAUAN PUSTAKA	4
	2.1 Umum	4
	2.2 Penelitian Terdahulu	4
	2.3 Keaslian Penelitian	11
BAB III	LANDASAN TEORI	12
	3.1 Sistem Pelat Terpaku	12
	3.1.1 Fungsi tiang, kelebihan dan kekurangan sistem pelat terpaku	14
	3.2 Tanah Dasar	16
	3.2.1 Tipe-tipe Tanah Dasar	16

3.3	Parameter Tanah	17
3.4	Lempung Lunak	23
3.4.1	Kuat Geser Tanah Lempung	23
3.5	Metode Elemen Hingga.....	24
3.5.1	Deformasi	25
3.5.2	Tegangan	29
3.5.3	Gaya Dalam	30
3.5.4	Konsolidasi	30
3.6	Program Plaxis 2D	35
3.6.1	Pemodelan Plaxis	36
3.6.2	Pemodelan Pelat Terpaku dengan tiang kelompok.....	37
3.6.3	Jenis Perilaku Material	39
3.7	Beton	41
3.8	Timbunan	42
BAB IV	METODE PENELITIAN	43
4.1	Data Acuan Penelitian	43
4.1.1	Parameter tanah	44
4.1.2	Parameter pelat dan tiang	44
4.2	Objek Penelitian	45
4.3	Tahapan Penelitian	46
4.4	Cara Analisa	50
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	57
5.1	Deskripsi Umum	57
5.2	Perilaku Sistem Pelat Terpaku Akibat Pengaruh Variasi Tebal Timbunan	57
5.1.1	Deformasi pada Pelat Terpaku	58
5.1.1.1	Deformasi pada pelat	68
5.1.1.2	Deformasi pada tiang	61
5.1.2	Tegangan dalam Tanah	66

5.1.2.1 Tegangan efektif	66
5.1.2.2 Tegangan total	70
5.1.3 Gaya Dalam pada Pelat Terpaku	74
5.1.3.1 Gaya aksial	74
5.1.3.2 Gaya geser	79
5.1.3.3 Momen lentur	86
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	94
6.1 Kesimpulan	94
6.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Ringkasan penelitian terdahulu	7
Tabel 3.1	Nilai perkiraan modulus elastisitas tanah	19
Tabel 3.2	Nilai-nilai tipikal <i>Poisson's ratio</i>	19
Tabel 3.3	Hubungan kuat tekan bebas dan konsistensi tanah	20
Tabel 3.4	Berat jenis tanah	21
Tabel 3.5	Nilai koefisien permeabilitas tanah	22
Tabel 3.6	Nilai n , e , γ_d , γ_m , untuk tanah keadaan asli dilapangan	22
Tabel 4.1	Model dan parameter tanah	44
Tabel 4.2	Model dan parameter pelat dan tiang	45
Tabel 4.3	Variasi model pelat terpaku	47
Tabel 5.1	Deformasi pada Sistem Pelat Terpaku	64
Tabel 5.2	Tegangan efektif dalam tanah	69
Tabel 5.3	Tegangan total dalam tanah	73
Tabel 5.4	Momen Lentur pada Pelat	78
Tabel 5.5	Gaya aksial pada Sistem Pelat Terpaku	84
Tabel 5.6	Gaya geser pada Sistem Pelat Terpaku	91
Tabel A.1	Parameter material struktur pelat	A-1
Tabel A.2	Parameter material struktur tiang	A-2
Tabel A.3	Deformasi pada pelat terpaku	A-6
Tabel A.4	Gaya Dalam pada pelat terpaku	A-8
Tabel B.1	Model dan parameter tanah	B-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Perkerasan beton sistem pelat terpaku	13
Gambar 3.2	Tampang sistem pelat terpaku	13
Gambar 3.3	Hubungan ϕ' dan N-SPT	18
Gambar 3.4	Ilustrasi pemodelan	36
Gambar 3.5	Bidang leleh Mohr-Coulomb	37
Gambar 3.6	Bidang leleh Mohr-Coulomb dalam ruang tegangan utama	37
Gambar 4.1	Skema uji skala penuh pelat terpaku satu baris tiang	43
Gambar 4.2	Pemodelan perkerasan sistem pelat terpaku satu baris tiang	46
Gambar 4.3	Bagan alir penelitian	49
Gambar 4.4	Pengaturan global Plaxis	51
Gambar 4.5	Pemodelan perkerasan sistem pelat terpaku	52
Gambar 4.6	Jendela material	52
Gambar 4.7	Pengaturan jaring elemen	53
Gambar 4.8	Tahapan kondisi awal (<i>innitial condition</i>)	54
Gambar 4.9	Tahapan kalkulasi	55
Gambar 4.10	Tampilan output plaxis	56
Gambar 5.1	Model pelat terpaku satu baris tiang dengan timbunan 2 m	58
Gambar 5.2	Hasil deformasi pelat analisa beban di pinggir.....	59
Gambar 5.3	Hasil deformasi pelat analisa beban di tengah	61
Gambar 5.4	Hasil deformasi pada tiang 1 analisa beban di pinggir.....	62
Gambar 5.5	Hasil deformasi pada tiang 3 analisa beban di tengah.....	63
Gambar 5.6	Hasil deformasi pada pelat	65
Gambar 5.7	Hasil deformasi pada tiang di dekat beban	65
Gambar 5.8	Tegangan efektif di dekat beban analisa beban di pinggir	67
Gambar 5.9	Tegangan efektif di dekat beban analisa beban di tengah	68
Gambar 5.10	Tegangan efektif dalam tanah	70
Gambar 5.11	Tegangan total dalam tanah analisa beban di pinggir pelat	71
Gambar 5.12	Tegangan total dalam tanah analisa beban di tengah pelat	72

Gambar 5.13 Tegangan total dalam tanah	74
Gambar 5.14 Momen lentur pada pelat analisa beban di pinggir	75
Gambar 5.15 Momen lentur pada pelat analisa beban di tengah	77
Gambar 5.16 Momen lentur pada pelat	78
Gambar 5.17 Gaya aksial pada pelat analisa beban di pinggir	80
Gambar 5.18 Gaya aksial pada pelat analisa beban di tengah	81
Gambar 5.19 Gaya aksial pada tiang 1 analisa beban di pinggir	82
Gambar 5.20 Gaya aksial pada tiang 3 analisa beban di tengah	84
Gambar 5.21 Gaya aksial pada pelat	85
Gambar 5.22 Gaya aksial pada tiang di dekat beban	85
Gambar 5.23 Gaya geser pada pelat analisa beban di pinggir.....	87
Gambar 5.24 Gaya geser pada pelat analisa beban di tengah	88
Gambar 5.25 Gaya geser pada tiang 1 analisa beban di Pinggir	89
Gambar 5.26 Gaya geser pada tiang 3 analisa beban di tengah	91
Gambar 5.27 Gaya geser pada pelat	92
Gambar 5.28 Gaya geser pada tiang di dekat beban	92
Gambar A.1 Pemodelan sistem pelat terpaku satu baris tiang	A-1
Gambar A.2 Idealisasi geometri pelat terpaku	A-3
Gambar A.3 Penyebaran beban roda	A-5
Gambar B.1 Pengaturan global plaxis	B-2
Gambar B.2 Pemodelan perkerasan sistem pelat terpaku	B-3
Gambar B.3 Jendela Material	B-3
Gambar B.4 Pengaturan jaring elemen	B-4
Gambar B.5 Tahapan kondisi awal	B-5
Gambar B.6 Tahapan kalkulasi	B-6
Gambar B.7 Tampilan output plaxis	B-7

DAFTAR NOTASI

A_p	= Luas permukaan tiang (m^2)
A_s	= Luas sisi tiang persatuan ke dalaman (m^2)
A_t	= Luas permukaan tiang (m^2)
b	= Lebar pelat (m)
B	= matriks interpolasi regangan
c	= Kohesi tanah (kN/m^2)
c'	= Kohesi tanah efektif (kN/m^2)
df_n	= vektor peningkatan beban
E	= Modulus Young (kN/m^2)
h_{raft}	= Tebal pelat (m)
K	= matriks kekakuan
K_w	= modulus bulk
L	= matriks penghubung
L_r	= Panjang komponen pelat dan tiang (m)
n	= porositas
$n_{p-row-i}$	= Jumlah tiang dalam baris ke-i
N	= fungsi interpolasi
p	= tekanan air pori (berlebih)
p_{-row-i}	= Jumlah tiang dalam baris ke-i
φ	= Sudut gesek dalam tanah (derajat)
φ'	= Sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)
R	= matriks permeabilitas
u	= tekanan air pori (kN/m^2)
u	= vektor perpindahan menerus
v	= vektor perpindahan titik nodal
τ	= Kuat geser tanah (kN/m^2)
σ	= Tegangan normal (kN/m^2)
γ_{raft}	= Berat volume pelat (kN/m^3)

γ_w = berat isi dalam pori
 w_p = Berat beton bertulang
 p_n = vektor tekanan air pori



Dokumen ini adalah Arsip Miik :
Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

A.1	Perhitungan modulus kekakuan pada pelat terpaku ..	A-1
A.2	Perhitungan beban kendaraan	A-5
A.3	Deformasi pada Plaxis 2D	A-6
A.4	Gaya Dalam pada Plaxis 2D	A-8

LAMPIRAN B LEMBAR KERJA PROGRAM PLAXIS

B.1	Analisa deformasi dan gaya dalam pada sistem pelat terpaku menggunakan metode elemen hingga	B-1
B.2	Analisa deformasi dan gaya dalam pada sistem pelat terpaku dengan metode elemen hingga menggunakan Plaxis 2D V 8.6	B-2

LAMPIRAN C SURAT-SURAT

ANALISIS NUMERIK PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

MAIRIA OCTAVIANI
133110004

Abstrak

Perkerasan Sistem Pelat Terpaku merupakan salah satu metode peningkatan kinerja perkerasan kaku pada tanah lunak yang dikembangkan dari Sistem Cakar Ayam Modifikasi untuk mengatasi masalah perkerasan jalan pada tanah lunak. Permasalahan yang kerap terjadi pada struktur jalan yang berada di atas tanah lunak adalah kembang susut tanah yang dapat meningkatkan tegangan pada perkerasan jalan akibat tidak meratanya dukungan tanah yang dapat mempercepat kerusakan seperti jalan bergelombang. Pada penelitian ini, dilakukan analisis untuk mengetahui perilaku deformasi dan gaya dalam pada Sistem Pelat Terpaku satu baris tiang dengan timbunan di atas tanah lunak.

Penelitian ini menggunakan data-data yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Puri, 2015). Variasi timbunan (0 m; 0,5 m; 1,0 m; 1,5 m; 2,0 m ; 3 m ; 4 m ; 6 m) dengan pembebanan terletak di pinggir dan di tengah pelat. Perhitungan deformasi dan gaya dalam pelat menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program plaxis versi 8.6.

Hasil analisa menunjukkan bahwa peningkatan nilai deformasi yang terjadi pada sistem pelat terpaku disebabkan beban roda, pelat dan tiang, dan juga beban dari timbunan, sehingga semakin tinggi timbunan maka semakin meningkat nilai deformasi. Namun penambahan tebal timbunan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap gaya dalam pada pelat, karena peningkatan nilai gaya dalam tidak bergantung pada penambahan tebal timbunan.

Kata kunci : deformasi, gaya dalam, sistem pelat terpaku, timbunan.

NUMERICAL ANALYSIS OF THE NAILED SLAB PAVEMENT SYSTEM ON THE EMBANKMENT ON SOFT SOIL

MAIRIA OCTAVIANI
133110004

Abstract

The Nailed Slab Pavement System is a method of improving the performance of rigid pavements on soft soils which was developed from the Cakar Ayam Modified System to solve the problem of pavement on soft soils. The problem that often occurs in road structures that are on soft soil is soil shrinkage which can increase stress on the pavement due to uneven ground support which can accelerate damage such as bumpy roads. In this study, an analysis was conducted to determine the deformation behavior and forces in a single row pile Nailed Slab System with embankments on soft soil.

This study uses data that refers to previous research (Puri, 2015). Variation of embankment (0 m; 0.5 m; 1.0 m; 1.5 m; 2,0 m ; 3 m ; 4 m ; 6 m) with loading located on the edge and in the middle of the plate. Calculation of deformation and force in plates using the finite element method with the help of the version 8.6 Plaxis program.

The results of the analysis show that the increase in deformation value that occurs in the Nailed Slab Pavement System is caused by wheel load, plates and pile, and also load of embankment, so the higher the embankment the higher the deformation value. But the addition of embankment thickness did not have a significant effect on the force on the Nailed Slab Pavement System, because the increase in force value does not depend on the addition of thickness of the embankment.

Keywords : *deformation, force, nailed slab pavement system, embankment.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam bidang teknik sipil, tanah mempunyai peranan penting dan merupakan salah satu unsur yang berpengaruh pada setiap struktur yang akan dibangun baik pada struktur bangunan maupun struktur perkerasan. Tanah asli di alam banyak yang tidak mampu mendukung beban berulang dari lalu lintas, sehingga perlu teknologi perkerasan jalan yang secara struktur mampu mendukung beban, umur layanan yang cukup panjang, pemeliharaan yang minimal, dan pelaksanaan pengerjaan yang praktis (Diana, 2016).

Permasalahan yang kerap terjadi pada struktur jalan di Indonesia adalah pada jalan yang berada di atas tanah lunak. Kembang susut tanah yang tidak terkontrol pada tanah lunak dapat meningkatkan tegangan pada perkerasan akibat tidak meratanya dukungan tanah yang dapat mempercepat kerusakan, seperti jalan bergelombang sehingga mengurangi fungsi layanan jalan dan berpengaruh terhadap aspek keselamatan pengguna jalan (Diana, 2016).

Tanah timbunan yang terletak pada tanah lempung lunak, bila dilalui lalu-lintas berat sering timbul vibrasi yang berlebihan, sedangkan dalam perancangan perkerasan jalan, umumnya didasarkan pada asumsi bahwa tanah-dasar sudah kokoh. Demikian pula, bila tanah-dasar mengalami kembang-susut oleh berubahnya musim. Masalah kerusakan perkerasan jalan juga dipengaruhi oleh muatan kendaraan yang berlebihan (Hardiyatmo, 2015).

Ada beberapa solusi dalam mengatasi masalah perkerasan jalan pada tanah lunak, misalnya penggunaan stabilisasi tanah, perkuatan tanah, *embankment on pile* (dengan *individual pile cap* maupun *continuous pile cap*), fondasi Konstruksi Sarang Laba-laba, serta dengan perkerasan Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) dan perkerasan Sistem Pelat Terpaku (*Nailed-Slab System*), yang merupakan pengembangan dari Sistem Cakar Ayam (CA) Prof. Sedyatmo (1961).

Perkerasan Sistem Pelat Terpaku merupakan salah satu metode peningkatan kinerja perkerasan kaku pada tanah lunak yang dikembangkan dari Sistem Cakar Ayam Modifikasi, sehingga diharapkan perkerasan memberikan kemampuan layan yang baik; terhindar dari penurunan tidak seragam yang berlebihan dan *pumping*, serta mempunyai durabilitas yang tinggi (Puri, dkk, 2015).

Sistem pelat terpaku menggunakan *pile cap* tipis berupa perkerasan beton bertulang dan pada bagian bawah pelat terdapat tiang-tiang yang memperkuat pelat pada sistem pelat terpaku dan memaksimalkan perdistribusian beban dengan memanfaatkan lekatan antara tanah dan permukaan tiang. Tiang mengakibatkan tanah di sekitar tiang menjadi terkekang sehingga gerakan lateral berkurang dan penurunan semakin kecil.

Puri (2015) telah melakukan perhitungan semi-manual perencanaan awal skala penuh untuk pelat terpaku satu baris tiang. Belum dilakukan analisis pelat terpaku satu baris tiang pada timbunan di atas tanah lunak. Sehingga perlu dianalisa pengaruh timbunan terhadap stabilitas perkerasan pelat terpaku akibat penurunan konsolidasi tanah lunak.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan permasalahan dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi tinggi timbunan terhadap perilaku penurunan perkerasan sistem pelat terpaku pada timbunan di atas tanah lunak akibat beban ?
2. Bagaimana pengaruh variasi tinggi timbunan terhadap gaya dalam pada perkerasan sistem pelat terpaku di atas tanah lunak ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh variasi tinggi timbunan terhadap perilaku penurunan perkerasan sistem pelat terpaku pada timbunan di atas tanah lunak akibat beban.

2. Mengetahui pengaruh variasi tinggi timbunan terhadap gaya dalam pada perkerasan sistem pelat terpaku di atas tanah lunak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah :

1. Mendapat pengetahuan lebih dalam analisis deformasi pada Perkerasan Sistem Pelat Terpaku.
2. Mengenalkan dan mengaplikasikan program dalam bidang geoteknik yaitu Plaxis 2D untuk menyelesaikan permasalahan dalam analisis lendutan pelat beton.
3. Mempermudah perencanaan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku dengan menggunakan formula perancangan yang tepat dan sederhana.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini menjadi lebih sederhana, tetapi memenuhi persyaratan teknis maka perlu diambil beberapa batasan masalah diantaranya :

1. Objek dan data yang digunakan diambil dari hasil uji Pelat Terpaku satu baris tiang (Puri, 2015).
2. Tidak menghitung/membahas biaya konstruksi.
3. Menggunakan pelat dengan tebal 15 cm.
4. Hubungan pelat dengan tiang dianggap monolit..
5. Beban yang digunakan mengikuti dari penelitian sebelumnya (Puri, 2015).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka adalah kegiatan yang meliputi mencari, membaca dan mendengarkan laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Hasil dari kegiatan ini merupakan materi yang akan disajikan untuk menyusun dasar atau kerangka teori penelitian.

2.2 Penelitian Terdahulu

Sebagai pedoman dalam penulisan tugas akhir ini, diambil referensi dari beberapa penelitian terdahulu berupa disertasi, skripsi dan jurnal yang berhubungan dengan penelitian terkait perkerasan sistem pelat terpaku sebagai berikut.

Putri, dkk (2019), "*Analisis Variasi Faktor Aman Tambahan Modulus Reaksi Tanah Dasar Sistem Pelat Terpaku Tiang Pipa Beton Tunggal Pada Lempung Lunak*". Perkerasan Sistem Pelat Terpaku merupakan interaksi antara pelat beton-tiang-tanah untuk meningkatkan kekuatan, diharapkan perkerasan memberikan kemampuan yang baik serta terhindar dari penurunan yang tidak seragam akibat metode beban yang bekerja di sepanjang perkerasan. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada penggunaan faktor aman 1,0 memiliki lendutan yang lebih kecil dibandingkan dengan faktor aman lainnya. Analisis lendutan pada tiang untuk tahanan ujung tiang diperhitungkan ($Q_b \neq 0$) memiliki lendutan kecil berdasarkan lendutan toleransi ($\delta_a = 5\text{mm}$) sehingga pada desain sistem pelat terpaku lebih baik dengan memperhitungkan tahanan ujung tiang karena desain akan menjadi lebih aman.

Solihin, dkk (2019), "*Analisis Perkerasan Sistem Pelat Terpaku dengan Tiga Baris Tiang Pipa Beton pada Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga*". Perkerasan jalan pada Sistem Pelat Terpaku merupakan usulan aplikasi

perkuatan perkerasan jalan pada tanah lempung lunak. Analisis Pelat Terpaku menggunakan metode elemen hingga dimana Sistem Pelat Terpaku dimodelkan dengan permodelan *Plane Strain*. Hasil perhitungan akibat pengaruh variasi panjang tiang, variasi tebal pelat perkerasan dan variasi mutu beton ternyata mampu mereduksi lendutan yang terjadi pada pelat. Untuk tegangan desor dalam tanah di bawah beban menghasilkan tegangan yang lebih kecil akibat pengaruh penambahan panjang tiang, tebal pelat dan mutu beton. Sedangkan untuk tegangan geser dalam tanah di ujung tiang mengalami penurunan dan kenaikan tegangan yang tidak signifikan.

Oktavia, dkk (2019), "*Pengaruh Dimensi Tiang Mini dan Faktor Aman Terhadap lendutan Pelat Terpaku Tiang Tunggal*". Perkerasan Sistem Pelat Terpaku merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan konstruksi jalan pada tanah lunak. Hasil analisis menunjukkan bahwa besaran faktor aman mempengaruhi nilai lendutan hitungan. Lendutan hitungan meningkat dengan peningkatan faktor aman. Analisis perhitungan lendutan dengan ukuran *mini pile* yang semakin besar menghasilkan lendutan pelat yang semakin kecil. Variasi *SF* tidak berpengaruh signifikan terhadap momen pelat.

Martius (2019), "*Studi Eksperimental Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Timbunan Diatas Tanah Gambut dengan Panjang Berbeda*". Sistem pelat terpaku di atas tanah gambut juga merupakan salah satu solusi untuk memperkecil deformasi/penurunan. Pemakaian tiang pada pelat bertujuan untuk meningkatkan kekakuan pelat sehingga mampu mereduksi penurunan ketika dibebani. Pelat terpaku dengan satu baris tiang mengalami penurunan dan jungkit paling kecil dibanding model pelat terpaku lainnya, dan mendekati hasil metode analisis metode elemen hingga (MEH), dan memungkinkan untuk dijadikan dasar perencanaan pelat terpaku pada tanah timbun di atas tanah gambut.

Waruwu, dkk (2018), "*Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut*". Sistem pelat terpaku yang telah diuji secara kecil pada penelitian ini menunjukkan kinerja yang baik dalam meningkatkan daya dukung, meningkatkan stabilitas sistem dan timbunan, dan mereduksi penurunan. Perubahan panjang tiang lebih dominan mereduksi penurunan

dibandingkan perubahan jarak tiang. ikatan tiang dengan pelat berpengaruh secara signifikan pada tiang dengan panjang yang berbeda daripada tiang dengan jarak yang berbeda. Tiang-tiang yang memperkuat pelat pada Sistem Pelat Terpaku dapat memaksimalkan fungsi untuk mendistribusikan beban timbunan melalui kedalaman lapisan gambut dengan memanfaatkan lekatan antara tanah dan permukaan tiang.

Puri, dkk (2015), "*Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dengan Satu Baris Tiang*". Makalah ini menyajikan perhitungan semi-manual perencanaan awal skala penuh Pelat Terpaku satu baris tiang dan selanjutnya divalidasikan dengan hasil pengamatan dan dibandingkan dengan hitungan metode elemen hingga. Untuk menghitung lendutan pelat digunakan teori balok di atas fondasi elastis dengan menggunakan modulus reaksi *subgrade* dan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen dapat digunakan untuk perencanaan Pelat Terpaku dengan hasil desain pada zona aman, lebih praktis dalam penggunaannya.

Puri, A (2015), "*Studi Parametrik Perkerasan Jalan Beton Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lunak*". Perkerasan jalan tidak hanya menerima beban siklik oleh kendaraan, namun juga menerima beban akibat temperatur yang membuat perkerasan mengalami momen lentur bolak balik. Perkerasan jalan pada tanah lunak memerlukan tebal perkerasan yang lebih besar sehingga beban struktur juga bertambah. Panjang tiang berpengaruh terhadap lendutan Sistem Pelat Terpaku. Dimana semakin semakin besar rasio L_p/d akan menghasilkan lendutan yang semakin kecil, oleh karena *interface* tiang semakin luas sebagai akibat dari semakin panjangnya tiang, sehingga tahanan tiang juga bertambah. Sedangkan rasio jarak antar tiang s/d semakin kecil maka akan menghasilkan lendutan pada pelat yang semakin berkurang, oleh karena jarak antar tiang semakin rapat.

Puri, dkk (2015), "*Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak*". Pada penelitian ini dikaji tentang perilaku perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada lempung lunak akibat pembebanan, sehingga dapat diketahui kontribusi tiang-tiang dalam meningkatkan kekakuan sistem, dan

meningkatkan modulus reaksi tanah dasar ekivalen, serta sebagai validasi metode analisis yang diusulkan. Tiang-tiang pada Pelat memobilisasi kapasitas dukung tekan dan berfungsi sebagai angkur mencegah pelat terjungkit pada bagian yang menerima jungkitan. Persamaan dan kurva faktor pemindahan yang diusulkan untuk penentuan tambahan modulus reaksi tanah dasar dapat digunakan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kinerja sistem ini sangat menjanjikan untuk aplikasi lapangan.

Puri, dkk (2013), "*Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan*". Pada makalah ini disajikan perhitungan semi-manual pada perencanaan skala penuh Pelat Terpaku dan selanjutnya divalidasikan dengan hasil uji pembebanan. Untuk menghitung lendutan pelat digunakan teori balok di atas fondasi elastis dengan menggunakan modulus reaksi *Subgrade* ekivalen. Hasil hitungan lendutan ini dibandingkan dengan hitungan metode elemen hingga dan pengamatan. Dapat disimpulkan bahwa metode penentuan tambahan modulus reaksi *Subgrade* dan modulus reaksi *Subgrade* ekivalen dapat digunakan untuk perencanaan Pelat Terpaku dengan hasil desain pada zona aman, lebih praktis dalam penggunaannya, dan tidak memakan banyak waktu.

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian yang telah dilakukan terkait perkerasan sistem pelat terpaku

No	Referensi	Judul	Topik
1	Puri, dkk 2011	Studi Eksperimental Lendutan yang Diperkuat Tiang- tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak	Dilakukan uji skala model untuk mempelajari bagaimana mekanisme pelat terpaku yang diperkuat dengan tiang-tiang friksi pendek sebagai alternatif perkuatan sistem perkerasan kaku pada tanah lunak dalam memberikan kontribusi kestabilan terhadap lendutan.

Tabel 2.1 Lanjutan

2	Puri, dkk (2013)	Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan	Perhitungan semi-manual pada perencanaan pendahuluan skala penuh pelat terpaku dan dilanjutkan dengan validasi hasil uji pembebanan. Dapat disimpulkan bahwa metode penentuan tambahan modulus reaksi <i>subgrade</i> dan modulus reaksi <i>subgrade</i> ekuivalen dapat digunakan untuk perencanaan pelat terpaku.
3	Puri, dkk (2015)	Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak	Uji skala penuh pelat terpaku dengan lebar perkerasan 6 m dan diperkuat beberapa bari tiang pendek. Sistem pelat terpaku sebagai perkuatan pada perkerasan kaku guna mencegah kerusakan perkerasan akibat pengaruh rongga di bawah perkerasan, perbedaan penurunan dan pengaruh lingkungan seperti temperatur.
4	Puri, A (2015)	Studi Parametrik Perkerasan Jalan Beton Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lunak	Perilaku sistem pelat terpaku menggunakan hasil uji lapangan sistem cakar ayam modifikasi (CAM), untuk menentukan rancangan perkerasan sistem pelat terpaku. Lendutan pelat pada perkerasan sistem pelat terpaku cenderung lebih rendah dibanding sistem CAM.

Tabel 2.1 Lanjutan

5	Puri, dkk (2015)	Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dengan Satu Baris Tiang	Metode penentuan tambahan modulus reaksi <i>subgrade</i> dan modulus reaksi <i>subgrade</i> ekuivalen dapat digunakan untuk perencanaan awal Sistem Pelat Terpaku dengan hasil desain pada zona aman, lebih praktis dalam penggunaannya, dan tidak memakan banyak waktu. Desain didasarkan atas tinjauan satu baris tiang menghasilkan perencanaan lebih aman.
6	Waruwu, dkk (2018)	Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah gambut	Mempelajari pengaruh panjang dan jarak tiang terhadap reduksi penurunan baik pada tiang monolit maupun tidak monolit. Uji beban timbunan pada pelat berukuran 70 cm × 120 cm yang diperkuat tiang dengan panjang dan jarak yang berbeda pada lapisan tanah gambut.
7	Martius (2019)	Studi Eksperimental Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Timbunan Diatas Tanah Gambut dengan Panjang Berbeda	Mengamati dan menghitung penurunan pelat terpaku pada tanah timbunan di atas tanah gambut dengan tiang berbeda saat diberi beban dengan uji beban di laboratorium dan hitungan menggunakan metode elemen hingga.

Tabel 2.1 Lanjutan

8	Oktavia, dkk (2019)	Pengaruh Dimensi Tiang Mini dan Faktor Aman Terhadap Lendutan Pelat Terpaku Tiang Tunggal	Mempelajari pengaruh diameter tiang masif dan faktor aman terhadap lendutan pelat terpaku tiang tunggal. Perhitungan lendutan dan gaya dalam pelat menggunakan metode BoEF, berdasarkan tambahan modulus reaksi tanah dasar ekuivalen yang dibandingkan dengan lendutan hasil pengamatan.
9	Solihin, dkk (2019)	Analisis Perkerasan Sistem Pelat Terpaku dengan Tiga Baris Tiang Pipa Beton pada Lempung Lunak Menggunakan Metode Elemen Hingga	Pelat terpaku dengan penambahan panjang tiang di tengah dapat mengurangi tegangan tanah secara signifikan untuk tegangan geser hingga 28%. Gaya dalam juga berkurang sekitar 43 % menjadi 46 % dan menyebabkan penurunan deformasi sekitar 37%. Bertambahnya panjang tiang pada bagian tengah sistem pelat terpaku dapat menurunkan tegangan tanah dan gaya dalam pada sistem pelat terpaku.
10	Putri, dkk (2019)	Analisis Variasi Faktor Aman Tambahan Modulus Reaksi Tanah Dasar Sistem Pelat Terpaku Tiang Pipa Beton Tunggal pada Lempung Lunak	Memperelajari pengaruh variasi faktor aman terhadap lendutan dan momen pada pelat dan pengaruh tahanan ujung tiang. Sistem pelat terpaku menggunakan tiang pipa beton tunggal dengan pelat beton berukuran 1,2 m × 1,2 m × 0,15 m, dan panjang tiang 1,5 m. a. Variasi vaktor aman (1,0; 2,0; 2,5; 3,0). b. Variasi diameter tiang pipa beton (30 cm; 40 cm; 50 cm).

2.3 Keaslian Penelitian

Kesamaan penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian maupun aplikasi sebelumnya adalah Sistem Pelat Terpaku digunakan sebagai perkuatan pelat beton perkerasan kaku pada tanah lunak. adapun perbedaannya adalah.

1. Pada penelitian ini digunakan pelat terpaku dengan satu baris tiang yang berada pada timbunan di atas tanah lunak. Dimensi pelat (120 cm × 600 cm × 15 cm) dengan tiang berdiameter 30 cm dengan panjang 150 cm, serta dibebani dengan beban sebesar 50 KN.
2. Pada penelitian ini menggunakan sistem pelat terpaku pada timbunan di atas tanah lunak. Pada penelitian terdahulu seperti dalam penelitian Waruwu, dkk (2018) dan Martius (2019) menggunakan sistem pelat terpaku pada tanah gambut.
3. Analisa deformasi dan gaya dalam pada pelat terpaku menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan program Plaxis 2D,

BAB III

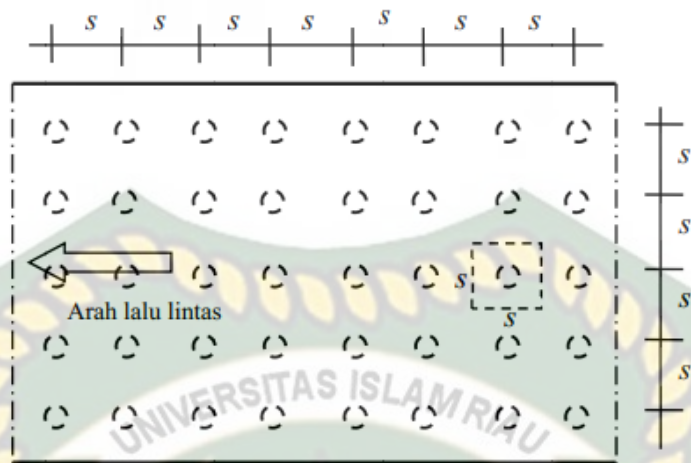
LANDASAN TEORI

3.1 Sistem Pelat Terpaku

Sistem Pelat Terpaku (*Nailed Slab System*) yang ditemukan oleh Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M. Eng.,DEA (2008) adalah salah satu metode alternatif untuk meningkatkan kinerja perkerasan kaku pada tanah lunak. Sistem Pelat Terpaku merupakan suatu perkerasan beton bertulang dengan tebal antara 12 cm-15 cm yang di dukung oleh tiang-tiang mini dengan panjang 150-200 cm dan diameter 15-20 cm. Tiang-tiang dan pelat beton dihubungkan secara monolit dengan bantuan tulangan-tulangan. Sistem Pelat Terpaku menghasilkan suatu sistem komposit (*composite system*), hasil interaksi tanah-struktur dari komponen pelat beton bertulang, tiang-tiang, dan tanah diantara tiang. Tiang-tiang yang dipasang di bawah pelat meningkatkan kekakuan pelat (Puri, dkk, 2012). Peningkatan kekakuan pelat ini akan mengurangi ketebalan pelat (Hardiyatmo, 2009). Jadi pelat beton mempunyai fungsi ganda yaitu sebagai perkerasan jalan dan *pile cap*.

Hardiyatmo (2018) menyatakan bahwa Sistem Pelat Terpaku cocok digunakan untuk perkerasan yang tanah-dasarnya dipengaruhi oleh penurunan tidak seragam, karena interaksi tanah-tiang-pelat membuat pelat lebih kaku, sehingga mengurangi terjadinya penurunan permukaan perkerasan (menciptakan permukaan perkerasan beton yang selalu rata). Pelat tepaku juga memungkinkan digunakan pada jalan yang tanah-dasarnya berpotensi kembang-susut dan mengalami getaran yang kuat oleh beban lalu-lintas berat. Naik-turunnya tanah-dasarntereduksi oleh kekakuan yang diciptakan oleh interaksi antara pelat beton, tiang-tiang dan tanah dalam zona terkurung tiang-tiang.

Tipikal konstruksi Sistem Pelat Terpaku seperti Gambar 3.1. Tiang-tiang berbaris pada arah lebar dan panjang jalan (Gambar 3.1a). Tiang-tiang tersebut berada di bawah pelat beton bertulang (Gambar 3.2b) dan hubungan pelat dan tiang dibuat monolit (Gambar 3.2).

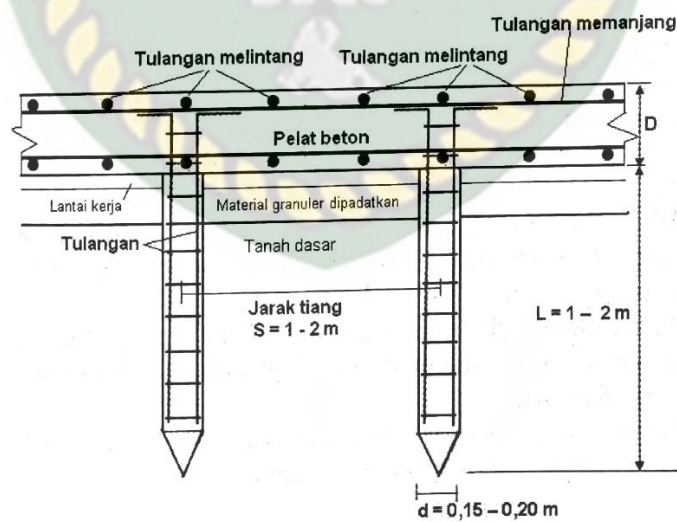


(a) Tampak atas



(b) Tampak Samping

Gambar 3.1 Perkerasan beton dengan sistem Pelat Terpaku (Hadiyatmo, 2008)



Gambar 3.2 Tampang Sistem Pelat Terpaku dibuat monolit dirancang untuk beban berat dan tanah-dasar bermasalah (Hardiyatmo, 2008)

Pada sistem perkerasan konvensional, dimana pelat tidak dipaku ke dalam tanah, maka di bawah pelat cenderung mudah sekali terbentuk rongga-rongga di antara pelat dan tanah oleh akibat beban berulang lalu lintas. Rongga-rongga ini akan mengurangi kontribusi dukungan tanah-dasar terhadap pelat bila pelat dibebani, akibatnya pelat mudah retak atau pecah (Hardiyatmo, 2016).

Interaksi tanah-tiang-pelat pada sistem pelat terpaku membuat pelat lebih kaku, sehingga mengurangi terjadinya beda penurunan permukaan perkerasan. Pelat terpaku juga memungkinkan digunakan pada jalan yang tanah-dasarnya berpotensi kembang-susut dan mengalami getaran yang kuat oleh beban lalu-lintas berat. Naik-turunnya tanah-dasar tereduksi oleh kekakuan yang diciptakan oleh interaksi antara pelat beton, tiang-tiang dan tanah dalam zona terkurung tiang-tiang (Hardiyatmo, 2015).

Hasil uji beban siklik pada pelat yang didukung tiang menunjukkan adanya reduksi penurunan yang signifikan oleh pemasangan tiang yang memaku pelat ke tanah dasar (Hardiyatmo, 2009). Bila terjadi penurunan tidak seragam (*differential settlement*) pada tanah-dasar, maka gerakan yang terjadi di sekitar tiang-tiang akan mendapat perlawanan gesek tiang, sehingga beda penurunan akan menjadi kecil, atau ketidakrataan pelat akan terkendalikan.

Kombinasi sistem perkerasan kaku dengan perkuatan tiang-tiang (*nailed slab*) pada tanah ekspansif dimaksudkan untuk membuat sistem perkerasan lebih kaku dan lebih tahan terhadap gerakan naik turun tanah, sehingga perkerasan tetap rata selama masa layanan, kontak antara pelat dengan tanah ekspansif tetap terbentuk sehingga beban akibat lalu lintas dan berat sendiri dapat tersalurkan merata ke tanah dasar.

3.1.1 Fungsi Tiang, kelebihan dan kekurangan Sistem Pelat Terpaku

Fungsi tiang-tiang dalam sistem pelat terpaku berguna untuk (Hardiyatmo, 2015) :

1. Meningkatkan daya dukung tanah dasar, dengan adanya kenaikan kapasitas tanah dasar akibat dukungan tiang-tiang pada pelat akan

mengurangi kebutuhan tebal perkerasan beton dan memperkaku sistem perkerasan.

2. Menjaga agar pelat beton tetap kontak dengan baik dengan lapis pondasi bawah dan/atau tanah dasar di bawahnya, sehingga timbulnya rongga-rongga di bawah pelat beton yang mengurangi kekuatan struktur perkerasan dapat dicegah, sehingga kekuatan jangka panjang struktur perkerasan lebih terjamin.
3. Gerakan tanah dasar di sekitar tiang-tiang akibat penurunan tidak seragam akan mendapat perlawanan gesek tiang, sehingga beda penurunan akan menjadi kecil, atau ketidakrataan pelat akan terkendalikan.

Kelebihan Sistem Pelat Terpaku dibandingkan dengan sistem perkerasan kaku atau fleksibel adalah (Hardiyatmo, 2015) :

1. Sistem Pelat Terpaku adalah perkerasan yang memberikan kekakuan tinggi, sehingga tahan terhadap deformasi tanah dasar (penurunan tidak seragam dan getaran akibat kendaraan).
2. Sistem Pelat Terpaku mampu mendukung lalu lintas berat dan volume tinggi. Perancangan dapat didasarkan pada beban kendaraan maksimum yang diinginkan yang melebihi beban gandar standar untuk perkuatan konvensional.
3. Karena tiang-tiang selalu menjaga agar pelat beton tetap dalam kontak yang baik dengan material dibawahnya, maka umur perkerasan menjadi lebih panjang.
4. Penertasi air masuk ke dalam lapis pondasi maupun tanah-dasar sangat kecil, karena tidak ada sambungan melintang, dan retak yang terjadi selalu tertutup rapat oleh adanya tulangan memanjang dan melintang,
5. Tidak memerlukan agregat batuan untuk lapis pondasi atau lapis pondasi bawah, karena di bawah pelat hanya memerlukan lantai kerja dan sirtu.
6. Dapat menyelesaikan masalah perkerasan jalan di atas tanah dasar ekspansif.

7. Tiang-tiang dalam sistem pelat terpaku dapat diperpanjang sampai mencapai tanah yang lebih kuat sehingga dapat berfungsi mempertinggi kapasitas dukung sistem.

Kekurangan Sistem Pelat Terpaku menurut Hardiyatmo (2015) :

1. Biaya pembangunan awal lebih tinggi
2. Pembangunan memerlukan waktu relatif lebih lama

3.2 Tanah Dasar

Tanah-dasar merupakan tanah dengan ketebalan tertentu yang dipadatkan. Umumnya tanah-dasar yang berfungsi sebagai alas/pondasi jalan, terdiri dari material dalam galian atau urugan dipadatkan dengan kedalaman tertentu di bawah dasar struktur perkerasan. Semakin kaku perkerasan maka penyebaran tekanan roda ke tanah-dasar semakin mengecil. Perkerasan jalan sebagai lapisan pelindung tanah-dasar mendistribusikan beban roda kendaraan ke tanah-dasar. Tanah-dasar yang mengalami tegangan berlebihan akan mengakibatkan deformasi permanen yang berlebihan, sehingga permukaan perkerasan di atasnya menjadi bergelombang dan dapat menyebabkan kegagalan struktur perkerasan. (Hardiyatmo, 2015).

Lapisan tanah dasar akan sangat mempengaruhi kinerja perkerasan, terutama pada stabilitas, kuat dukung dan kerentanan terhadap kelembapan (Puri, 2015). Pada perkerasan lentur, tegangan maksimum terjadi tepat di bawah beban roda, dan semakin mengecil seiring semakin jauh dari beban. Adapun untuk perkerasan kaku, distribusi beban adalah merata dengan intensitas yang relatif sama.

3.2.1 Tipe-tipe Tanah Dasar

Dalam Sistem Pelat Terpaku terdapat beberapa kemungkinan tipe-tipe kondisi tanah dasar yang cocok digunakan (Hardiyatmo, 2015).

1. Tipe I

Perkerasan berada pada tanah asli tanpa atau dengan tanah urug tebal 30-50 cm. Tanah asli direkomendasikan mempunyai modulus reaksi *subgrade* (k_v) \geq

20000 kN/m³ atau CBR \geq 2. Karena tanah asli mempunyai CBR \geq 2, maka umumnya dibutuhkan material urug 30-50 cm sebagai landasan kerja. Tanah urug yang digunakan adalah tanah granuler (pasir atau sirtu).

2. Tipe II

Perkerasan terletak pada tanah timbunan dengan tinggi \geq 50 cm yang berada di atas tanah asli yang lunak. Oleh akibat beban timbunan, tanah fondasi akan mengalami penurunan konsolidasi.

3. Tipe III

Perkerasan terletak pada tanah asli ekspansif yang mempunyai potensi pengembangan maksimum (*swelling potential*) sekitar 10-15%.

4. Tipe IV

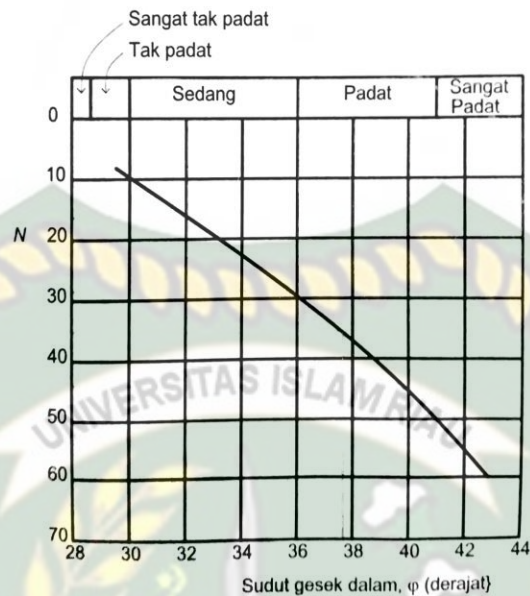
Perkerasan terletak pada tanah galian dengan modulus reaksi *subgrade* minimum 20000 kN/m³ atau CBR \geq 2%. Lereng galian harus stabil terhadap kemungkinan adanya longsor.

3.3 Parameter Tanah

Pada umumnya jenis tanah ada dua yakni tanah granular dan tanah kohesif. Tanah granular adalah tanah yang memiliki banyak sisi seperti pasir dan kerikil, sedangkan tanah kohesif adalah tanah yang berbutir halus seperti tanah lempung dan lanau. Adapun parameter tanah yang digunakan dalam plaxis antara lain :

1. Sudut gesek dalam (φ)

Sudut gesek dalam merupakan sudut yang dibentuk dari hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser di dalam material tanah atau batuan. Semakin besar sudut gesek dalam suatu material maka material tersebut akan lebih tahan menerima tegangan luar yang dikenakan terhadapnya. Hubungan antara φ' dan N disarankan oleh Peck et al pada Gambar 3.4.



Gambar 3.3 Hubungan ϕ' dan N-SPT (Peck et al, 1974)

Gambar 3.4 merupakan hubungan sudut gesek dalam (ϕ') dengan N-SPT untuk mendapatkan (ϕ') dengan cara nilai N ditarik hingga bertemu garis kurva yang berada di tengah, kemudian pertemuan garis ditarik kebawah sehingga didapatkan sudut gesek dalam (ϕ')

2. *Modulus young* (E)

Modulus young mempunyai dimensi sama dengan dimensi tegangan. Nilai dari parameter kekakuan yang digunakan dalam suatu perhitungan memerlukan perhatian khusus karena kebanyakan material tanah menunjukkan perilaku non-linier dari awal pembebanan. Nilai *Modulus Young* menunjukkan esarnya elastisitas pada tanah yang terjadi akibat dari perbandingan antara tegangan terhadap regangan. Nilai *Modulus Young* (E) yang disarankan oleh (Bowles, 1977) dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Nilai perkiraan modulus elastisitas tanah (Bowles, 1977 dalam Hardiyatmo, 2002)

Jenis Tanah	Modulus Young (E) Kg/cm ²
Lempung sangat lunak	30-Mar
Lempung lunak	20 - 40
Lempung sedang	45 - 90
Lempung keras	70 - 200
Lempung berpasir	300 - 425
Lempung berlanau	50 - 200
Pasir tidak padat	100 - 250
Pasir padat	500 - 1000
Pasir dan kerikil padat	800 - 2000
Pasir dan kerikil tidak padat	500 - 1400
Lanau	20 - 200
Lanau <i>loess</i>	150 600
Lanau serpih	1400 - 14000

Nilai *modulus young* pada lempung sangat lunak kecil, hal tersebut dikarenakan tegangan pada tanah lempung sangat lunak kecil bila dibandingkan dengan regangannya begitu juga sebaliknya pada tanah lanau serpih.

3. *Poisson's Ratio*

Poisson's ratio adalah perbandingan antara berubahnya arah aksial dengan arah lateral. Nilai *Poisson's ratio* dapat ditentukan berdasarkan jenis tanah seperti Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Nilai-nilai tipikal *Poisson's ratio* (Kulhawy, 1993 dalam Hardiyatmo, 2015)

Tanah dan Batu	<i>Poisson's Ratio</i> (μ)
lempung jenuh, kondisi <i>Undrained</i>	0,50
Lempung tidak jenuh	0,30 - 0,40
Pasir padat kondisi terdrainase	0,30 - 0,40
Pasir longgar kondisi terdrainase	0,1 - 0,3
Batu pasir	0,25 - 0,30
Granit	0,23 - 0,27

Pada nilai *Poisson's ratio* didapatkan lempung jenuh 0,50, hal tersebut dikarenakan apabila perubahan terjadi dengan arah gaya besar, maka besar pula *Poisson's rasionya*.

4. Kohesi (c)

Kohesi adalah gaya tarik menarik antara partikel dalam tanah, saat pengujian kuat geser tanah terdapat air yang dalam maka jenis pengujian, permeabilitas, kadar air menentukan nilai kohesi (c), pada pengujian lempung jenuh air sudur gesek dalam mencapai nol yang ada hanya nilai kohesinya saja, untuk kohesi tak terdrainase c_u dapat diperoleh dengan mengetahui kuat tekan bebas (q_u) dengan persamaan 3.8.

$$c_u = \frac{q_u}{2} \quad (3.8)$$

Hubungan kuat tekan bebas (q_u) tanah lempung dengan konsistensinya dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hubungan kuat tekan bebas (q_u) dan konsistensi tanah (Hardiyatmo, 2003)

Konsistensi	Kuat Tekan Bebas (q_u) (kN/m ²)
Lempung keras	> 400
Lempung sangat kaku	200 - 400
Lempung kaku	100 - 200
Lempung sedang	50 - 100
Lempung lunak	25 - 50
Lempung sangat lunak	< 25

Dari Tabel 3.3 nilai kuat tekan beban (q_u) dipengaruhi oleh konsistensi tanah lempung, apabila tanah lempung keras maka nilai kuat tekan bebas (q_u) besar, sebaliknya apabila tanah lempung sangat lunak maka nilai kuat tekan bebas (q_u) besar.

5. Dilatansi (ψ)

Sudut dilatansi, ψ (Psi) dinyatakan dalam derajat. Selain tanah lempung yang terkonsolidasi sangat berlebih, tanah lempung cenderung tidak menunjukkan dilatansi sama sekali (yaitu $\psi = 0$). Untuk pasir kwarsa besarnya dilatansi adalah $\psi = \phi - 30$. Walaupun demikian, dalam kebanyakan kasus sudut dilatansi adalah nol untuk nilai $\phi < 30^\circ$.

6. Berat jenis tanah (Gs)

Berat jenis tanah adalah perbandingan berat satuan bahan dengan berat satuan air. Adapun nilai Gs berdasarkan jenis tanah ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Berat Jenis Tanah (Gs) (Hardiyatmo, 2002)

Macam Tanah	Berat Jenis Tanah (Gs)
Kerikil	2,65 - 2,68
Pasir	2,65 - 2,68
Lempung anorganik	2,65 - 2,68
Lempung organik	2,58 - 2,65
Kohesif anorganik	2,68 - 2,72
Humus	1,37
Gambut	1,25 - 1,80

Berat jenis tanah diperoleh dengan melakukan pengujian, lalu didapatkan hasil dari pengujian tersebut dimana berat jenis tanah berkisar 2,65 sampai 2,75.

7. Permeabilitas

Permeabilitas tergantung dari butiran tanah tersebut, apabila butiran tanah kecil maka air yang lolos juga kecil seperti pada tanah lempung, berbeda dengan pasir yang permeabilitasnya relatif besar. Koefisien permeabilitas bisa didapatkan melalui pendekatan jenis tanah seperti pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Nilai koefisien permeabilitas tanah (Das, 1995)

Jenis Tanah	K	
	cm/dtk	ft/mnt
Kerikil Bersih	1,0 - 100	2,0 - 200
Pasir Kasar	1,0 - 0,01	2,0 - 0,02
Pasir Halus	0,01 - 0,001	0,02 - 0,002
Lanau	0,001 - 0,00001	0,002 - 0,00002
Lempung	< 0,000001	< 0,000002

Permeabilitas yang besar terjadi pada kerikil bersih karena air mudah lolos disebabkan butiran pada kerikil yang besar. Tanah lempung memiliki nilai permeabilitas yang kecil karena butiran yang juga kecil.

8. Porositas, kadar air, angka pori, berat volume basah (γ_m), berat volume kering (γ_d)

Porositas (n) merupakan perbandingan antara volume rongga (V_v) dengan volume total (V), parameter ini digunakan untuk mencari angka pori, Porositas dinyatakan dalam persen (%). Kadar air adalah perbandingan berat air (W_w) dan butiran padat (W_s) juga dinyatakan dalam persen (%). Berat volume basah dan berat volume kering dinyatakan dalam kN/m^3 , nilai-nilai parameter tersebut tertera pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Nilai n , e , γ_d , γ_m untuk tanah keadaan asli di lapangan (Hardiyatmo, 2002)

Jenis Tanah	n	e	W	γ_d	γ_m
Pasir seragam, tidak padat	46	0,85	32	14,3	18,9
Pasir seragam, padat	34	0,51	19	17,5	20,9
Pasir berbutir campuran, tidak padat	40	0,67	25	15,9	19,9
Pasir berbutir campuran, padat	30	0,43	16	18,6	21,6
Lempung lunak sedikit organik	66	1,90	70	-	15,8
Lempung lunak sangat organik	75	3,00	110	-	14,3

Parameter didapatkan atas saran yang dilakukan oleh (Terzaghi, 1947) dengan mengetahui jenis tanah di lapangan. Angka pori (e) berguna untuk mencari berat volume jenuh (γ_{sat}) dengan persamaan 3.9.

$$(\gamma_{sat}) = \frac{(G_s + 1)\gamma_w}{1 + e} \quad (3.9)$$

Sedangkan untuk berat volume efektif (γ') yang digunakan dalam analisa metode statis dinyatakan oleh persamaan.

$$\gamma' = (\gamma_{sat}) - (\gamma_w) \quad (3.10)$$

3.4 Lempung Lunak

Ada dua istilah lempung lunak dalam geoteknik, yaitu lempung lunak dan lempung sangat lunak. Lempung lunak dapat dengan mudah dibentuk dengan jari tangan, sedangkan tanah lempung sangat lunak akan keluar di antara jari-jari tangan saat diremas (Panduan Geoteknik Indonesia, 2001).

Lempung lunak (*soft clay*) merupakan jenis tanah yang mengandung mineral-mineral lempung dan kadar air yang tinggi, yang menyebabkan kuat geser yang rendah (Kemfert dan Gebreselassie, 2006). Lempung lunak mempunyai keseimbangan pada beratnya sendiri, dan tidak mengalami konsolidasi sekunder yang signifikan karena formasinya. Umumnya, lempung lebih lunak saat kadar air lapangan mendekati batas cairnya, dibanding bila kadar air lapangan mendekati batas plastis.

3.4.1 Kuat Geser Tanah Lempung

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh :

- a. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
- b. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Parameter kuat geser tanah berguna untuk analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut Mohr (1910), kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser.

Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya adalah (Mohr, 1910) :

$$\tau = f(\sigma) \quad (3.11)$$

Coulomb (1976) menjelaskan $f(\sigma)$ sebagai :

$$\tau = c + \sigma \cdot t \cdot g \cdot \varphi \quad (3.12)$$

Keterangan :

τ = Kuat geser tanah (kN/m²)

c = Kohesi tanah (kN/m²)

φ = Sudut gesek dalam tanah (derajat)

σ = Tegangan normal (kN/m²)

Tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Terzaghi (1925) mengubah persamaan Coulomb dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut.

$$\tau = c' + (\sigma - u)tg\varphi' \quad (3.13)$$

$$\tau = c' + \sigma t g \varphi' \quad (3.14)$$

Keterangan :

τ = Kuat geser tanah (kN/m²)

c' = Kohesi tanah efektif (kN/m²)

u = tekanan air pori (kN/m²)

φ' = Sudut gesek dalam tanah efektif (derajat)

3.5 Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*)

Metode elemen hingga (*finite element method*) pertama kali dikenalkan oleh Clough dan Woodward (1967), tapi penggunaannya terbatas pada struktur

tanah yang kompleks. Untuk kasus khusus, metode elemen hingga dapat mengakomodasi pengaruh penimbunan dan penggalian secara bertahap, sehingga pengaruh sejarah tegangan dalam tanah terhadap deformasinya dapat ditelusuri (Hardiyatmo, 2010).

Analisis metode elemen hingga ditujukan untuk memperoleh hasil rinci respon struktur akibat beban kerja. Hasil-hasil analisa digunakan untuk mengevaluasi kinerja struktur yang telah dirancang terhadap persyaratan kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*) stabilitas, kemampuan layanan (*serviceability*), dan daya tahan (*durability*). Respon struktur tersebut diantaranya berupa bentuk dan besarnya lendutan struktur, intensitas dan distribusi tegangan-regangan-*displacement* pada struktur maupun tanah, serta intensitas dan penyebaran tekanan tanah kebawah pelat maupun pada kedalaman tertentu yang ditinjau.

3.5.1 Deformasi

Deformasi merupakan perubahan bentuk, dimensi dan posisi dari suatu materi baik yang merupakan bagian dari alam ataupun buatan manusia dalam skala waktu dan ruang. Deformasi dapat terjadi jika suatu benda atau materi dikenai gaya (Force).

Deformasi terbagi menjadi dua jenis yaitu deformasi elastis dan deformasi plastis. Deformasi elastis adalah deformasi atau perubahan bentuk yang disebabkan oleh pemberian beban, dimana apabila beban dihilangkan maka bentuk dan ukuran akan kembali ke bentuk semula atau deformasi yang terjadi akan hilang. Sedangkan deformasi plastis adalah perubahan bentuk yang merupakan kelanjutan dari deformasi elastis yang bersifat permanen meskipun beban dihilangkan.

Persamaan dasar untuk deformasi statis dari massa tanah diformulasikan dalam kerangka kerja mekanika kontinum. Pembatasan dilakukan pada deformasi yang dianggap kecil. Hal ini memungkinkan sebuah formulasi yang mengacu pada geometri awal yang belum terdeformasi.

1. Persamaan Dasar dari Deformasi Kontinum

Keseimbangan statis dari suatu kontinum dapat diformulasikan sebagai :

$$L^T \sigma + p = 0 \quad (3.15)$$

Persamaan ini menghubungkan turunan dari enam buah komponen tegangan, yang disusun dalam vektor σ , menjadi tiga buah komponen tegangan yang tersusun dalam vektor p . L^T adalah transpos dari operator diferensial, yang didefinisikan sebagai :

$$\underline{L}^T = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial z} \\ 0 & \frac{\partial}{\partial y} & 0 & \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial z} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial z} & 0 & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{pmatrix}$$

Selain persamaan keseimbangan, hubungan kinematis dapat diformulasikan sebagai :

$$\varepsilon = L \cdot u \quad (3.16)$$

Persamaan ini menyatakan enam buah komponen regangan yang tersusun dalam vektor ε , seperti turunan ruang dari tiga buah komponen perpindahan yang tersusun dalam vektor u , dengan menggunakan operator diferensial L yang telah didefinisikan sebelumnya. Hubungan antara Pers. (3.12) dan (3.13) dibentuk oleh hubungan konstitutif yang menyatakan perilaku material. Hubungan konstitutif, yaitu hubungan antara perubahan tegangan dan perubahan regangan, dibahas secara ekstensif dalam Manual Model Material. Hubungan tersebut secara umum diulangi untuk melengkapi :

$$\sigma = M \cdot \varepsilon \quad (3.17)$$

Kombinasi Pers. (3.12), (3.13) dan (3.14) akan menghasilkan persamaan diferensial parsial ordo-dua untuk perpindahan u .

Namun tidak digunakan kombinasi secara langsung, melainkan persamaan keseimbangan tersebut diformulasikan kembali dalam “bentuk lemah”

(*weak form*) menurut prinsip variasi Galerkin (lihat juga Zienkiewicz, 1967) :

$$\int \delta u^T \cdot (L^T \cdot \sigma + \rho) \cdot dV \quad (3.18)$$

Dalam formulasi ini δu menyatakan variasi perpindahan yang secara kinematis dapat diterima (*kinematically admissible*). Dengan menerapkan teorema Green untuk integrasi parsial pada suku pertama dalam Pers. (3.15) akan diperoleh :

$$\int \delta \varepsilon^T \cdot \sigma dV = \int \delta u^T \cdot \rho dV + \int \delta u^T \cdot t d \quad (3.19)$$

Persamaan ini menerapkan batas integrasi dimana terdapat batas traksi. Ketiga komponen dari batas traksi disusun dalam vektor t . Pers. (3.20) disebut sebagai persamaan kerja virtual.

Terbentuknya kondisi tegangan σ dapat dianggap sebagai proses yang meningkat secara bertahap :

$$\sigma^i = \sigma^{i-1} + \Delta\sigma \quad \Delta\sigma = \int \sigma dt \quad (3.21)$$

Dalam hubungan ini σ^i menyatakan kondisi tegangan aktual yang tidak diketahui dan σ^{i-1} menyatakan kondisi tegangan sebelumnya yang telah diketahui. Peningkatan tegangan $\Delta\sigma$ adalah perubahan tegangan yang diintegrasikan pada peningkatan waktu yang kecil.

Jika Pers. (3.16) ditinjau sebagai kondisi actual i , maka tegangan σ^i yang tidak diketahui dapat dieliminasi dengan menggunakan Pers. (3.30) :

$$\int \delta \varepsilon^T \cdot \Delta\sigma dV = \int \delta u^T \cdot \rho^i dV + \int \delta u^T \cdot t^i dS - \int \delta \varepsilon^T \cdot \sigma^{i-1} dV \quad (3.22)$$

Perlu diperhatikan bahwa seluruh besaran yang muncul dalam Pers. (3.15) hingga (3.22) merupakan fungsi dari posisi dalam ruang tiga dimensi.

2. Diskretisasi Elemen Hingga

Sesuai dengan metode elemen hingga, sebuah kontinum dibagi menjadi sejumlah elemen (volumetrik). Setiap elemen memiliki sejumlah titik nodal. Setiap titik nodal mempunyai sejumlah derajat kebebasan yang berkaitan dengan nilai batas diskret dari variabel yang tidak diketahui dalam permasalahan nilai batas yang akan diselesaikan. Dalam teori deformasi ini, derajat kebebasan berkaitan dengan komponen perpindahan. Di dalam sebuah elemen, u diperoleh dari nilai diskret dari titik nodal dalam sebuah vektor v dengan fungsi interpolasi yang tersusun dalam matriks N :

$$u = N \cdot v \quad (3.23)$$

Fungsi interpolasi dalam matriks N sering disebut sebagai fungsi bentuk. Substitusi dari Pers. (3.22) ke dalam hubungan kinematis (3.15) menghasilkan :

$$\varepsilon = L \cdot N \cdot v = B \cdot v \quad (3.24)$$

Dalam hubungan ini, B adalah matriks interpolasi regangan, yang memuat turunan ruang dari fungsi interpolasi. Pers. (3.23) dan (3.24) dapat digunakan dalam bentuk bervariasi, bentuk peningkatan maupun bentuk perubahan. Pers. (3.18) dapat diformulasikan kembali dalam bentuk diskret berikut :

$$\int (B\delta v)^T \Delta \sigma dV = \int (N\delta v)^T p^i dV + \int (N\delta v)^T t^i dS - \int (B\delta v)^T \sigma^{-i} dV \quad (3.25)$$

Perpindahan diskret dapat ditempatkan di luar integral :

$$\delta V^T \int B^T \Delta \sigma dV = \delta V^T \int N^T p^i dV + \delta V^T \int N^T t^i dS - \delta V^T \int B^T \sigma^{-i} dV \quad (3.26)$$

Karena Pers. (3.22) berlaku untuk setiap variasi perpindahan yang secara kinematis dapat diterima, δV^T , persamaan tersebut dapat ditulis ulang menjadi :

$$\int B^T \Delta \sigma dV = \int N^T p^i dV + \int N^T t^i dS - \int B^T \sigma^i dV \quad (3.27)$$

Persamaan diatas merupakan kondisi keseimbangan yang dielaborasi dalam bentuk diskret. Suku pertama di sebelah kanan bersama dengan suku kedua menyatakan vektor gaya eksternal saat ini, dan suku terakhir menyatakan vektor reaksi internal dari langkah sebelumnya. Perbedaan antara vektor gaya eksternal dan vektor reaksi internal harus diseimbangkan oleh sebuah peningkatan tegangan, $\Delta\sigma$.

Hubungan antara peningkatan tegangan dan peningkatan regangan umumnya tidaklah linier. Karena itu, peningkatan regangan umumnya tidak dapat dihiutng secara langsung, prosedur iterasi global diperlukan untuk memenuhi kondisi keseimbangan (3.23) untuk seluruh titik material.

3.5.2 Tegangan

Jika tanah berada di dalam air, tanah dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas sebagai akibat tekanan hidrostatis. Berat tanah yang terendam ini disebut berat tanah efektif, sedang tegangan yang terjadi akibat berat tanah efektif di dalam tanah disebut tegangan efektif. Tegangan efektif merupakan tegangan yang mempengaruhi kuat geser dan perubahan volume atau penurunan tanah.

Terzaghi (1923), memberikan prinsip tegangan efektif yang bekerja pada segumpal tanah. Prinsip tegangan efektif hanya berlaku pada tanah yang jenuh sempurna, yaitu :

1. Tegangan normal total (σ) pada suatu bidang di dalam massa tanah, yaitu tegangan akibat berat tanah total termasuk air dalam ruang pori, persatuan luas, yang arahnya tegak lurus.
2. Tekanan pori (u), disebut juga dengan tekanan netral yang bekerja ke segala arah sama besar, yaitu tekanan air yang mengisi rongga di antara butiran padat.
3. Tegangan normal efektif (σ') pada suatu bidang di dalam massa tanah, yaitu tegangan yang dihasilkan dari beban berat butiran tanah per satuan luas bidangnya

3.5.3 Gaya Dalam

1. Gaya Aksial

Gaya aksial adalah gaya dalam yang bekerja pada pusat aksis dari elemen struktur. Terdapat dua sifat gaya aksial, yaitu itu tarik (*tension*) dan tekan (*compression*). Jika beban menyebabkan penambahan panjang dari elemen ($\leftarrow\rightarrow$), maka gaya yang bekerja adalah gaya tarik. Jika beban menyebabkan elemen memendek ($\rightarrow\leftarrow$), maka gaya yang bekerja adalah gaya tekan. Kondisi struktur ini biasanya ditemukan pada elemen-elemen struktur yang join-joinnya merupakan sendi seperti yang biasanya didapatkan pada sistem struktur rangka batang dengan elemen yang tertarik disebut batang tarik dan elemen yang tertekan disebut batang tekan. Pada umumnya, sifat tarik adalah positif (+) dan sifat tekan adalah negatif (-). Selain itu elemen yang memikul beban tekan juga biasanya disebut dengan kolom.

2. Gaya Geser

Gaya lintang atau geser adalah gaya dalam yang bekerja **tegak lurus** dengan as atau sumbu balok. Perjanjian arah untuk gaya lintang adalah positif untuk searah jarum jam ($\uparrow\downarrow$) dan negatif untuk berlawanan arah jarum jam ($\downarrow\uparrow$).

3. Momen Lentur

Momen lentur adalah gaya dalam yang berupa momen, di mana salah satu serat balok tertarik dan yang satu lagi tertekan. Karena suatu benda mengalami lentur, dia akan lengkung sehingga timbul tegangan tarik pada satu sisi dan tegangan tekan pada sisi yang lainnya. Pada umumnya, momen lentur positif adalah saat serat atas tekan dan serat bawah tarik, dan momen lentur negatif adalah saat serat atas tarik dan serat bawah tekan. Notasi untuk momen positif adalah \cup dan notasi untuk momen negatif adalah \cap .

3.5.4 Konsolidasi

Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air pori keluar dari rongga tanah. Proses konsolidasi dapat diamati dengan pemasangan piezometer, untuk

mencatat perubahan tekanan air pori dengan waktunya. Besarnya penurunan dapat diukur dengan berpedoman pada titik referensi ketinggian pada tempat tertentu.

Teori konsolidasi yang digunakan dalam program Plaxis menggunakan teori Biot (1996) untuk konsolidasi terhubung :

1. Persamaan Dasar dari Konsolidasi

Persamaan pengatur dari konsolidasi yang digunakan dalam Plaxis mengikuti Teori Biot (1996). Hukum Darsi untuk aliran fluida dan perilaku elastis butiran tanah digunakan dalam asumsi. Formulasi didasarkan pada teori regangan kecil. Menurut prinsip dari Terzaghi, tegangan dibedakan menjadi tegangan efektif dan tekanan air pori :

$$\sigma = \sigma' + m \cdot (p_{stabil} + p_{berlebih}) \quad (3.28)$$

Dimana :

$$\sigma = (\sigma_{xx} \sigma_{yy} \sigma_{zz} \sigma_{xy} \sigma_{yz} \sigma_{zx})^T \text{ dan } m = (1 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 0)^T \quad (3.29)$$

σ adalah vektor tegangan total, σ' memuat tegangan efektif, $p_{berlebih}$ adalah tekanan air pori berlebih dan m adalah vektor yang berisi nilai 1 untuk komponen tegangan normal dan nol untuk komponen tegangan geser. Solusi statis pada akhir dari proses konsolidasi dinotasikan sebagai p_{stabil} . Dalam Plaxis, p_{stabil} didefinisikan sebagai :

$$p_{stabil} = \sum Mweight \cdot p_{masuk} \quad (3.30)$$

Dimana p_{masuk} adalah tekanan air pori yang dihitung dalam program masukan berdasarkan garis freatik atau berdasarkan perhitungan aliran air tanah. Di dalam Plaxis, tegangan yang bersifat kompresif atau tekan dianggap negatif, dan berlaku juga terhadap tegangan efektif maupun tekanan air pori.

Persamaan konstitutif dituliskan dalam bentuk peningkatan. Dengan menotasikan peningkatan tegangan efektif sebagai σ' dan peningkatan regangan sebagai ε , maka persamaan konstitutif adalah :

$$\dot{\sigma}' = M \cdot \dot{\varepsilon} \quad (3.31)$$

Dimana :

$$\dot{\varepsilon} = (\dot{\varepsilon}_{xx} \dot{\varepsilon}_{yy} \dot{\varepsilon}_{zz} \dot{\varepsilon}_{xy} \dot{\varepsilon}_{yz} \dot{\varepsilon}_{zx})^T \quad (3.32)$$

Dan M menyatakan matriks kekakuan material.

2. Diskretisasi Elemen Hingga

Untuk menerapkan pendekatan elemen hingga, digunakan notasi standar sebagai berikut :

$$u = N \cdot v \quad p = \underline{N} \cdot p_n \quad \varepsilon = \underline{B} \cdot v \quad (3.33)$$

Dimana v adalah vektor

Keterangan :

v = vektor perpindahan titik nodal

p_n = vektor tekanan air pori

u = vektor perpindahan menerus

p = tekanan air pori (berlebih)

N = fungsi interpolasi

B = matriks interpolasi regangan

Secara umum fungsi interpolasi untuk perpindahan dapat berbeda dari fungsi interpolasi untuk tekanan air pori. Namun fungsi yang sama digunakan untuk perpindahan dan tekanan air pori.

Dimulai dari persamaan peningkatan keseimbangan dengan menerapkan pendekatan elemen hingga, akan diperoleh :

$$\int B^T d\sigma dV = \int N^T df dV + \int N^T dt dS + r_0 \quad (3.34)$$

Dengan :

$$r_0 = \int N^T f_0 dV + \int N^T t_0 dS - \int B^T d\sigma dV \quad (3.35)$$

Keterangan :

f = gaya masa akibat berat sendiri

t = traksi permukaan

Dengan memisahkan tegangan total menjadi air pori dan tegangan efektif, serta dengan menerapkan hubungan konstitutif, maka akan dihasilkan persamaan keseimbangan titik nodal :

$$\underline{K}dv + \underline{L} dp_n = df_n \quad (3.36)$$

Dimana :

$$\underline{K} = \int \underline{B}^T \cdot \underline{M} \cdot \underline{B} dV \quad (3.37)$$

$$\underline{L} = \int \underline{B}^T \cdot m \cdot \underline{N} dV \quad (3.38)$$

$$df_n = \int \underline{N}^T df dV + \int \underline{N}^T dt dS \quad (3.39)$$

Keterangan :

K = matriks kekakuan

L = matriks penghubung

df_n = vektor peningkatan beban

Untuk melakukan formulasi permasalahan aliran, digunakan persamaan kontinuitas dalam bentuk berikut :

$$\nabla^T \underline{R} \nabla (\gamma_w \cdot \gamma - p_{stabil} - p) / \gamma_w - \underline{m}^T \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + n / K_w \cdot \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \quad (3.40)$$

Dimana :

$$\underline{R} = \begin{bmatrix} k_x & 0 \\ 0 & k_y \end{bmatrix} \quad (3.41)$$

Keterangan :

R = matriks permeabilitas

n = porositas

K_w = modulus bulk

γ_w = berat isi dalam pori

Persamaan kontinuitas ini mengikutsertakan perjanjian tanda bahwa p_{stabil} dan p dianggap positif untuk tegangan tarik. Karena solusi statis didefinisikan oleh persamaan :

$$\nabla^T \underline{R} \nabla (\gamma_w \cdot y - p_{stabil}) / \gamma_w = 0 \quad (3.42)$$

Maka persamaan kontinuitas mempunyai bentuk berikut :

$$\nabla^T \underline{R} \nabla p / \gamma_w + \underline{m}^T \cdot \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} - n / K_w \cdot \frac{\partial p}{\partial t} = 0 \quad (3.43)$$

Dengan menerapkan diskretisasi elemen hingga dengan menggunakan prosedur Galerkin dan mengikutsertakan kondisi batas yang ditentukan akan diperoleh :

$$-\underline{H} \cdot p_n + \underline{L}^T \cdot \frac{dv}{dt} - \underline{S} \cdot \frac{dp_n}{dt} = q \quad (3.44)$$

Dimana :

$$\underline{H} = \int (\nabla \underline{N})^T \cdot \underline{R} \cdot \nabla \underline{N} / \gamma_w dV \quad \underline{S} = \int n / K_w \cdot \underline{N}^T \underline{N} dV \quad (3.45)$$

Dan q adalah suatu vektor yang berkaitan dengan aliran keluar yang ditentukan pada daerah batas. Namun dalam Plaxis Versi 8 tidak dimungkinkan untuk mempunyai batas dengan aliran keluar tertentu yang tidak nol. Karena itu $q = 0$. Dalam kenyataan, modulus *bulk* dan air sangat tinggi sehingga kompresibilitas dari air dapat diabaikan jika dibandingkan dengan kompresibilitas tanah.

Dalam Plaxis, modulus *bulk* dari fluida dalam pori dihitung secara otomatis menurut persamaan berikut :

$$K_w / n = \frac{3 \cdot (v_u - v)}{(1 - 2 \cdot v_u) \cdot (1 + v)} \cdot K_{skeleton} \quad (3.46)$$

V_u mempunyai nilai pra-pilih 0,495. Nilai ini dapat diubah pada program masukan (*output*) berdasarkan parameter B dari Skempton. Untuk material terdrainase (*Drained*) dan material yang baru saja diaktifkan, modulus *bulk* fluida diabaikan.

Persamaan keseimbangan dan kontinuitas dapat dinyatakan dalam suatu blok persamaan matriks berikut :

$$\begin{bmatrix} \underline{K} & \underline{L} \\ \underline{L}^T & -\underline{S} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{dv}{dt} \\ \frac{dp_n}{dt} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & \underline{H} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v \\ p_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{df_n}{dt} \\ q_n \end{bmatrix} \quad (3.47)$$

Dimana :

$$\underline{S} = \alpha \cdot \Delta t \cdot \underline{H} + \underline{S} \qquad \underline{q}_n = \underline{q}_{n0} + \alpha \cdot \Delta \underline{q}_n \qquad (3.48)$$

v_0 serta p_{n0} menyatakan nilai-nilai pada awal dimulainya sebuah langkah waktu. Parameter α dapat bernilai dari 0 hingga 1. Dalam program Plaxis digunakan kondisi implisit penuh dengan nilai $\alpha = 1$.

3.6 Program Plaxis 2D

Program Plaxis merupakan program elemen hingga yang dikembangkan khusus untuk analisis deformasi dan stabilitas dua dimensi dalam rekayasa geoteknik. Akurasi hasil yang didapatkan dari program ini dibandingkan dengan kondisi di lapangan tergantung pada keahlian pengguna dalam memodelkan permasalahan, parameter yang digunakan, pemahaman terhadap model-model dan kemampuan menginterpretasikan hasil program plaxis 2D.

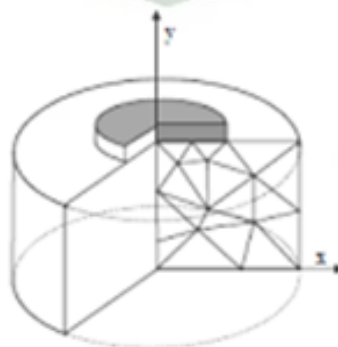
Plaxis 2D memiliki dua jenis pemodelan, yakni :

1. *Axysimetri*

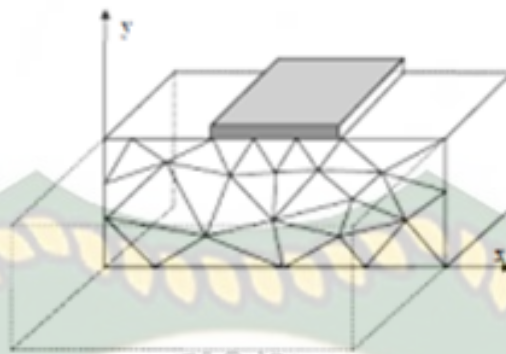
Pemodelan ini digunakan pada struktur yang separuh melingkar dengan potongan melintang sumbu x dan y dimana sumbu x menggambarkan radius putaran dan sumbu y meragakan separuh lingkaran lagi.

2. *Plane strain*

Pemodelan ini digunakan untuk pemodelan struktur yang menerus, seperti dinding penahan tanah, jalan dan saluran drainase.



(a) *Axysimetri*

(b) *Plane Strain***Gambar 3.4** Ilustrasi Pemodelan (Brink Greve, 2002)

3.6.1 Pemodelan Plaxis

Ada berbagai macam pemodelan dalam plaxis, maka dari itu perlu diperhatikan pemodelan yang dipilih sebelum melakukan perhitungan, seperti pondasi yang memiliki pemodelan berbeda pada material menggunakan Mohr-Coulomb dan pada tiang menggunakan linier elastis.

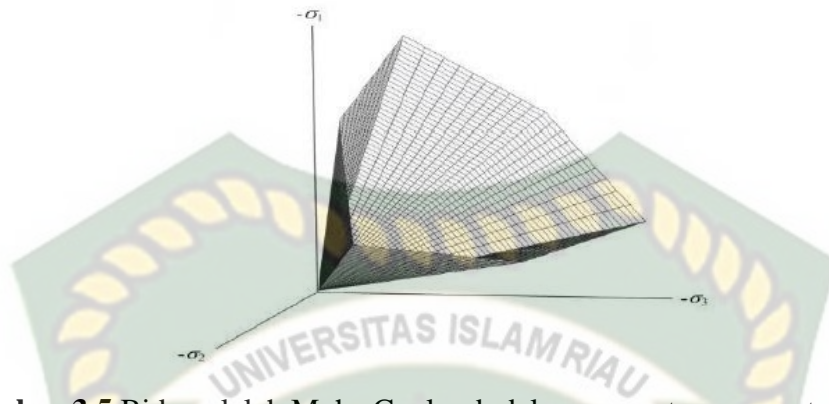
1. Model Linier Elastis

Model ini menyatakan hukum Hooke tentang elastis linier isotropis. Model ini meliputi dua buah parameter kekakuan, yaitu modulus young dan angka pori ν . Model linier elastis sangat terbatas untuk pemodelan perilaku tanah, model ini terutama digunakan pada struktur yang kaku di dalam tanah.

2. Model *Mohr-Coulomb*

Model ini digunakan untuk pendekatan awal terhadap perilaku tanah secara umum, model ini meliputi lima buah parameter, yaitu modulus young (E_s), angka poisson (ν), kohesi (c), sudut gesek dalam (ϕ), dan sudut dilatansi (ψ).

Dua parameter model plastis yang muncul pada kondisi leleh adalah sudut geser (ϕ) dan kohesi (c). Dalam hal fungsi leleh tiap individual persamaan di atas memenuhi kondisi $f_i = 0$, maka seluruh fungsi leleh tersebut secara bersama menggambarkan sebuah kerucut heksagonal didalam ruang tegangan prinsipal, seperti pada gambar 3.5.

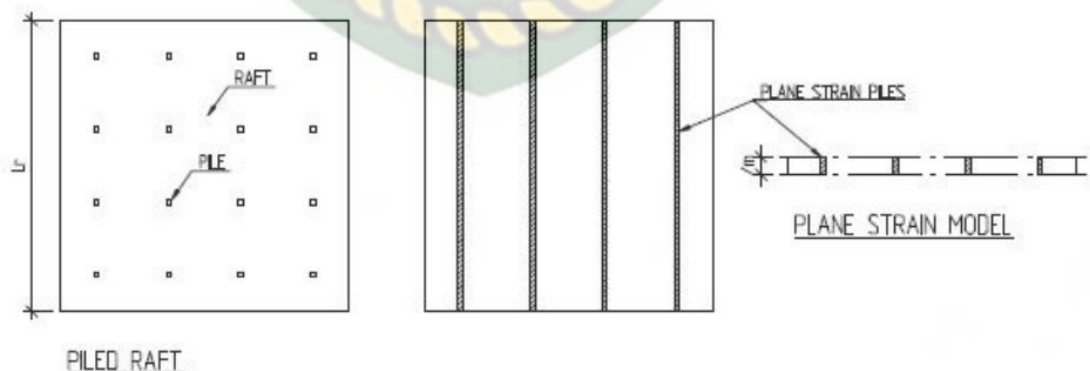


Gambar 3.5 Bidang leleh Mohr-Coulomb dalam ruang tegangan utama ($c=0$)

Untuk $c=0$, kriteria *Mohr-Coulomb* standar mengizinkan adanya tegangan tarik. Faktanya tegangan tarik ijin akan semakin meningkat dengan meningkatnya kohesi. Tetapi pada realitanya, tanah hanya dapat menahan tegangan tarik yang kecil atau tidak sama sekali. Perilaku ini dapat dimodelkan dalam *plaxis* dengan menggunakan pembatasan tegangan tarik.

3.6.2 Pemodelan pelat terpaku dengan tiang kelompok

Untuk memodelkan pelat terpaku dibutuhkan beberapa parameter. Idealisasi geometri susunan tiang pada pelat terpaku dapat digunakan pendekatan yang diusulkan Ryltenius (2011). Rumus Ryltenius (2011) sebagai berikut :



Gambar 3.6 Permodelan regangan bidang pada tiang kelompok (Ryltenius, 2011)

Permodelan pelat terpaku dengan kelompok tiang di atas berbentuk persegi dan terdiri dari 4 baris tiang dengan panjang tiang yang sama.

a. Rasio kekuatan antar muka (R-inter)

Faktor pengurangan *interface* direkomendasikan dengan nilai sebesar 0.80 untuk lempung lunak dan 0.70 untuk pasir, menggunakan persamaan Andre (2011).

$$R_{inter,eq} = \frac{n_{p-baris-i} \cdot A_s}{2 L_r} R_{inter} \quad (3.1)$$

Keterangan :

$n_{p-baris-i}$ = Jumlah tiang dalam baris ke-i

A_s = Luas sisi tiang persatuan ke dalaman (m^2)

L_r = Panjang komponen pelat (m)

b. Kekakuan Normal (EA)

Kekakuan normal (EA) pada pelat dihitung dengan persamaan :

$$EA_{raft} = E h_{raft} \quad (3.2)$$

Keterangan :

E = Modulus Young (kN/m^2)

h = Tebal pelat (m)

Kekakuan normal (EA) pada tiang dihitung dengan persamaan :

$$EA_{psp} = E \cdot A_p \frac{n_{p-row-i}}{L_r} \quad (3.3)$$

Keterangan :

A_p = Luas permukaan tiang (m^2)

$n_{p-row-i}$ = Jumlah tiang dalam baris ke-i

L_r = Panjang komponen tiang (m)

c. Kekakuan Lentur (EI)

Kekakuan lentur (EI) pada pelat dihitung dengan persamaan :

$$EI_{raft} = E \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (3.4)$$

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (kPa)

b = Lebar pelat (m)

h = Tebal pelat (m)

Kekakuan lentur (EI) pada tiang dihitung dengan persamaan :

$$EI_{psp} = E \cdot I \frac{n_{p-row-i}}{L_r} \quad (3.5)$$

Keterangan :

E = Modulus Elastisitas (kPa)

A_t = Luas permukaan tiang (m²)

$n_{p-row-i}$ = Jumlah tiang dalam baris ke-i

L_r = Panjang komponen tiang (m)

d. Berat (w)

Berat (w) pada pelat dapat dihitung dengan persamaan :

$$w = \gamma_{raft} \cdot h_{raft} \quad (3.6)$$

Keterangan :

γ_{raft} = Berat volume pelat (kN/m³)

h_{raft} = Tebal pelat (m)

Berat (w) pada tiang dapat dihitung dengan persamaan :

$$w_{psp} = w_p \frac{n_{p-row-i}}{L_r} \quad (3.7)$$

Keterangan :

w_p = Berat beton bertulang

3.6.3 Jenis Perilaku Material

Parameter model dalam Plaxis bertujuan untuk menyatakan respons tanah dalam kondisi tegangan efektif, yaitu hubungan antara tegangan dan regangan yang terjadi pada butiran tanah. Tekanan air pori yang signifikan akan mempengaruhi respon dari tanah, setiap model tanah terdapat tiga jenis perilaku :

1. Perilaku Terdrainase (*Drained*)

Dengan pilihan ini, tekanan air pori berlebih tidak akan terbentuk sama sekali, jenis perilaku ini diterapkan pada kasus tanah-tanah kering seperti pasir penuh akibat permeabilitas yang tinggi.

2. Perilaku Tak Terdrainase (*Undrained*)

Perilaku ini digunakan untuk pembentukan tekanan air pori berlebih secara penuh, aliran air pori terkadang dapat diabaikan karena permeabilitas yang sangat rendah seperti tanah lempung atau akibat kecepatan pembebanan yang sangat tinggi.

3. Perilaku Tidak Porous (*Non-Porous*)

Tekanan air pori awal maupun tekanan air pori berlebih tidak akan dihitung sama sekali pada klaster-klaster dengan jenis perilaku ini, perilaku tidak porous sering dikombinasikan dengan pengguna model linier elastis, masukan berupa material tanpa pori.

Pada pemodelan Plaxis 2D, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pemodelan adalah sebagai berikut (Maulana, 2013) :

1. Geometri

Untuk membuat model geometri, langkah yang perlu di perhatikan yaitu membuka lembar kerja baru, membuat garis geometri, membentuk lapisan tanah dan struktur, pemilihan jangkar/penyangga yang akan digunakan, serta beban yang bekerja di permukaan, menetapkan kondisi batas yang akan dianalisis.

2. Input parameter material

Memasukkan nilai-nilai parameter tanah sesuai dengan sifat-sifat material dan melakukan idealisasi geometrik terhadap struktur yang direncanakan.

3. Penyusunan jaring elemen

Penyusunan jarring elemen dilakukan untuk menghaluskan jaringan elemen secara global. Pengaturan jaringan elemen disimpan bersama-sama dengan masukan lainnya. Saat masuk kembali ke dalam suatu proyek tanpa mengubah konfigurasi geometrik maupun pengaturan jaringan elemen,

jarring elemen yang sama dapat disusun kembali dengan hanya menekan tombol susun jaring elemen pada toolbar.

4. Kondisi awal

Kondisi awal pada proyek ini membutuhkan perhitungan tekanan air, penonaktifan dari struktur dan beban serta perhitungan tegangan tanah awal. Tekanan air (tekanan air pori dan tekanan air pada kondisi batas eksternal) dapat dihitung dengan dua cara yaitu dengan perhitungan secara langsung berdasarkan masukan dari garis freatik dan tinggi tekan dari permukaan air dalam tanah, atau berdasarkan hasil dari perhitungan aliran air dalam tanah.

5. Perhitungan

Dalam Plaxis, proses-proses ini dapat disimulasikan dengan menggunakan pilihan dalam perhitungan tahapan konstruksi. Tahapan konstruksi memungkinkan pengaktifan dan penonaktifan dari berat, kekakuan dan kekuatan dari komponen-komponen yang diinginkan dalam metode elemen hingga.

3.7 Beton

Beton merupakan pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan lainnya yang sejenis, dengan menambahkan bahan perekat semen dan air sebagai pembantu reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan terjadi. Agregat halus dan kasar merupakan bahan susun kasar campuran dan merupakan komponen utama beton (Dipohusoda, 1993).

Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, beton diperkuat dengan tulangan baja untuk membantu mengatasi kelemahannya, terutama pada bagian yang menahan gaya tarik. Dengan demikian tulangan baja berfungsi untuk memperkuat dan menahan gaya tarik, sedangkan beton berfungsi sebagai penahan gaya tekan. Dalam perkembangannya, didasarkan pada tujuan peningkatan kemampuan kekuatan komponen, sering dijumpai beton dengan tulangan baja keduanya berfungsi sebagai penahan gaya tekan.

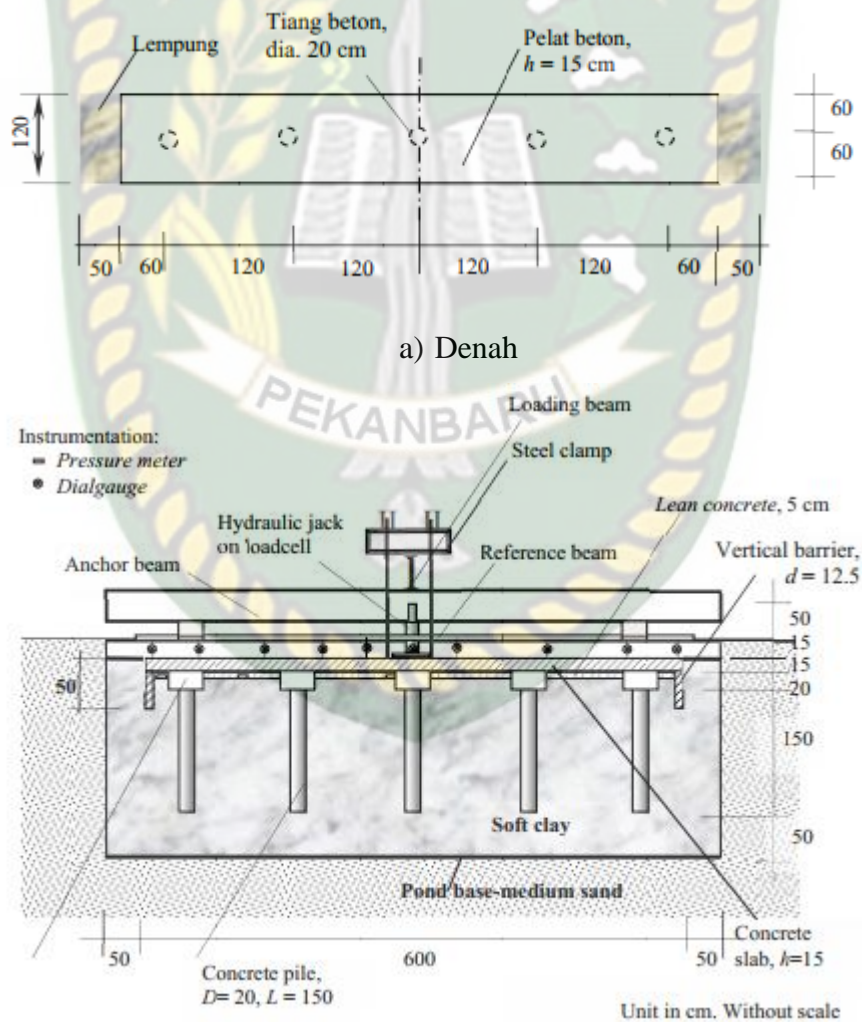
3.8 Timbunan

Timbunan adalah suatu kegiatan meletakkan atau menambahkan volume material yang sejenis atau material lain dengan tujuan meratakan permukaan yang berupa lubang sebelumnya dan atau meninggikan elevasi permukaan untuk mendapatkan kondisi permukaan yang lebih baik. Kegagalan yang sering terjadi pada timbunan yakni kegagalan spesifikasi pekerjaan yang diinginkan. Kegagalan tersebut dapat terjadi pada tanah timbunan dapat berupa longsor ataupun *Settlement* yang terlalu besar dan juga longsor pada sisi timbunan. Sedangkan kegagalan yang terjadi pada *sub-grade* pondasi timbunan yakni tanah pondasi terlalu lunak sehingga daya dukung tanah dalam menahan beban timbunan kecil, akibatnya *settlement* yang terjadi terlalu besar. Tanah timbunan yang dipilih seharusnya disesuaikan dengan kondisi tanah dasar, sehingga nilai *shear strength* yang dihasilkan memadai untuk syarat minimum dalam perhitungan faktor keamanan.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Data Acuan Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang berasal dari hasil uji analisa Sistem Pelat Terpaku (Puri, 2015) untuk Pelat Terpaku dengan satu baris tiang.



Gambar 4.1 Skema uji skala penuh Pelat Terpaku satu baris tiang (Puri, 2015)

4.1.1 Parameter Tanah

Model dan parameter tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan data yang didapat dari penelitian terdahulu yang dilakukan Puri (2015) untuk satu baris tiang. Data-data parameter tanah ditampilkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Model dan parameter tanah (Puri, 2015)

Parameter	Nama	Pasir	Lempung Lunak	Timbunan	Satuan
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	Soft Soil	Soft-Soil	-
Material Behavior	Type	Drained	Drained	Drained	-
Berat Volume Jenuh	γ_{sat}	18,00	16,30	18,00	kN/m ³
Berat Volume Kering	γ_d	20,00	10,90	10,90	kN/m ³
Young's Modulus	E	42750	1790	-	kPa
Poisson Ratio	V	0,35	0,35	-	-
Cohession	C	47,8	19,00	0,00	°
Friction Angle	Φ	1	1,00	30	°
Delatancy Angle	Ψ	1	0,00	0,00	-
Initial Void Ratio	e_0	0,50	1,19	-	-
Modified Compression Index	λ	-	0,12	0,12	-
Modified Swelling Index	K	-	0,02	0,02	-
Interface Strength Ratio	R	0,110	0,80	0,8	-

4.1.2 Parameter Pelat dan Tiang

Pelat terpaku merupakan pelat setebal 15 cm dengan mutu beton K-350. Pada pelat terpaku terdapat 5 tiang pipa beton yang berjarak 120 cm dengan mutu beton K-600. Diameter tiang yang digunakan adalah D=30 cm dan panjang tiang L=150 cm. Data-data parameter pelat dan tiang ditampilkan dalam Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Model dan parameter pelat dan tiang

Parameter	Nama	Lantai Kerja	Pelat	Tiang	Satuan
Material Model	Model	Elastis Linier	Plate	Plate	-
Material Behavior	Type	Non Porous	Elastis	Elastis	-
Kekakuan Normal	EA	-	3799813	6254439	kN/m
Kekakuan Lentur	EI	-	7124,649	1465884	kNm ² /m
Ketebalan ekuivalen	d	-	0,15	1,677	m
Berat	w	-	3,6	4,526	kN/m/m
Rasio Poisson	v	0,2	0,35	0,35	-
Massa Jenis	γ	22	24	24	kN/m ³
Modulus Young	E	17900000	25332084	33167484	kN/m ²
Interface Ratio	R	0,8	0,8	0,8	-

Pada Tabel 4.2 ditampilkan data lantai kerja yang diambil dari penelitian sebelumnya (Solihin, 2019). Data-data pelat dan tiang dihitung dengan menggunakan rumus Ryltenius (2011).

4.2 Objek Penelitian

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah model perkerasan Sistem Pelat Terpaku dengan pelat berukuran (120 cm × 120 cm × 15 cm), diameter tiang pipa beton 30 cm dengan variasi tebal timbunan (0 m; 0,5 m; 1 m; 1,5 m; 2 m; 4 m, 6 m). Perkerasan sistem pelat terpaku pada timbunan di atas tanah lunak adalah seperti pada Gambar 4.2.



a. Denah



b. Potongan Melintang

Gambar 4.2 Pemodelan perkerasan sistem pelat terpaku satu baris tiang

4.3 Tahapan Penelitian

Tahapan-tahapan penelitian pada penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil uji analisis Perkerasan Sistem Pelat Terpaku (Puri, 2015) khusus untuk Pelat Terpaku dengan satu baris tiang. Data-data yang diperlukan berupa :

- a. Data tanah dan beton
- b. Dimensi perkerasan
- c. Pembebanan
- d. Data pendukung lainnya

2. Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini menggunakan Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*) dengan bantuan program “Plaxis 2D”, dengan *output* analisis :

- a. Deformasi pelat
Analisa deformasi pelat berupa penurunan segera dan konsolidasi.
 - b. Tegangan dalam tanah
 - c. Gaya dalam pada pelat
3. Penentuan variasi model
Variasi model pelat terpaku dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.3 Variasi Model Pelat Terpaku

No	Model Pelat Terpaku	Variasi tinggi timbunan H (m)	Titik beban pada pelat
1	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	0	Di tepi Di tengah
2	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	0,5	Di tepi Di tengah
3	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	1	Di tepi Di tengah
4	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	1,5	Di tepi Di tengah
5	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	2	Di tepi Di tengah

Tabel 4.3 Lanjutan

6	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	3	Di tepi Di tengah
7	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	4	Di tepi Di tengah
8	Pengujian pelat terpaku dengan satu baris tiang (120 cm × 600 cm × 15 cm) Ukuran tiang D = 30 cm, t = 150 cm Tebal lempung lunak 600 cm	6	Di tepi Di tengah

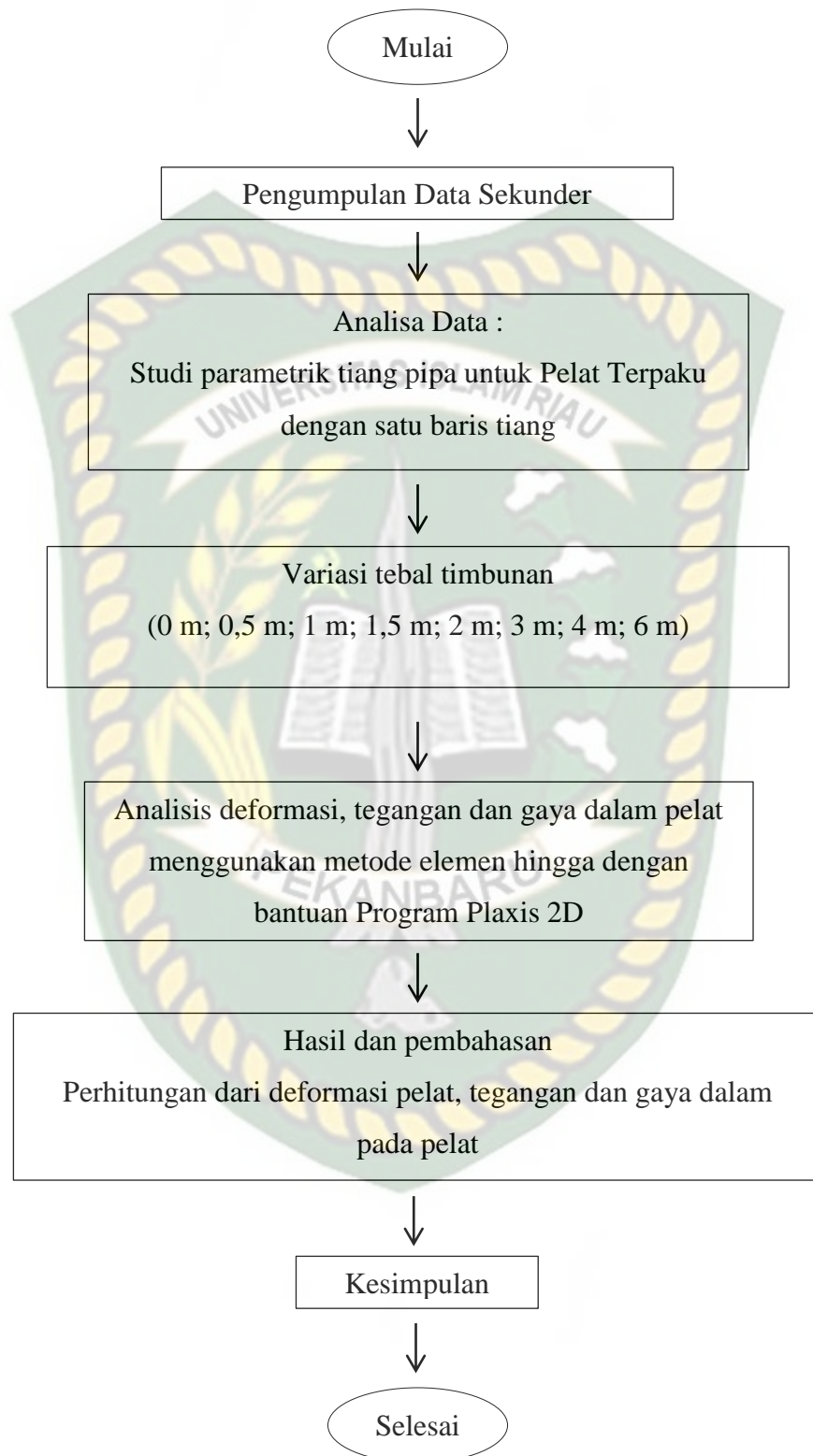
4. Hasil dan pembahasan

Setelah dilakukan analisa perilaku perkerasan dengan menggunakan metode elemen hingga, maka akan didapatkan hasil dari perhitungan deformasi, tegangan dalam tanah dan gaya dalam pada pelat.

5. Kesimpulan

Menyimpulkan perilaku deformasi pada sistem pelat terpaku akibat variasi tebal timbunan yang digunakan, serta menentukan dapat atau tidak dapat diterapkan secara langsung dalam perencanaan perkerasan Sistem Pelat Terpaku berupa perhitungan deformasi pelat, tegangan dalam tanah dan gaya dalam pada pelat.

Lebih jelasnya, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Bagan Alir Penelitian

4.4 Cara Analisa

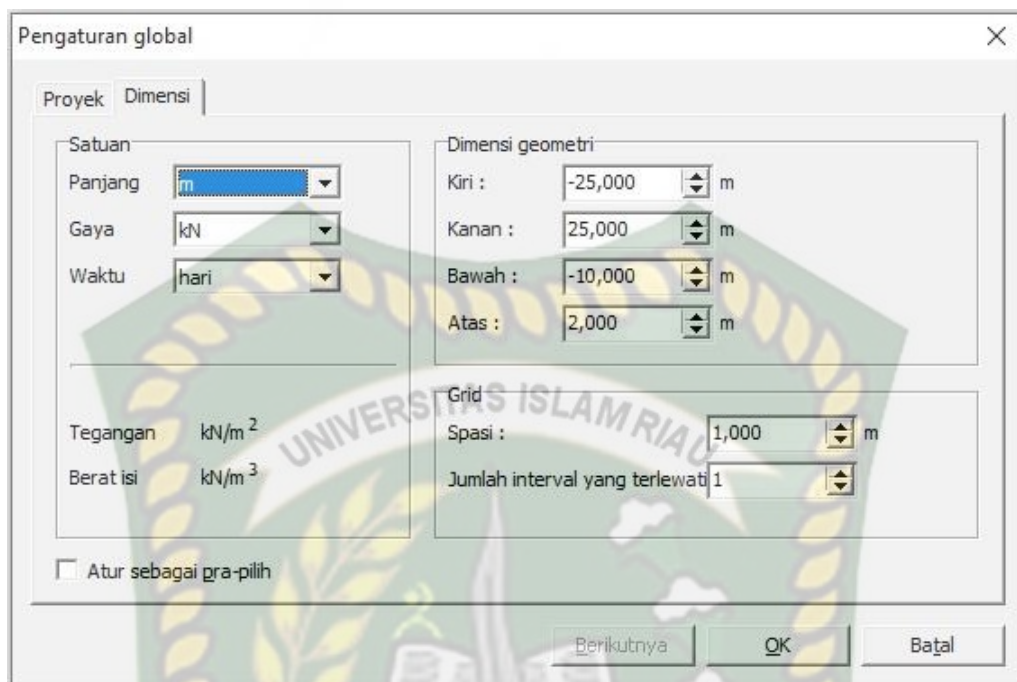
Analisa deformasi, tegangan dan gaya dalam pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode elemen hingga *plain strain* dengan bantuan program Plaxis 2D v.8.2. Lantai Kerja dimodelkan sebagai elemen *Soil & Interface* dengan input material beton model *Linier Elastic* dan perilaku *Non Porous*. Perkerasan dimodelkan sebagai *Plate* dengan perilaku *Elastic*. Tanah lempung menggunakan model *Soft Soil* dengan perilaku *Drained*. Tanah timbunan menggunakan model *Soft Soil* dengan perilaku *Drained*.

Berikut merupakan tampilan dari program Plaxis 2D versi 8.6 :

1. Pengaturan Global

Langkah pertama adalah mengatur parameter dasar dari model elemen hingga yang dilakukan dalam jendela pengaturan global. Pengaturan ini berisi deskripsi pekerjaan, jenis analisis, jenis elemen, satuan dasar dan ukuran bidang gambar.

(a) Lembar-tab Proyek



(b) Lembar-tab Dimensi

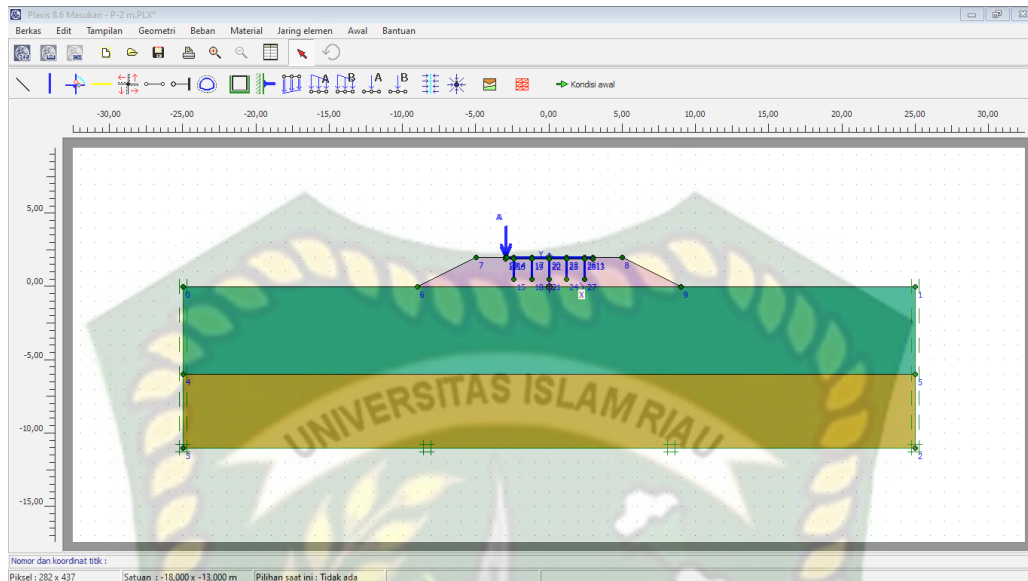
Gambar 4.4 Pengaturan Global Plaxis

Gambar (a) merupakan tahapan yang dilakukan untuk penamaan proyek dan penentuan model serta jumlah titik nodal elemen yang dipakai Sedangkan Gambar (b) berisi penggunaan satuan yang akan dipakai dalam pemodelan.

2. Pemodelan Pelat Terpaku

Langkah selanjutnya adalah memasukkan geometri tanah dan pelat terpaku sesuai dengan model yang digunakan pada penelitian menggunakan garis geometri dan pelat. Membuat geometri dimulai dengan cara menarik garis pada *grid* yang tersedia pada program masukan. Setiap lapisan struktur yang dibutuhkan juga dimodelkan pada tahap ini.

Jika seluruh pemodelan sudah selesai dilakukan, berikan kondisi batas berupa jepit standar. Kemudian input beban yang akan bekerja pada permukaan jalan berupa beban merata yang berada di pinggir dan juga di tengah pelat.

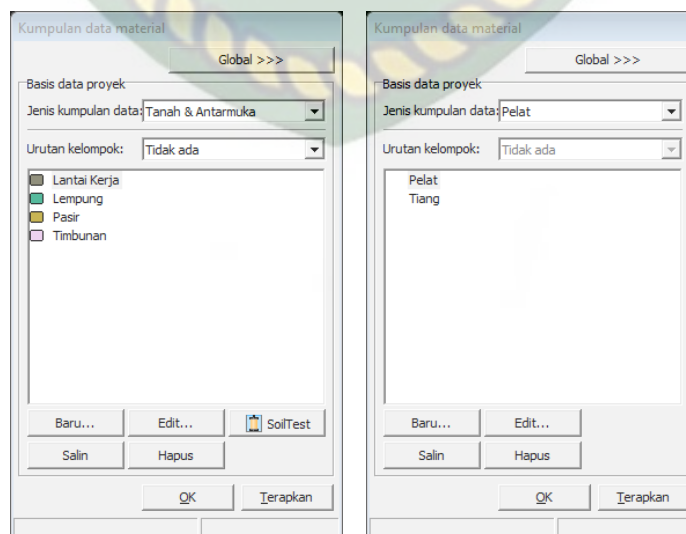


Gambar 4.5 Pemodelan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku

Gambar 4.4 merupakan pemodelan tanah, pelat terpaku dan pembebanan pada perkerasan sistem pelat terpaku.

3. Pengaturan Material

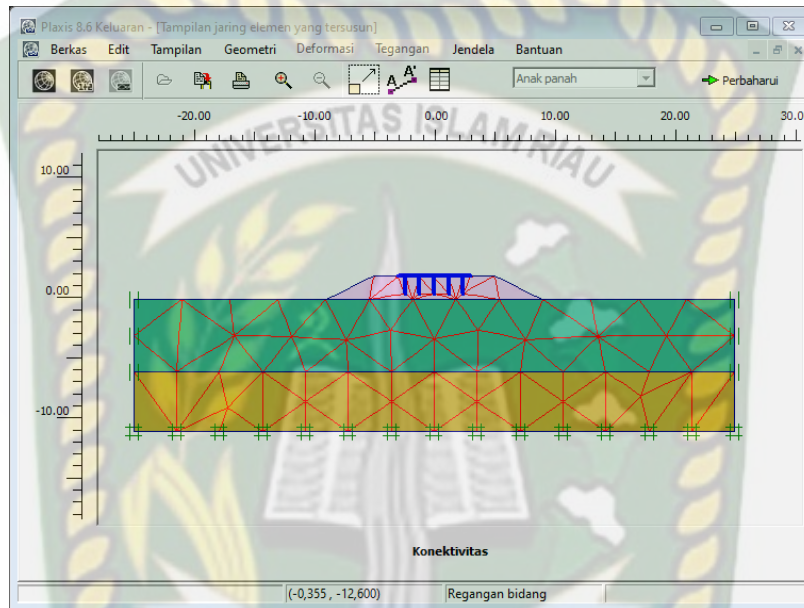
Tentukan parameter material yang digunakan pada setiap lapisan tanah dan struktur perkerasan. Parameter tanah dan lantai kerja dapat dimasukkan pada jenis Tanah & Antarmuka. Sedangkan pelat dan tiang dimasukkan pada jenis Pelat.



Gambar 4.6 Jendela Material

4. Pengaturan Jaring Elemen

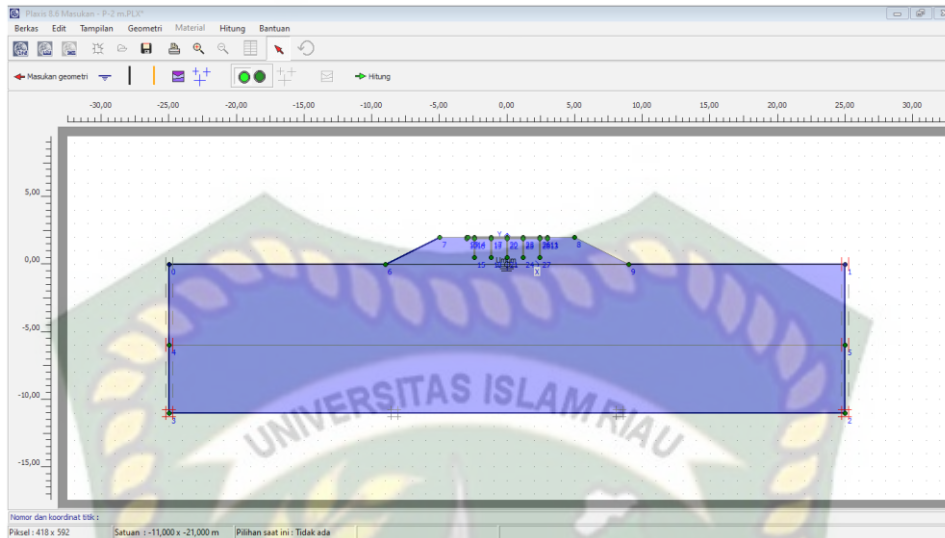
Setelah model geometri selesai, maka dilakukan pengaturan jaring elemen yang bertujuan untuk mempermudah perhitungan dengan metode elemen hingga dan memperoleh hasil lebih akurat.



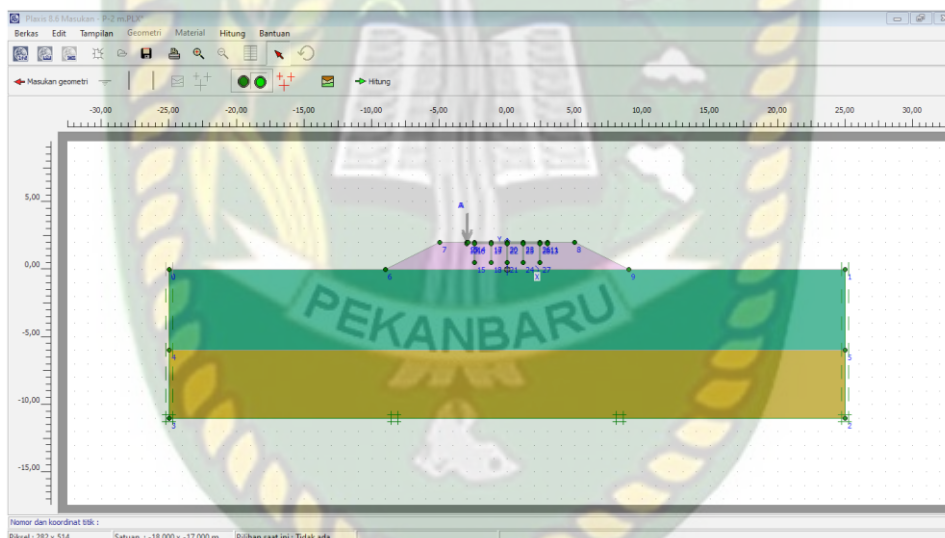
Gambar 4.7 Pengaturan Jaring Elemen

5. *initial condition*

Innitial Condition atau kondisi awal dilakukan sebelum memulai tahap perhitungan untuk memberi kondisi pada tanah agar sesuai keadaan aslinya. Terdapat dua modus kondisi awal, yaitu tekanan air pori (*initial water pressure*) yang digunakan untuk menentukan kondisi struktur berada dalam kondisi basah atau kering, dan tekanan awal (*initial stress*) yang digunakan pada pemodelan yang tidak memiliki kemiringan.



(a) Tekanan Air Awal

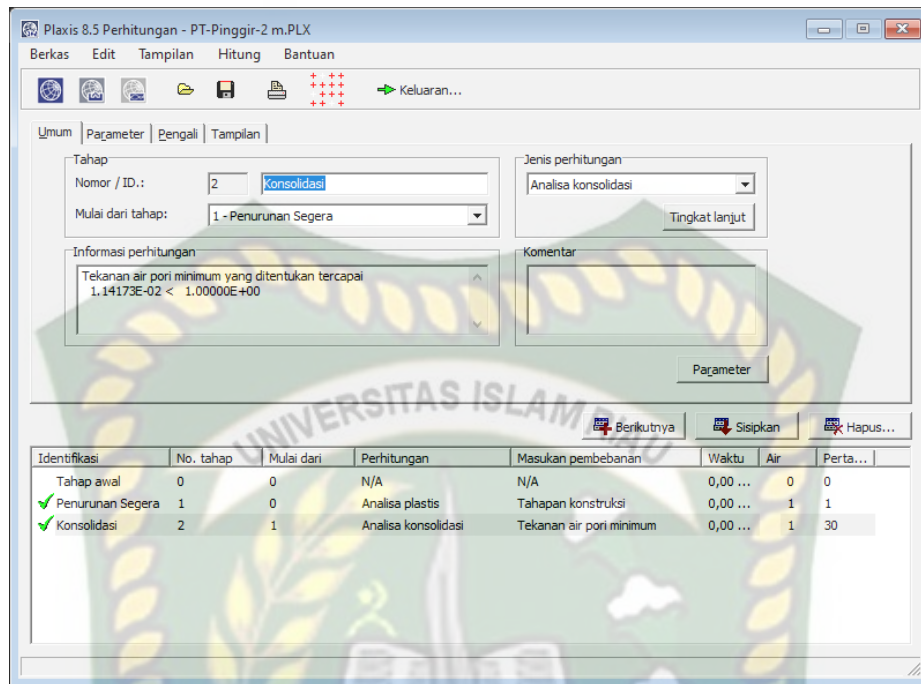


(b) Tegangan Awal

Gambar 4.8 Tahapan Kondisi Awal (*initial condition*)

6. Kalkulasi

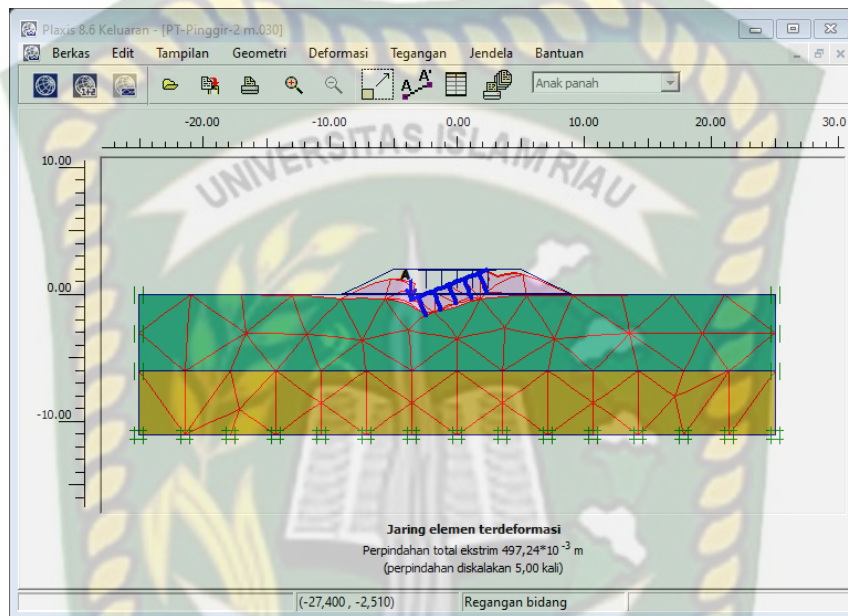
Kalkulasi (*calculation*) dimulai dengan menentukan setiap tahapan yang akan diperhitungkan. Urutan pekerjaan dapat dihitung secara individu ataupun saling terkait secara berurutan.



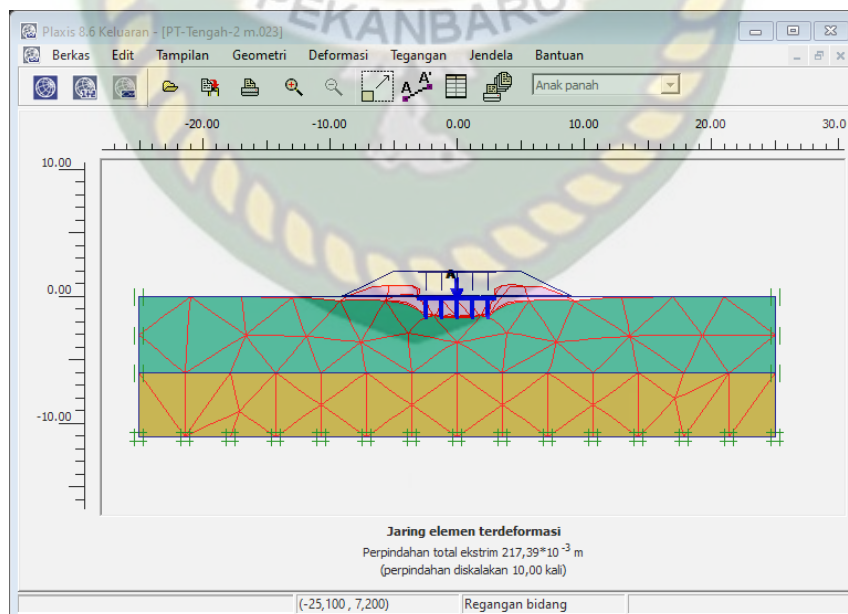
Gambar 4.9 Tahapan kalkulasi

7. Output

Setelah proses perhitungan selesai dilakukan, semua analisa data pada penelitian ini berupa deformasi, tegangan dan gaya dalam pada pelat dapat dilihat dalam Program Plaxis Keluaran (*Output*).



a) Pelat Terpaku beban di pinggir



b) Pelat Terpaku beban di tengah

Gambar 4.10 Tampilan Output Plaxis

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

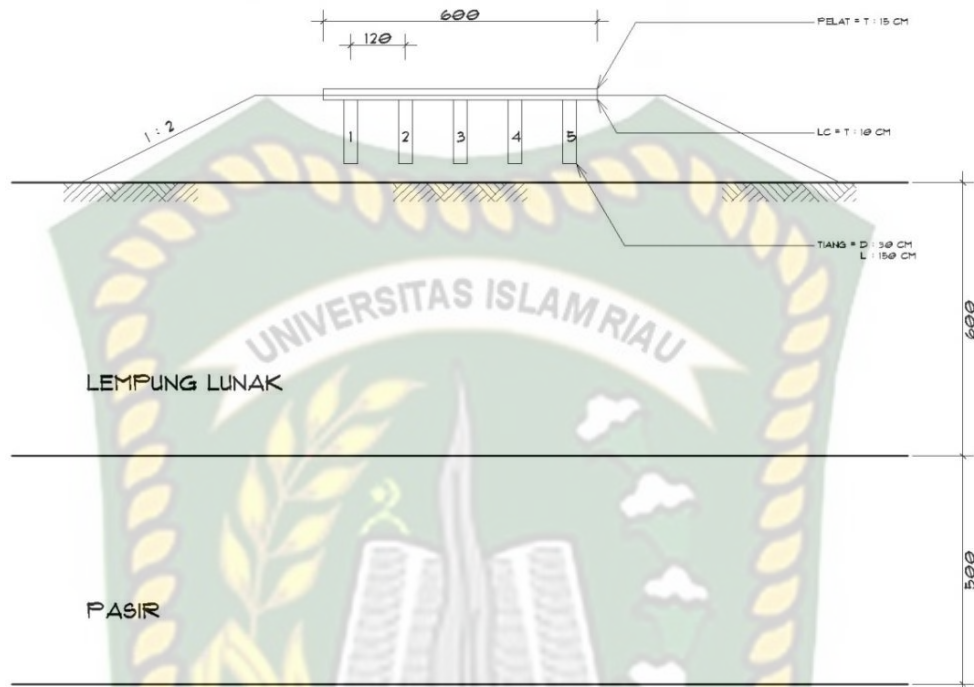
5.1 Deskripsi Umum

Sistem pelat terpaku (*Nailed Slab System*) yang ditemukan oleh Hary Christady Hardiyatmo (2008) adalah suatu perkerasan beton bertulang yang didukung oleh tiang-tiang beton mini. Tiang-tiang yang dipasang di bawah pelat berfungsi sebagai pemgaku pelat-tiang-tanah disekitarnya menciptakan suatu perkerasan yang lebih kaku dan lebih tahan terhadap deformasi tanah.

Perkerasan Sistem Pelat Terpaku satu baris tiang terdiri dari pelat berukuran 120 cm × 600 cm × 15 cm yang dibuat monolit dengan 5 tiang berukuran 30 cm berjarak 120 cm. Penerapannya pada Sistem Pelat Terpaku perkerasan diberi beban tekan sebesar $P = 707,355 \text{ kN/m}^2$ yang terletak di pinggir dan di tengah pelat terpaku. Dalam perhitungan digunakan timbunan berupa tanah dengan material model *Soft-Soil* yang di tambahkan secara bertahap dengan variasi tebal (0 m; 0,5 m; 1 m; 1,5 m; 2 m; 3 m; 4 m; dan 6 m). Hasil dan pembahasan berupa deformasi, tegangan dalam tanah dan gaya dalam pada Sistem Pelat Terpaku.

5.2 Perilaku Sistem Pelat Terpaku Akibat Pengaruh Variasi Tebal Timbunan

Perhitungan nilai deformasi, tegangan dalam tanah dan gaya dalam pada Sistem Pelat Terpaku menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*) dengan bantuan Program Plaxis 2D v.8.2. Pemodelan pelat terpaku seperti Gambar 5.1.



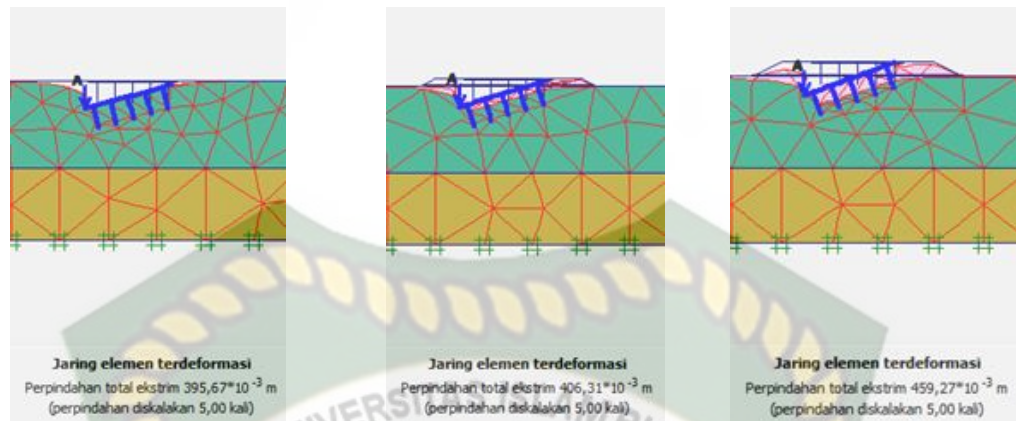
Gambar 5.1 Model pelat terpaku satu baris tiang dengan timbunan 2 m

5.1.1 Deformasi pada Pelat Terpaku

Data-data yang digunakan dalam penelitian merupakan hasil uji analisis Perkerasan Sistem Pelat Terpaku (Puri, 2015) untuk pelat terpaku satu baris tiang. Berikut hasil analisa deformasi pada pelat terpaku akibat beban P dengan analisa beban di pinggir dan di tengah pelat dan variasi timbunan.

5.1.1.1 Deformasi pada pelat (m)

Hasil analisa deformasi pelat terpaku pada timbunan di atas tanah lunak dengan analisa beban di pinggir pelat terjadi seperti pada Gambar 5.2.



(0,396 m)

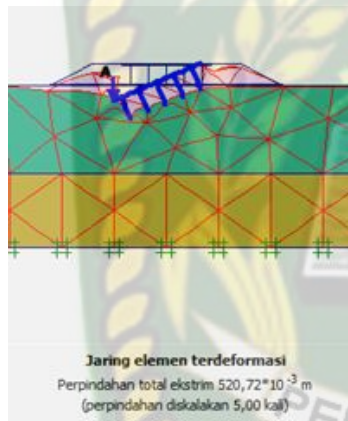
(0,406 m)

(0,459 m)

a. Tebal timbunan 0 m

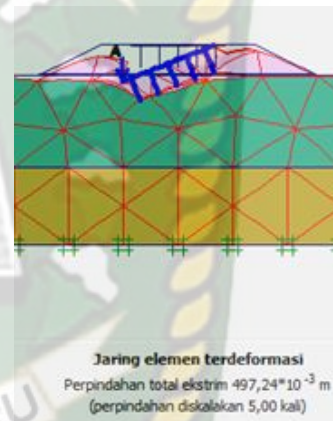
b. Tebal timbunan 0,5 m

c. Tebal timbunan 1 m



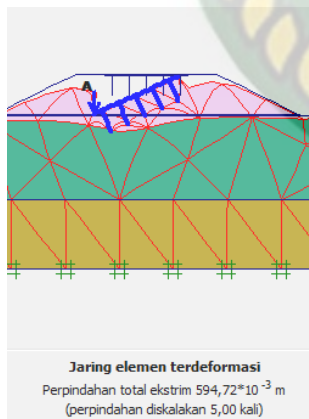
(0,521 m)

d. Tebal timbunan 1,5 m



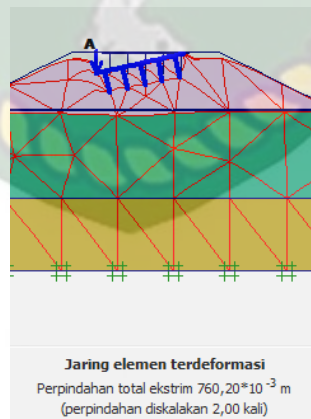
(0,497 m)

e. Tebal timbunan 2 m



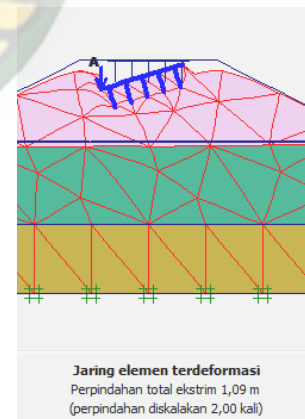
(0,545 m)

f. Tebal timbunan 3 m



(0,760 m)

g. Tebal timbunan 4 m



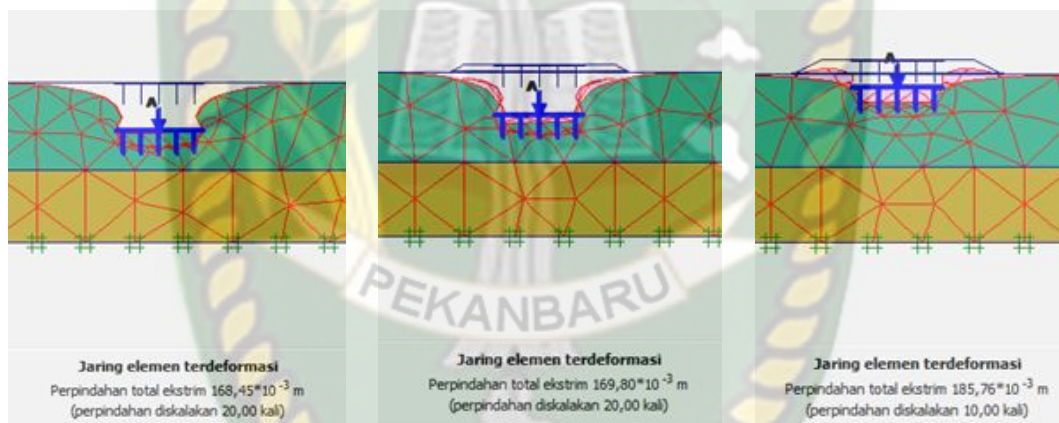
(1,090 m)

h. Tebal timbunan 6 m

Gambar 5.2 Hasil deformasi pelat analisa beban di pinggir akibat beban P

Hasil analisa deformasi sistem pelat terpaku pada timbunan di atas tanah lunak dengan analisa beban di pinggir pelat, mengalami penambahan nilai deformasi seiring dengan penambahan ketebalan timbunan. Pada pelat terpaku dengan timbunan 0 m terjadi deformasi sebesar 0,396 m, ketika tebal timbunan ditambah menjadi 0,5 m pelat mengalami deformasi sebesar 0,406 m, pada timbunan 1 m deformasi sebesar 0,459 m, pada timbunan 1,5 m deformasi sebesar 0,521 m, pada timbunan 2 m terjadi deformasi sebesar 0,497 m, pada timbunan 3 m terjadi deformasi sebesar 0,545 m, pada timbunan 4 m terjadi deformasi sebesar 0,760 m, sampai pada timbunan 6 m terjadi deformasi sebesar 1,090 m.

Pada pelat terpaku analisa beban ditengah pelat, deformasi yang terjadi seperti pada gambar 5.3.



(0,168 m)

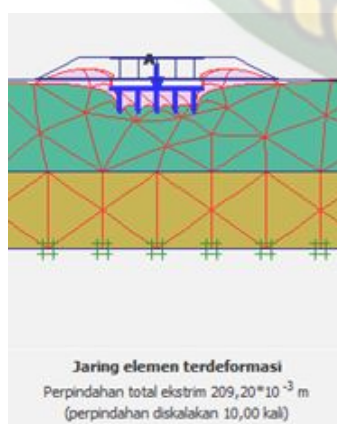
(0,170 m)

(0,186 m)

a. Tebal timbunan 0 m

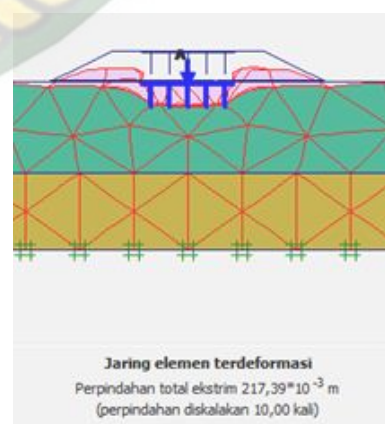
b. Tebal timbunan 0,5 m

c. Tebal timbunan 1 m



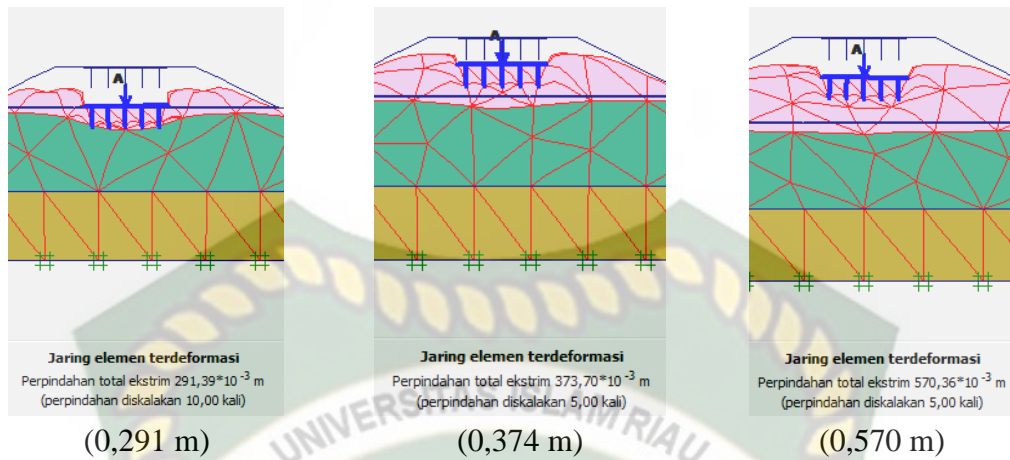
(0,209 m)

d. Tebal timbunan 1,5 m



(0,217 m)

e. Tebal timbunan 2 m

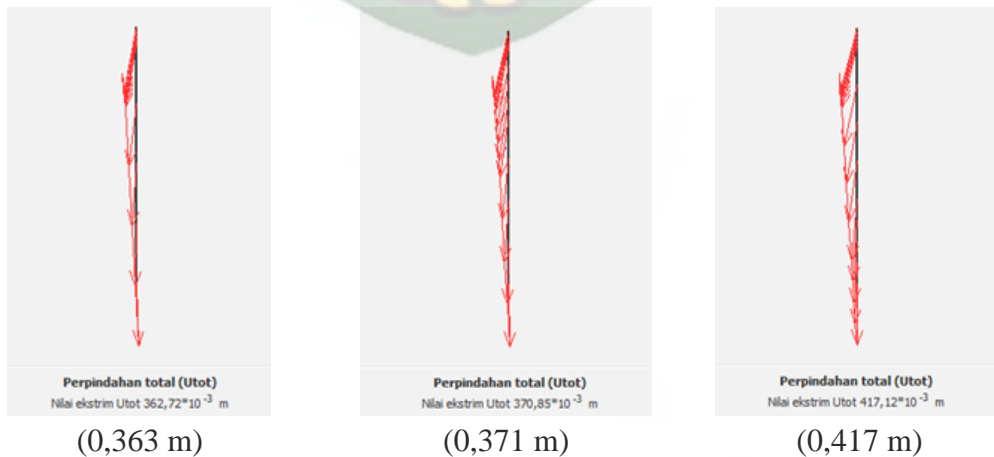


f. Tebal timbunan 3 m g. Tebal timbunan 4 m h. Tebal timbunan 6 m

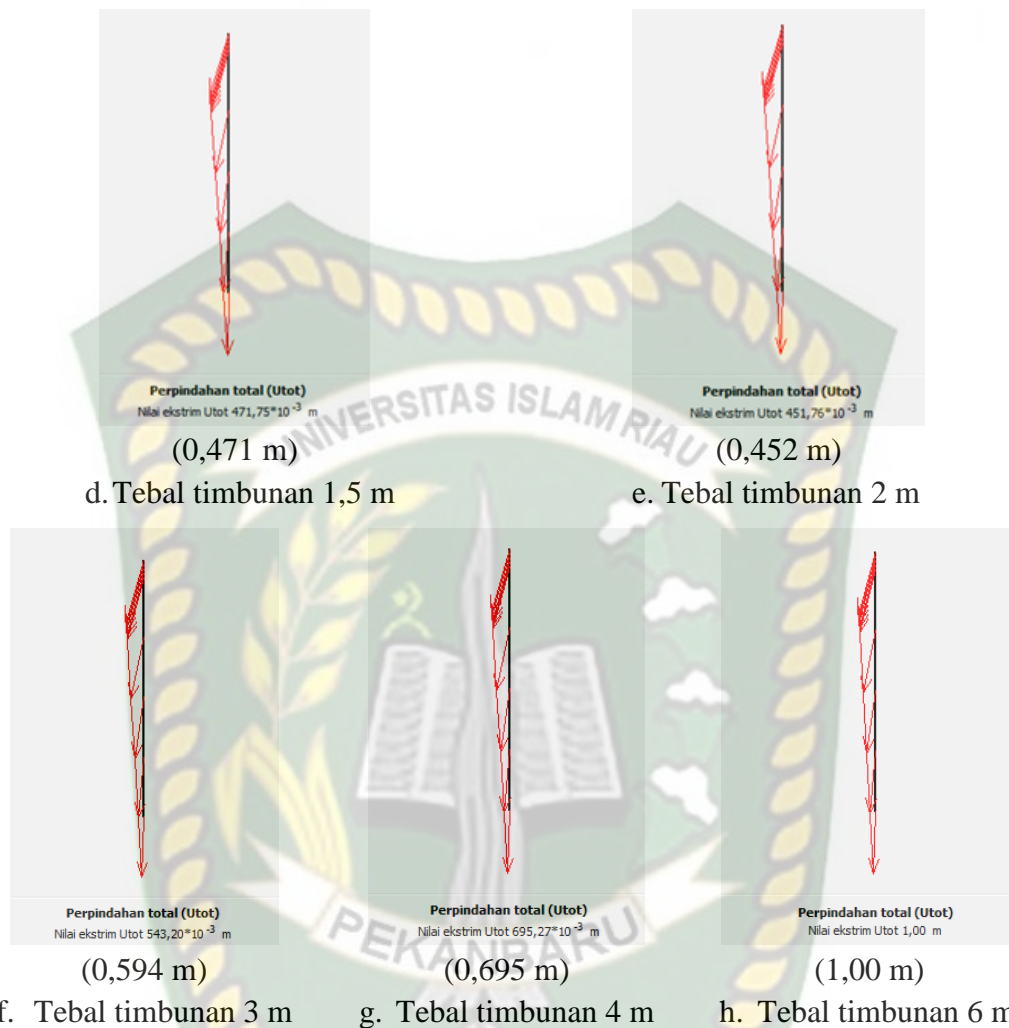
Gambar 5.3 Hasil deformasi pelat analisa beban di tengah akibat beban P

Hasil analisa deformasi pada sistem pelat terpaku pada timbunan di atas tanah lunak dengan analisa beban di tengah pelat, menunjukkan bahwa nilai deformasi meningkat akibat penambahan tebal timbunan. Pada pelat terpaku dengan timbunan 0 m terjadi deformasi sebesar 0,168 m, ketika tebal timbunan ditambah menjadi 0,5 m pelat mengalami deformasi sebesar 0,170 m, pada timbunan 1 m terjadi deformasi sebesar 0,186 m, pada timbunan 1,5 m terjadi deformasi sebesar 0,209 m, pada timbunan 2 m deformasi sebesar 0,217 m, pada timbunan 3 m deformasi sebesar 0,291 m, timbunan 4 m deformasinya sebesar 0,374 m, sampai pada timbunan 6 m deformasi sebesar 0,570 m.

5.1.1.2 Deformasi yang terjadi pada tiang (m)



a. Tebal timbunan 0 m b. Tebal timbunan 0,5 m c. Tebal timbunan 1 m



d. Tebal timbunan 1,5 m

e. Tebal timbunan 2 m

f. Tebal timbunan 3 m

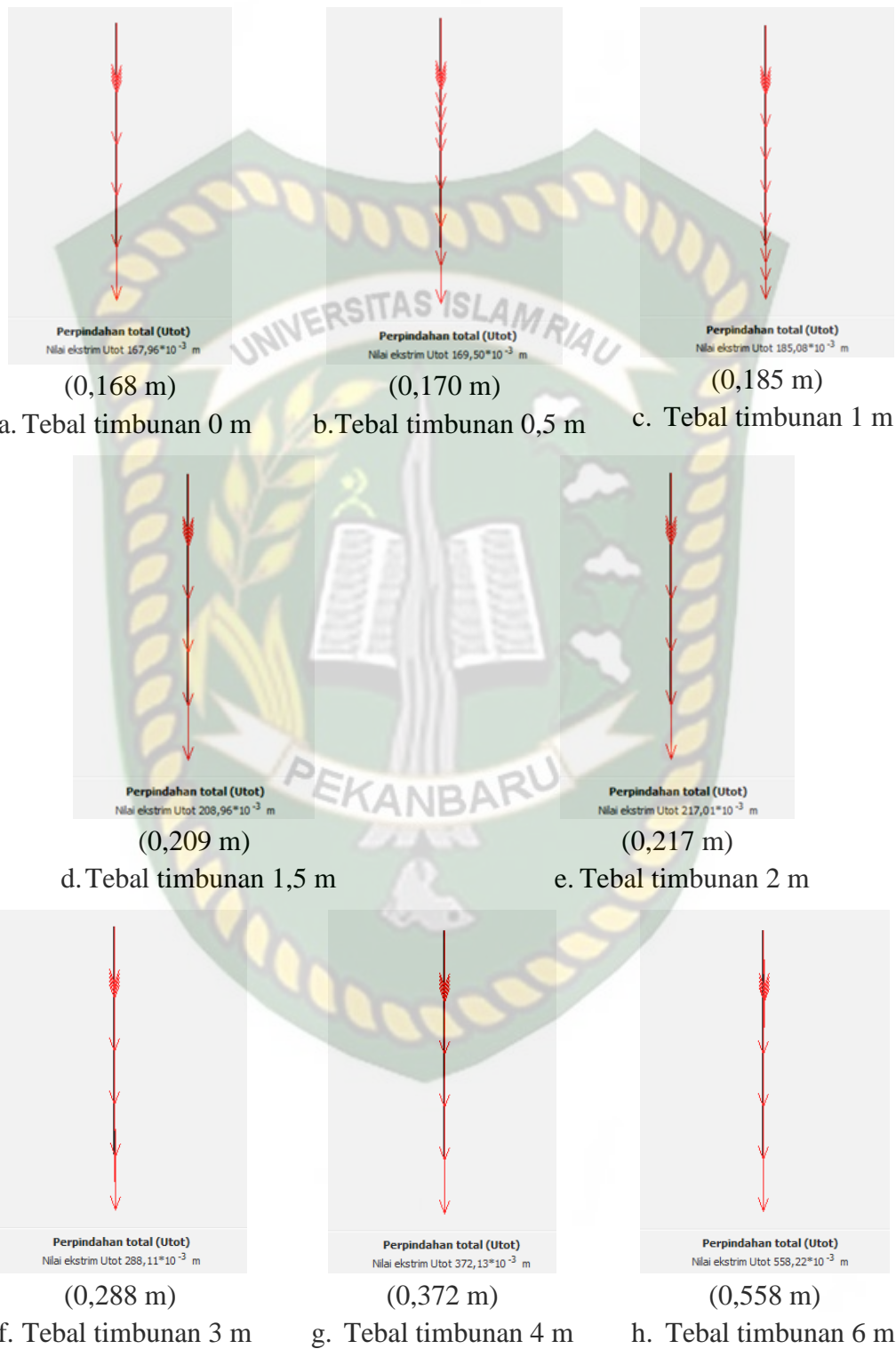
g. Tebal timbunan 4 m

h. Tebal timbunan 6 m

Gambar 5.4 Hasil deformasi pada tiang 1 analisa beban di pinggir akibat beban P

Deformasi maksimum terjadi pada tiang yang paling dekat dengan posisi beban. Pada pelat terpaku dengan timbunan 0 m terjadi deformasi pada tiang sebesar 0,363 m, ketika tebal timbunan ditambah menjadi 0,5 m terjadi deformasi sebesar 0,371 m, pada timbunan 1 m terjadi deformasi sebesar 0,417 m, pada timbunan 1,5 m deformasi sebesar 0,472 m, pada timbunan 2 m deformasi pada tiang sebesar 0,452 m, pada timbunan 3 m deformasi sebesar 0,543 m, timbunan 4 m deformasi sebesar 0,695 m, sampai pada timbunan 6 m deformasinya sebesar 1,0 m.

Pada analisa beban ditengah pelat, deformasi yang terjadi pada tiang seperti gambar 5.5.



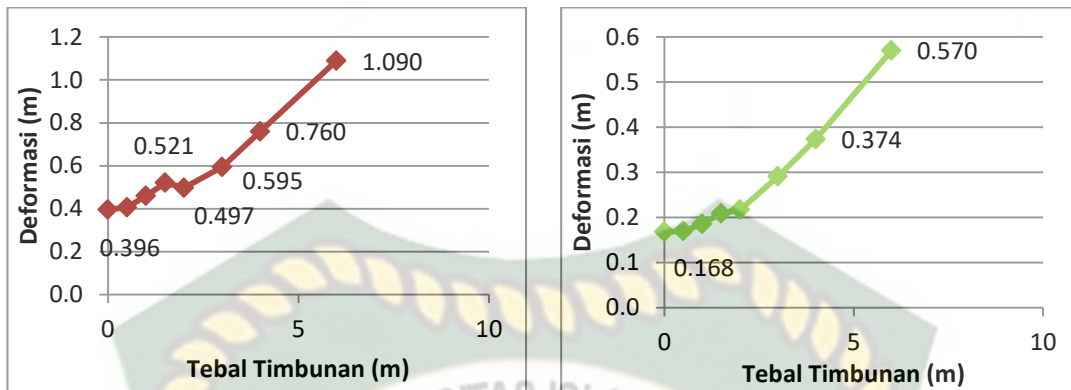
Gambar 5.5 Hasil deformasi pada tiang 3 analisa beban di tengah akibat beban P

Deformasi yang terjadi pada tiang dengan analisa beban di tengah pelat variasi timbunan 0 m sebesar 0,168 m, pada pelat terpaku dengan timbunan 0,5 m deformasi pada tiang sebesar 0,170 m, pada timbunan 1 m deformasi pada tiang sebesar 0,185 m, pada timbunan 1,5 m deformasi pada tiang sebesar 0,209 m, pada pelat terpaku dengan timbunan 2 m deformasi pada tiang sebesar 0,217 m, pada timbunan 3 m terjadi deformasi sebesar 0,288 m, pada timbunan 4 m deformasi sebesar 0,372 m, sampai pada timbunan 6 m deformasi pada tiang sebesar 0,558 m.

Tabel 5.1 Deformasi pada sistem pelat terpaku

Tebal Timbunan (m)	Deformasi pada Pelat (m)		Deformasi pada Tiang (m)	
	Pinggir	Tengah	Pinggir	Tengah
0	0.396	0.168	0.363	0.168
0.5	0.406	0.170	0.371	0.170
1	0.459	0.186	0.417	0.185
1.5	0.521	0.209	0.472	0.209
2	0.497	0.217	0.452	0.217
3	0.595	0.291	0.543	0.288
4	0.760	0.374	0.695	0.372
6	1.090	0.570	1.000	0.558

Tabel 5.1 menunjukkan peningkatan nilai deformasi akibat beban P pada sistem pelat terpaku dengan variasi timbunan. Pelat terpaku dengan analisa beban di pinggir pelat menghasilkan nilai deformasi yang lebih besar daripada yang terjadi pada pelat terpaku dengan analisa beban di tengah pelat, terjadi penurunan nilai deformasi pada pelat terpaku dengan timbunan 2 m analisa beban di pinggir pelat seperti pada Gambar 5.6.



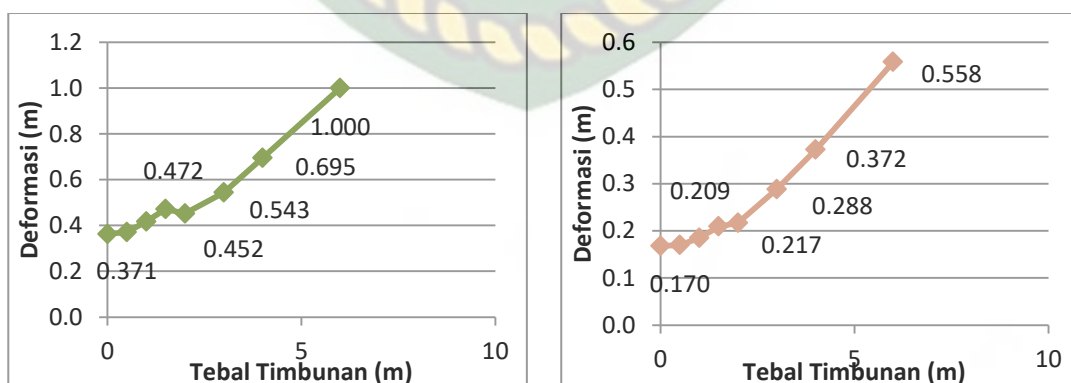
a. Beban di pinggir pelat

b. Beban di tengah pelat

Gambar 5.6 Hasil deformasi pada pelat akibat beban P

Pada Gambar 5.4 terlihat bahwa penambahan tebal timbunan menyebabkan peningkatan nilai deformasi yang terjadi pada tanah. Penambahan tebal timbunan menyebabkan beban yang diberikan pada tanah dasar juga bertambah sehingga deformasi terus meningkat seiring dengan penambahan tebal timbunan. Terjadi penurunan nilai deformasi pada pelat terpaku analisa beban di pinggir pelat dengan timbunan 2 m yang kemudian kembali meningkat pada timbunan 3 m. Nilai deformasi paling besar terjadi pada pelat terpaku dengan timbunan 6 m.

Grafik hasil perhitungan deformasi yang terjadi pada tiang akibat beban P analisa beban di pinggir dan di tengah pelat seperti pada Gambar 5.7.



a. Beban di pinggir pelat

b. Beban di tengah pelat

Gambar 5.7 Hasil deformasi pada tiang di dekat beban akibat beban P

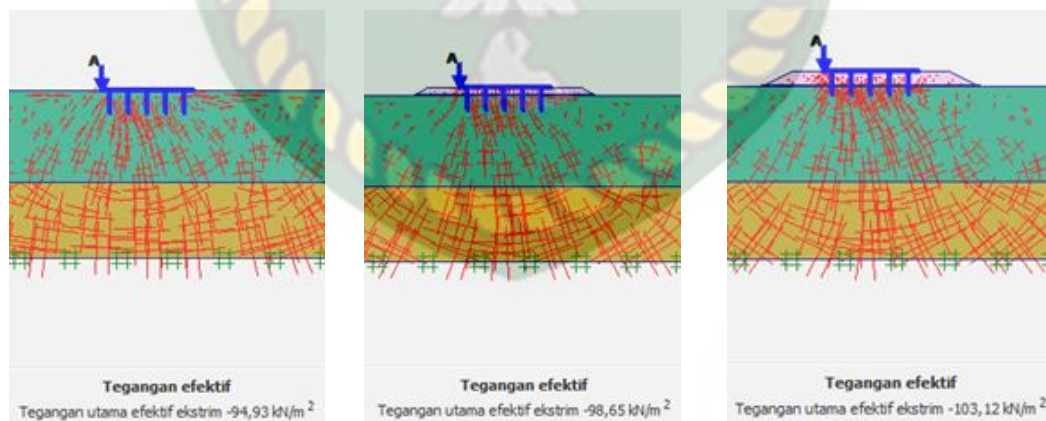
Pada Gambar 5.7 terlihat bahwa deformasi meningkat setelah penambahan tebal timbunan, semakin tebal timbunan maka semakin besar nilai deformasi yang terjadi pada tiang, tetapi pada pelat terpaku analisa beban di pinggir pelat, deformasi pada variasi timbunan 2 m mengalami penurunan, kemudian meningkat kembali pada timbunan 3 m. Hasil deformasi tertinggi terjadi pada tiang dengan tebal timbunan 6 m.

5.1.2 Tegangan dalam tanah

Berikut hasil analisa tegangan dalam tanah pada sistem pelat terpaku akibat beban P sebesar $707,355 \text{ kN/m}^2$ berupa tegangan efektif dan tegangan total yang ditinjau pada titik A di dekat beban dengan analisa beban di pinggir dan di tengah pelat dan variasi timbunan.

5.1.2.1 Tegangan Efektif (kN/m^2)

Tegangan dalam tanah berupa tegangan efektif akibat beban P analisa beban di pinggir dan di tengah pelat dan variasi timbunan pada pelat terpaku satu baris tiang adalah sebagai berikut.



(-94,930 kN/m^2)

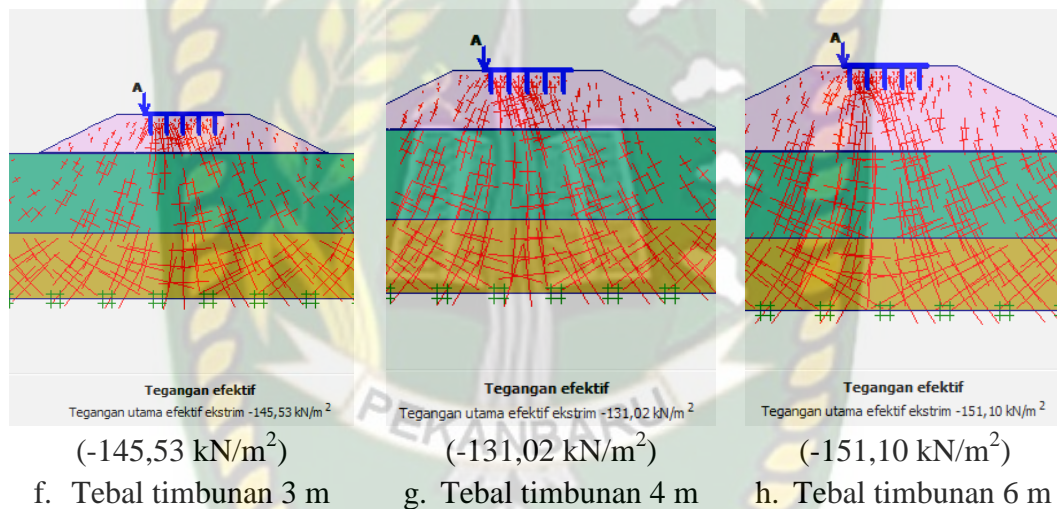
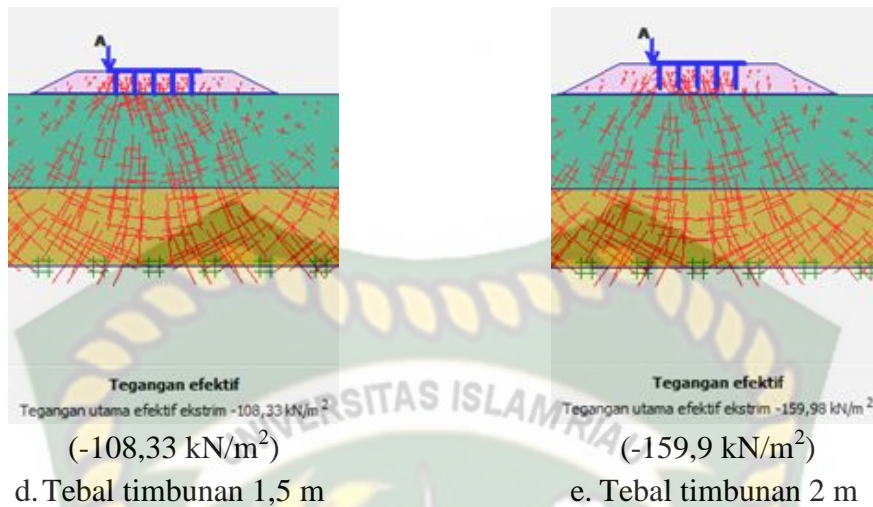
a. Tebal timbunan 0 m

(-98,650 kN/m^2)

b. Tebal timbunan 0,5 m

(-103,12 kN/m^2)

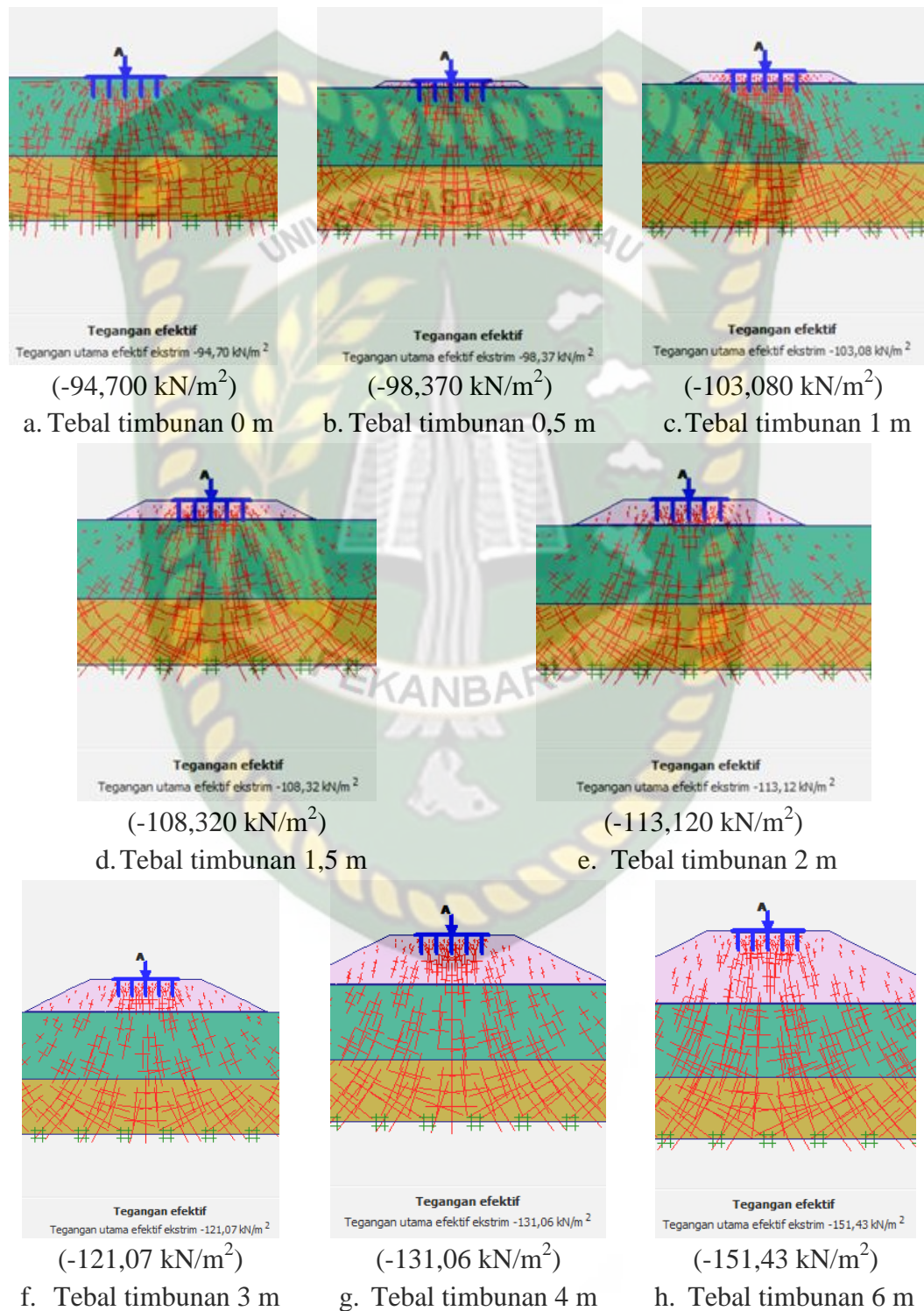
c. Tebal timbunan 1 m



Gambar 5.8 Tegangan efektif di dekat beban analisa beban di pinggir pelat

Hasil uji pelat terpaku analisa beban di pinggir pelat dengan penambahan timbunan menyebabkan nilai tegangan meningkat. Nilai tegangan efektif bertambah secara bertahap dimulai dengan pelat terpaku dengan timbunan 0 m nilai tegangan efektif sebesar $-94,930 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 0,5 m terjadi tegangan efektif sebesar $-98,650 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 1 m sebesar $-103,330 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 1,5 m sebesar $-108,330 \text{ kN/m}^2$, tegangan efektif maksimum terjadi pada pelat terpaku dengan timbunan 2 m sebesar $-159,980 \text{ kN/m}^2$, sampai pada pelat terpaku dengan timbunan 6 m nilai tegangan efektif sebesar $-151,100 \text{ kN/m}^2$.

Pada analisa beban di tengah pelat, tanah mengalami tegangan efektif seperti pada Gambar 5.9.



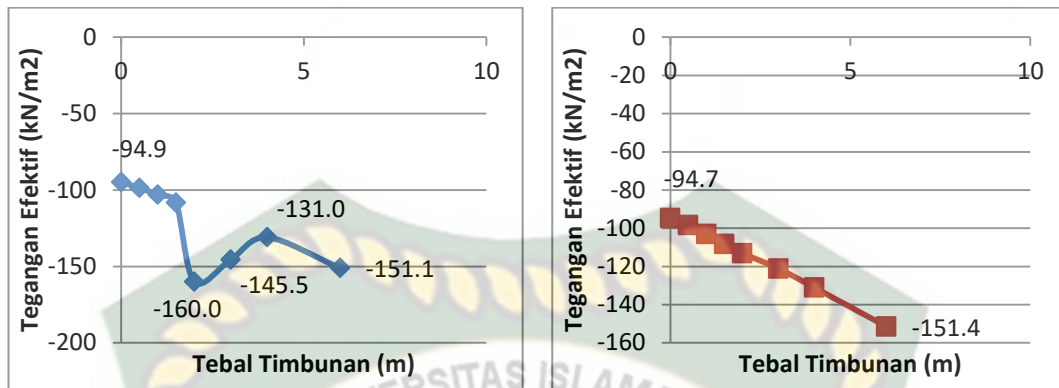
Gambar 5.9 Tegangan efektif di dekat beban analisa beban di tengah pelat

Dari hasil pengujian pelat terpaku analisa beban di tengah pelat menyebabkan peningkatan nilai tegangan efektif dalam tanah. Tegangan efektif pada pelat terpaku dengan timbunan 0 m sebesar $-94,700 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 0,5 m sebesar $-98,370 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 1 m sebesar $-103,080 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 1,5 m sebesar $-108,320 \text{ kN/m}^2$, tegangan efektif maksimum terjadi pada pelat terpaku dengan tebal timbunan 2 m sebesar $-113,120 \text{ kN/m}^2$, sampai pada pelat terpaku dengan timbunan 6 m nilai tegangan efektif sebesar $-151,430 \text{ kN/m}^2$.

Tabel 5.2 Tegangan efektif dalam tanah di dekat beban P (kN/m^2)

Tebal Timbunan (m)	Tegangan Efektif (kN/m^2)	
	Pinggir	Tengah
0	-94,930	-94,700
0,5	-98,650	-98,370
1	-103,120	-103,080
1,5	-108,330	-108,320
2	-159,980	-113,120
3	-145,530	-121,070
4	-131,020	-131,060
6	-151,100	-151,430

Tabel 5.2 menunjukkan nilai tegangan yang terjadi dalam tanah akibat beban P dengan variasi timbunan. Penambahan tebal timbunan menyebabkan bertambahnya nilai tegangan efektif, sehingga semakin tinggi ketebalan timbunan maka semakin besar nilai tegangan efektif yang terjadi. Tetapi terjadi peningkatan yang cukup signifikan pada pelat terpaku dengan timbunan 2 m analisa beban di pinggir pelat seperti pada Gambar 5.10.



a. Beban di pinggir pelat

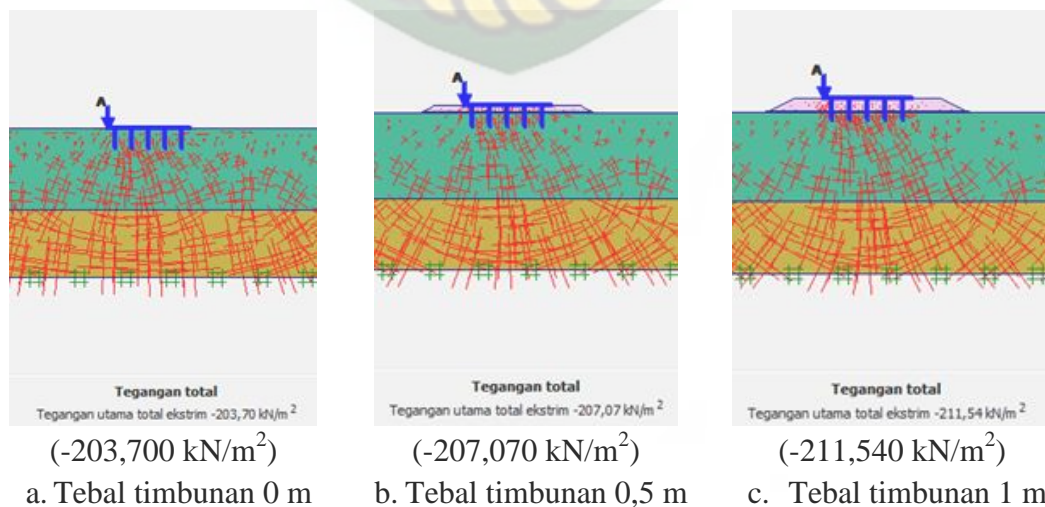
b. Beban di tengah pelat

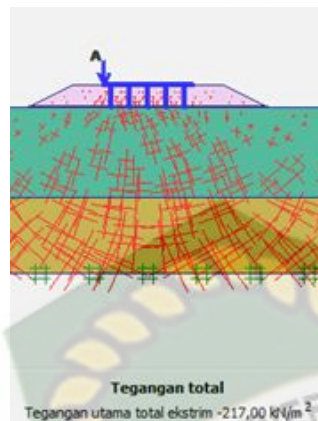
Gambar 5.10 Tegangan efektif dalam tanah di dekat beban P

Pada Gambar 5.10 menunjukkan grafik tegangan efektif yang terjadi dalam tanah setelah penambahan tebal timbunan, semakin tebal timbunan maka semakin besar nilai tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah. Tegangan efektif tertinggi terjadi pada pelat terpaku dengan timbunan 2 m analisa beban di pinggir pelat.

5.1.2.2 Tegangan Total (kN/m²)

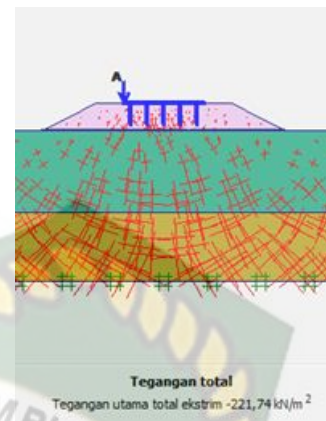
Tegangan dalam tanah berupa tegangan total akibat beban P analisa beban di pinggir dan di tengah pelat dan variasi timbunan pada pelat terpaku satu baris tiang adalah sebagai berikut.





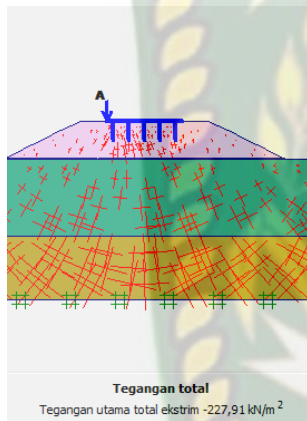
(-217,000 kN/m²)

d. Tebal timbunan 1,5 m



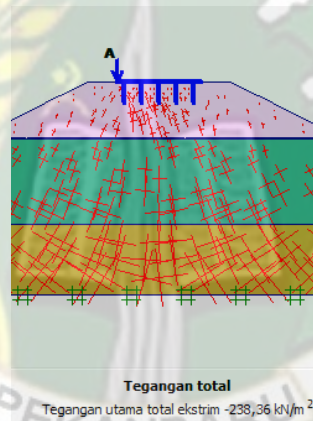
(-221,740 kN/m²)

e. Tebal timbunan 2 m



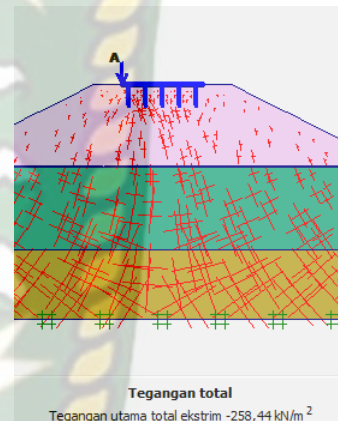
(-227,91 kN/m²)

f. Tebal timbunan 3 m



(-238,36 kN/m²)

g. Tebal timbunan 4 m



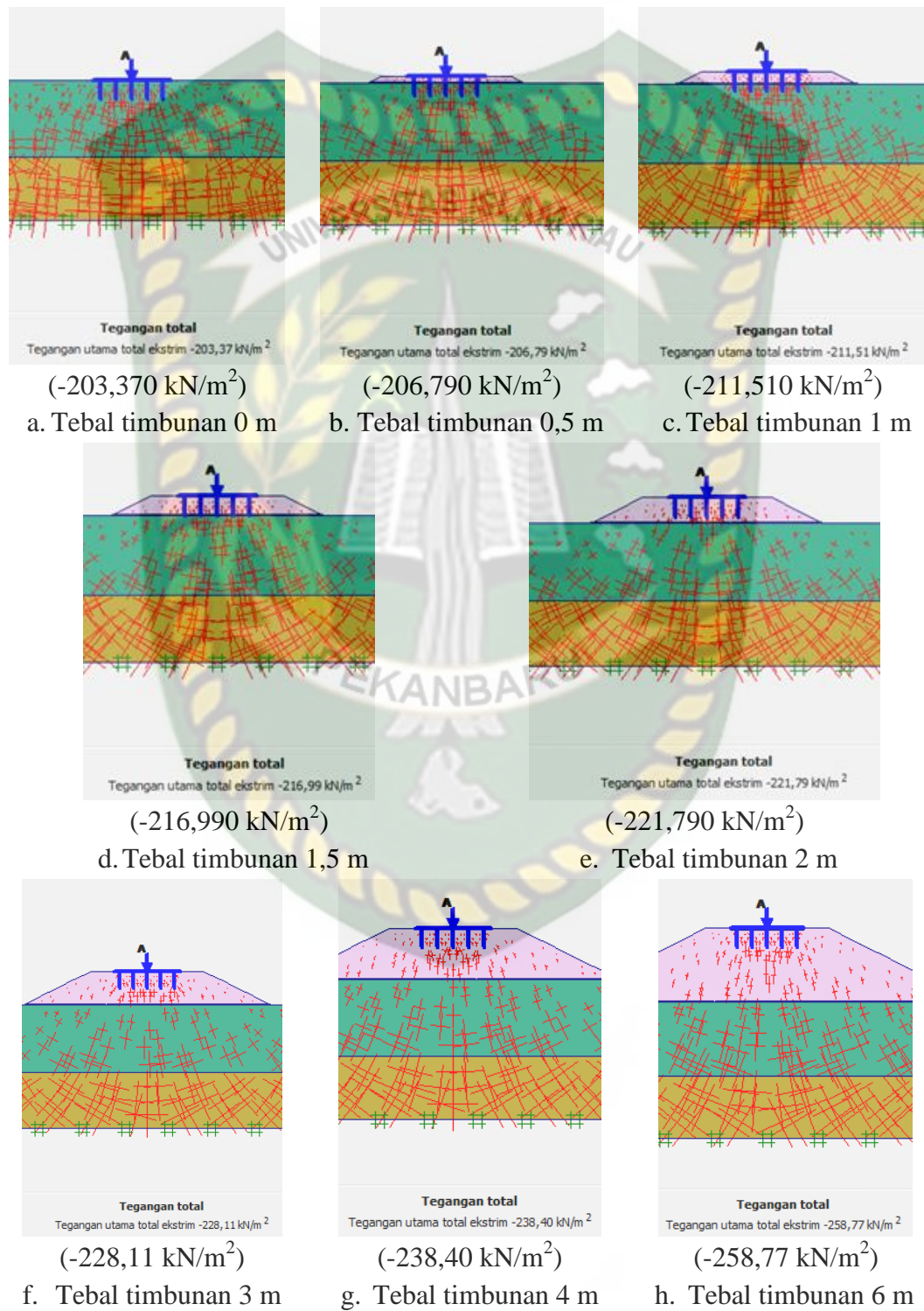
(-258,44 kN/m²)

h. Tebal timbunan 6 m

Gambar 5.11 Tegangan total di dekat analisa beban di pinggir pelat

Pengujian pada pelat terpaku analisa beban di pinggir pelat menyebabkan peningkatan nilai tegangan total dalam tanah. Pada pelat terpaku dengan timbunan 0 m terjadi tegangan total sebesar -203,700 kN/m², pada timbunan 0,5 m sebesar -207,070 kN/m², pada timbunan 1 m sebesar -211,540 kN/m², pada timbunan 1,5 m sebesar -217,000 kN/m², tegangan total maksimum terjadi pada pelat terpaku dengan tebal timbunan 2 m sebesar -221,740 kN/m², pada pelat terpaku dengan timbunan 3 m terjadi tegangan total sebesar -227,91 kN/m², pada pelat terpaku dengan timbunan 4 m tegangan totalnya sebesar -238,36 kN/m² sampai pada pelat terpaku dengan timbunan 6 m nilai tegangan efektif sebesar -258,44 kN/m².

Pada analisa beban di tengah pelat, tanah pada sistem pelat terpaku mengalami tegangan total seperti pada Gambar 5.12.



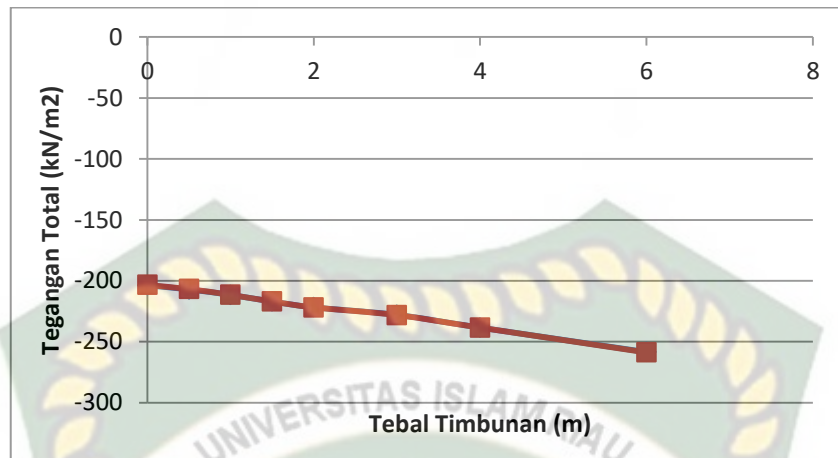
Gambar 5.12 Tegangan total di dekat analisa beban di tengah pelat

Pengujian pada pelat terpaku analisa beban di tengah pelat menyebabkan peningkatan nilai tegangan total dalam tanah. Pada pelat terpaku dengan timbunan 0 m terjadi tegangan total sebesar $-203,370 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 0,5 m sebesar $-206,790 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 1 m sebesar $-211,510 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 1,5 m sebesar $-216,990 \text{ kN/m}^2$, tegangan total maksimum terjadi pada pelat terpaku dengan tebal timbunan 2 m sebesar $-221,790 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 3 m nilai tegangan total sebesar $-227,91 \text{ kN/m}^2$, pada timbunan 4 m tegangan total sebesar $-238,36 \text{ kN/m}^2$, sampai pada pelat terpaku dengan timbunan 6 m nilai tegangan efektif sebesar $-258,77 \text{ kN/m}^2$.

Tabel 5.3 Tegangan total dalam tanah di dekat beban P(kN/m^2)

Tebal Timbunan (m)	Tegangan Total (kN/m^2)	
	Pinggir	Tengah
0	-203,700	-203,370
0,5	-207,070	-206,790
1	-211,540	-211,510
1,5	-217,000	-216,990
2	-221,740	-221,790
3	-227,91	-228,11
4	-238,36	-238,4
6	-258,44	-258,77

Tabel 5.3 menunjukkan nilai tegangan total yang terjadi dalam tanah di titik yang dekat dengan beban P analisa beban di pinggir dan di tengah pelat. Tegangan total yang terjadi pada pelat terpaku dengan analisa beban di pinggir dan di tengah pelat tidak jauh berbeda seperti pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Tegangan total dalam tanah di dekat beban P

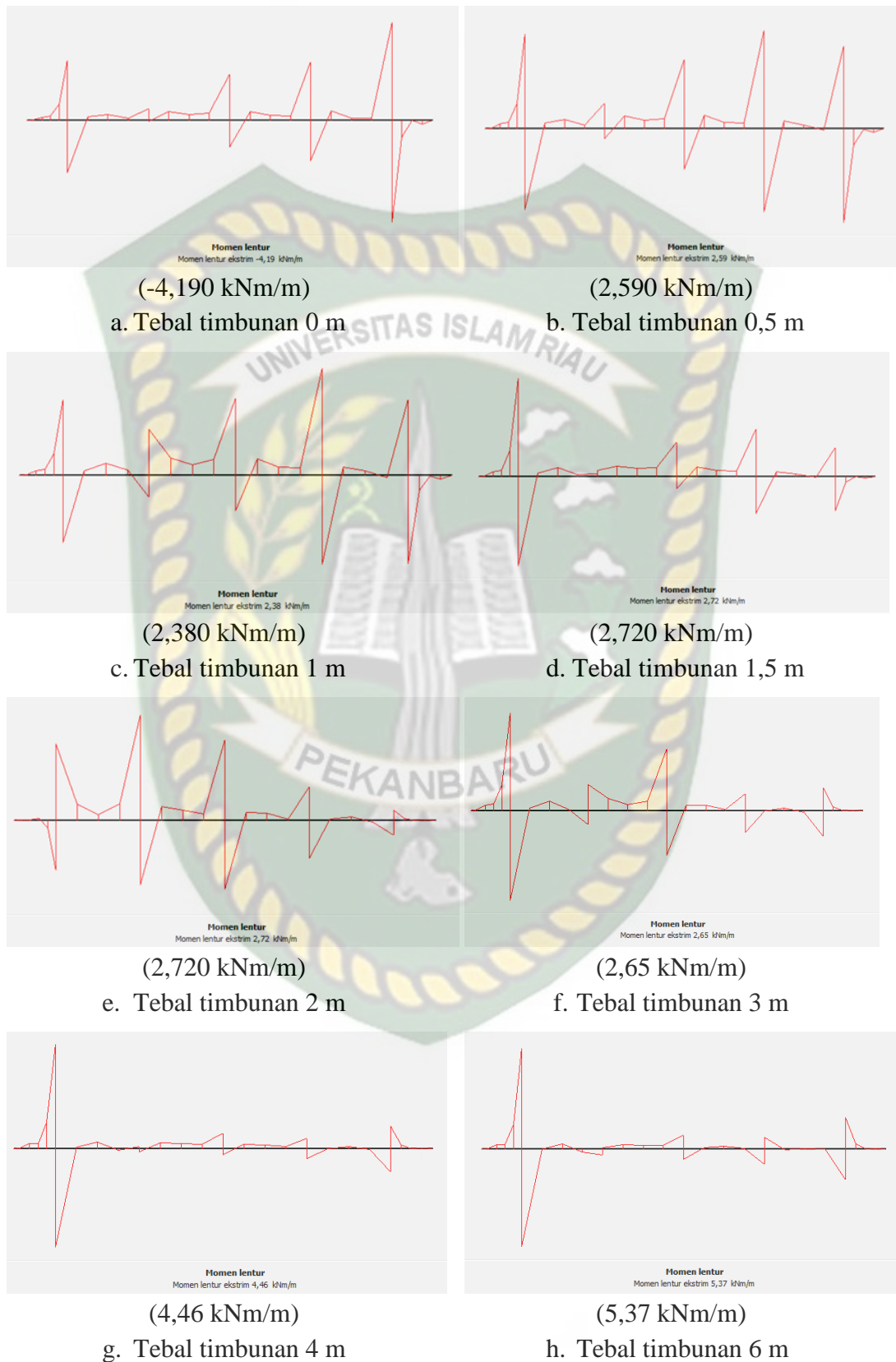
Pada Gambar 5.13 menunjukkan bahwa pelat terpaku dengan analisa beban di pinggir dan di tengah pelat mengalami tegangan total yang relatif sama, sehingga tidak terlihat perbedaan pada grafiknya. Tegangan total tertinggi terjadi pada analisa beban di tengah pelat dengan tebal timbunan 6 m.

5.1.3 Gaya Dalam pada Pelat Terpaku

Gaya dalam yang terjadi pada pelat dan tiang pada sistem pelat terpaku akibat beban P analisa beban di pinggir dan di tengah pelat dengan variasi timbunan 0 m (tanpa timbunan), 0,5 m ; 1 m ; 1,5 m ; 2 m ; 3 m ; 4 m ; dan 6 m berupa momen lentur, gaya aksial, dan gaya geser dengan menggunakan metode elemen hingga.

5.1.3.1 Momen lentur (kNm/m)

Momen lentur pada pelat terpaku akibat beban P analisa beban di pinggir dan di tengah pelat dengan variasi tebal timbunan pada pelat terpaku satu baris tiang adalah sebagai berikut.



Gambar 5.14 Momen lentur pada pelat analisa beban di pinggir akibat beban P

Pelat terpeku pada timbunan di atas tanah lunak analisa beban di pinggir pelat dengan timbunan 0 m mengalami momen lentur sebesar $-4,190$ kNm/m, pelat terpeku dengan timbunan 0,5 m mengalami momen lentur sebesar $2,590$ kNm/m, pada timbunan 1 m mengalami momen lentur sebesar $2,380$ kNm/m, pada timbunan 1,5 m sebesar $2,720$ kNm/m, pada timbunan 2 m sebesar $2,720$ kNm/m, pada timbunan 3 m sebesar $2,650$ kNm/m, pada timbunan 3 m sebesar $4,460$ kNm/m, momen lentur maksimum terjadi pada pelat terpeku dengan timbunan 6 m sebesar $5,370$ kNm/m.

Pada analisa beban di tengah pelat, momen lentur yang terjadi pada pelat terpeku seperti pada gambar 5.15.



(-1,320 kNm/m)

a. Tebal timbunan 0 m

(-0,885 kNm/m)

b. Tebal timbunan 0,5 m

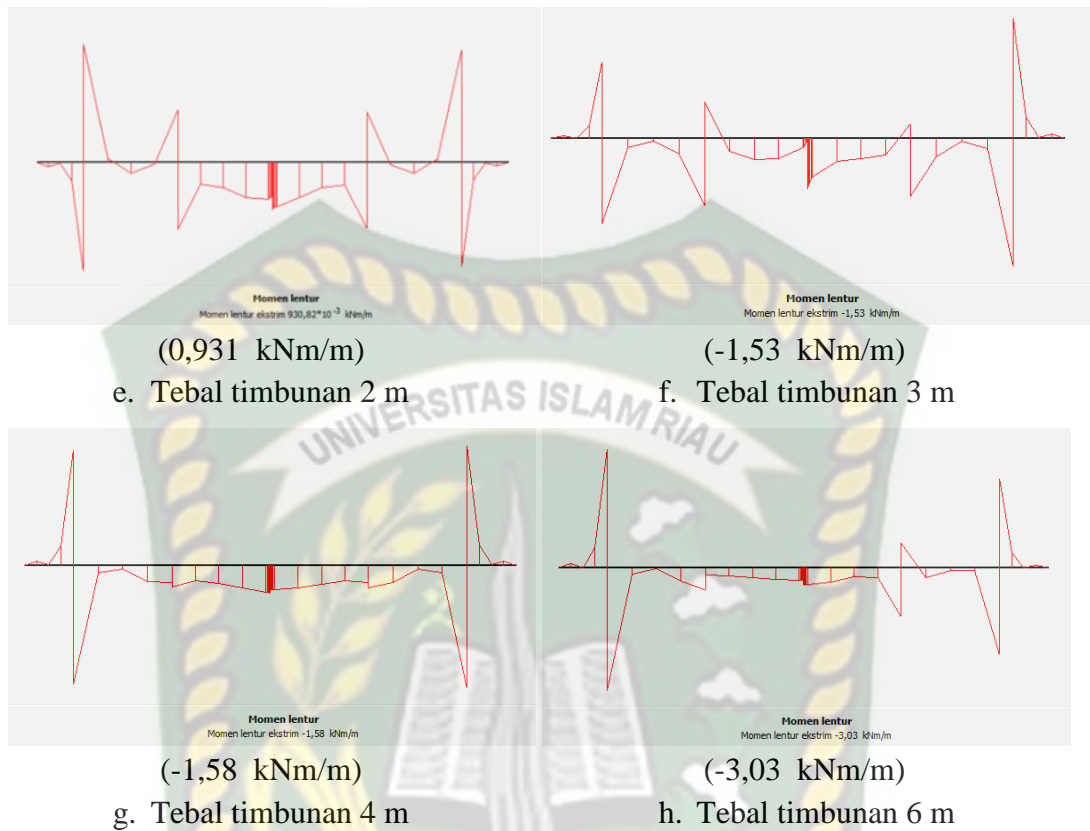


(-0,831 kNm/m)

c. Tebal timbunan 1 m

(-0,490 kNm/m)

d. Tebal timbunan 1,5 m



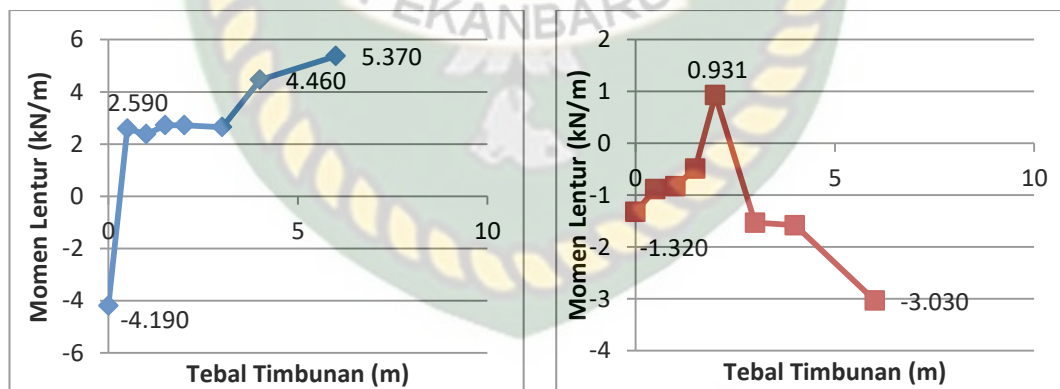
Gambar 5.15 Momen lentur pada pelat analisa beban di tengah akibat beban P

Pelat terpaku analisa beban di tengah pelat dengan timbunan 0 m mengalami momen lentur sebesar -1,320 kNm/m, pada pelat terpaku dengan timbunan 0,5 m mengalami momen lentur sebesar -0,885 kNm/m, timbunan 1 m sebesar -0,831 kNm/m, pada timbunan 1,5 m pelat terpaku mengalami momen lentur paling rendah sebesar -0,490 kNm/m, pada timbunan 2 m sebesar 0,931 kNm/m, pada timbunan 3 m sebesar -1,530 kNm/m, pada timbunan 4 m sebesar -1,580 kNm/m, momen lentur maksimum terjadi pada pelat terpaku dengan timbunan 6 m sebesar -3,030 kNm/m.

Tabel 5.4 Momen Lentur pada Pelat (kN/m)

Tebal Timbunan (m)	Momen Lentur pada Pelat (kN/m)	
	Pinggir	Tengah
0	-4.190	-1.320
0.5	2.590	-0.885
1	2.380	-0.831
1.5	2.720	-0.490
2	2.720	0.931
3	2.650	-1.530
4	4.460	-1.580
6	5.370	-3.030

Tabel 5.4 menunjukkan momen lentur yang terjadi pada sistem pelat terpaku. Momen lentur yang terjadi pada pelat terpaku analisa beban di pinggir pelat lebih besar daripada yang terjadi pada analisa beban di tengah pelat. Perbedaan nilai momen lentur yang cukup signifikan terjadi pada pelat terpaku 0 m (tanpa timbunan) dan pelat terpaku dengan timbunan 0,5 m seperti pada Gambar 5.16.



a. Beban di pinggir

b. Beban di tengah

Gambar 5.16 Momen lentur pada pelat akibat beban P

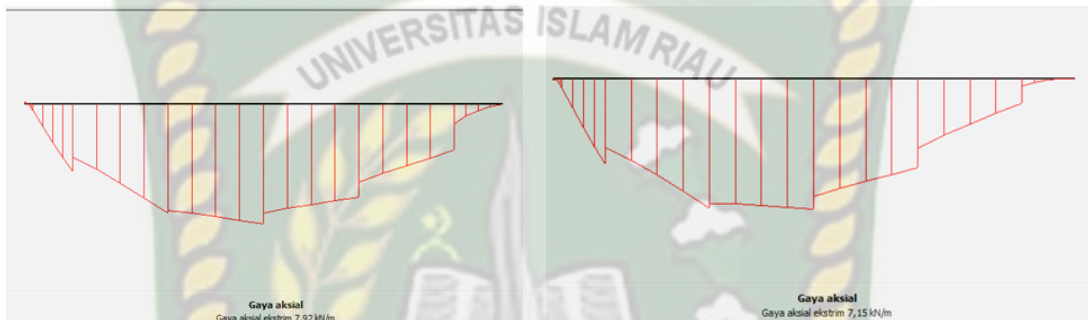
Pada Gambar 5.16 terlihat bahwa penambahan timbunan tidak memberikan pengaruh terhadap momen lentur, karena nilai gaya aksial tidak meningkat seiring dengan penambahan tebal timbunan. Momen lentur maksimum terjadi pada pelat terpaku analisa beban di pinggir dengan timbunan 6 m,

sedangkan pada analisa beban di tengah pelat terjadi pada pelat terpaku dengan timbunan 2 m.

5.1.3.2 Gaya aksial (kN/m)

Gaya aksial pada pelat terpaku akibat beban P dengan variasi tebal timbunan ditunjukkan sebagai berikut.

1. Gaya aksial pada pelat (kN/m)

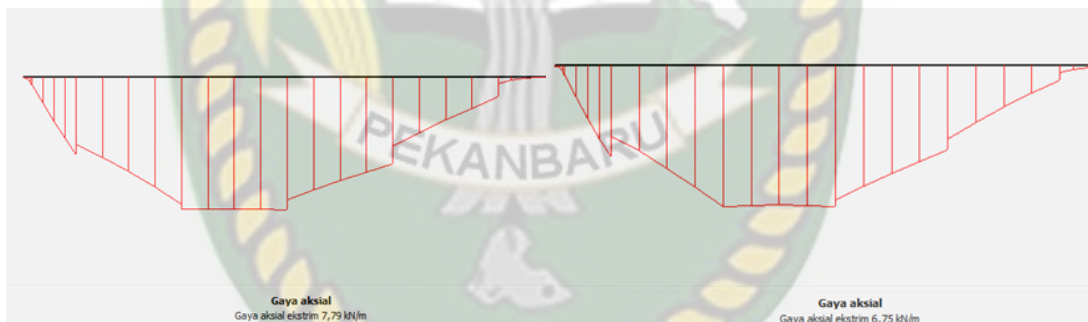


(7,920 kN/m)

a. Tebal timbunan 0 m

(7,150 kN/m)

b. Tebal timbunan 0,5 m

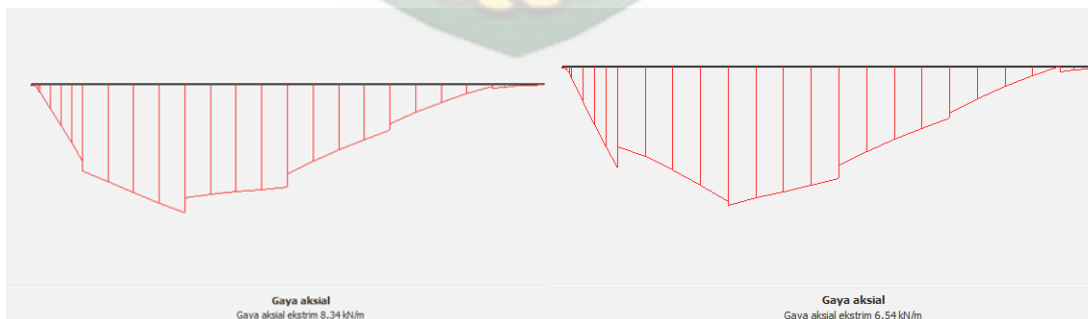


(7,790 kN/m)

c. Tebal timbunan 1 m

(6,750 kN/m)

d. Tebal timbunan 1,5 m

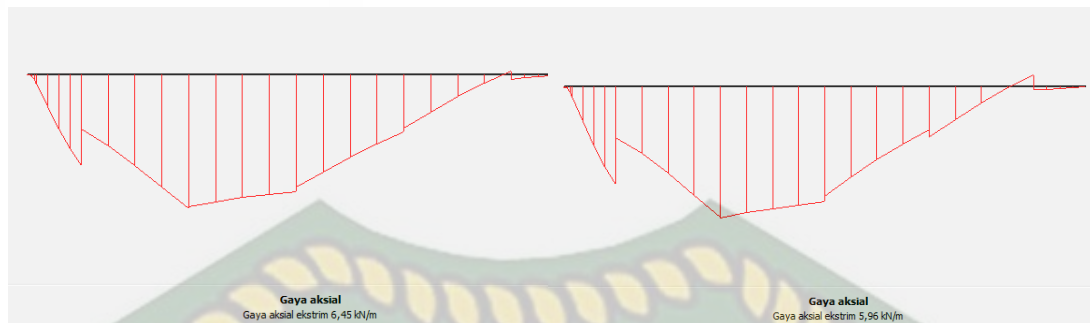


(8,340 kN/m)

e. Tebal timbunan 2 m

(6,54 kN/m)

f. Tebal timbunan 2 m



(6,45 kN/m)

(5,96 kN/m)

g. Tebal timbunan 2 m

h. Tebal timbunan 2 m

Gambar 5.17 Gaya aksial pada pelat analisa beban di pinggir akibat beban P

Gaya aksial pada pelat terpadu analisa beban di pinggir dengan timbunan 0 m terjadi sebesar 7,920 kN/m, pada timbunan 0,5 m sebesar 7,150 kN/m, pada timbunan 1 m terjadi gaya aksial sebesar 7,790 kN/m, pada timbunan 1,5 m sebesar 6,750 kN/m, gaya aksial maksimum terjadi pada pelat dengan timbunan 2 m sebesar 8,340 kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar 6,540 kN/m, pada timbunan 4 m sebesar 6,450 kN/m, sampai pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar 5,960 kN/m².

Pada analisa beban di tengah pelat, pelat pada sistem pelat terpadu mengalami gaya aksial seperti pada Gambar 5.18.

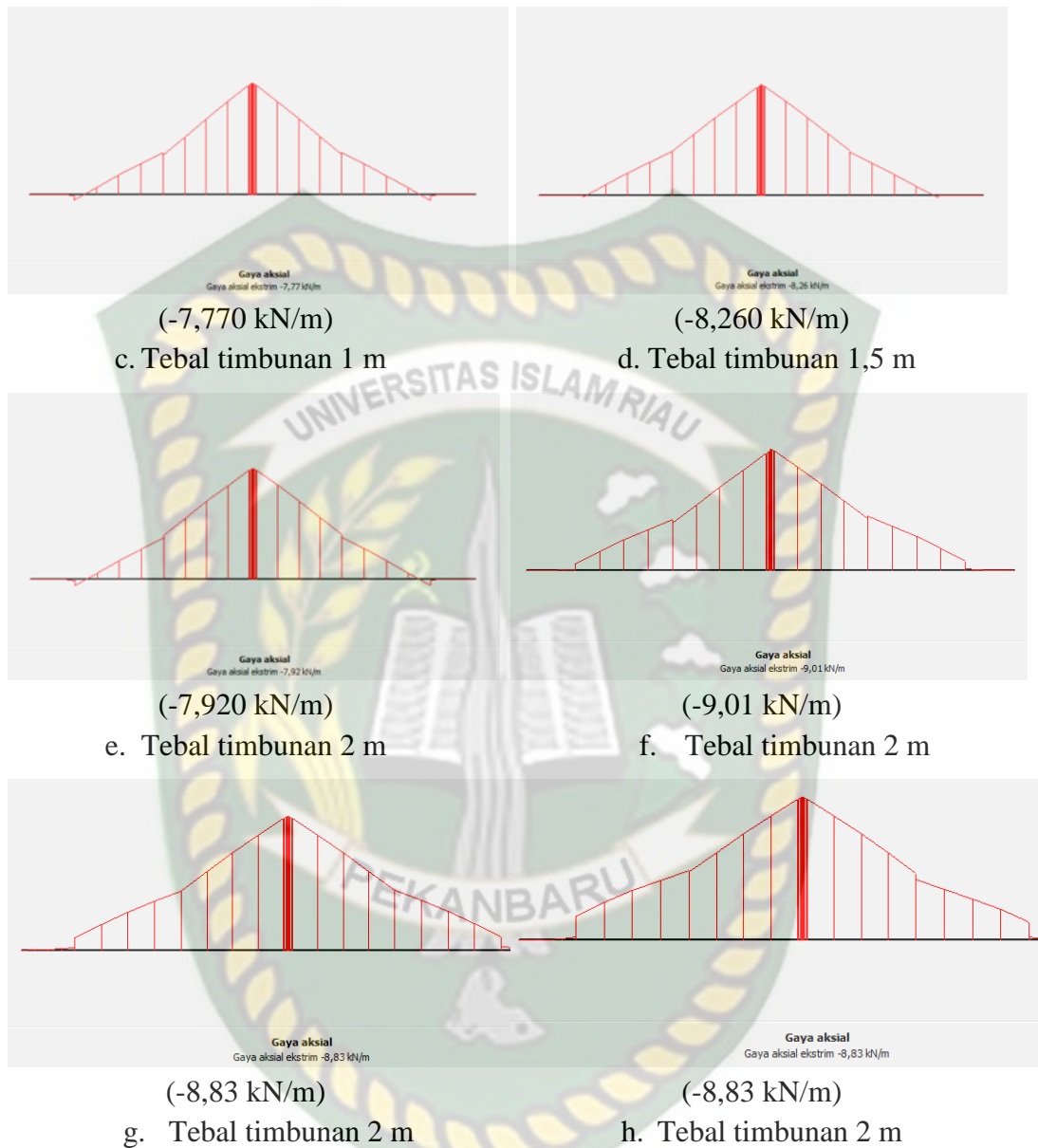


(-9,620 kN/m)

(-9,260 kN/m)

a. Tebal timbunan 0 m

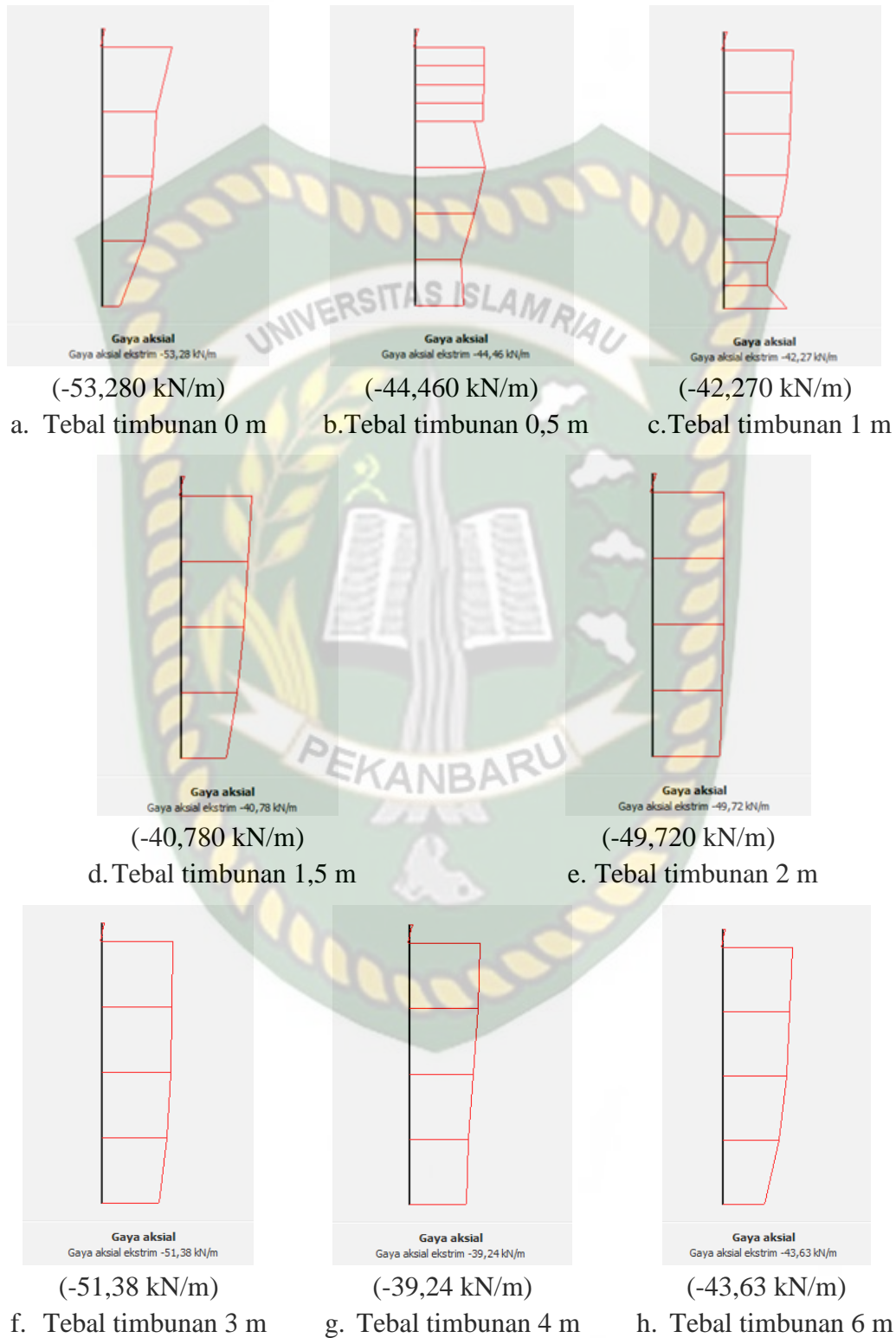
b. Tebal timbunan 0,5 m



Gambar 5.18 Gaya aksial pada pelat analisa beban di tengah akibat beban P

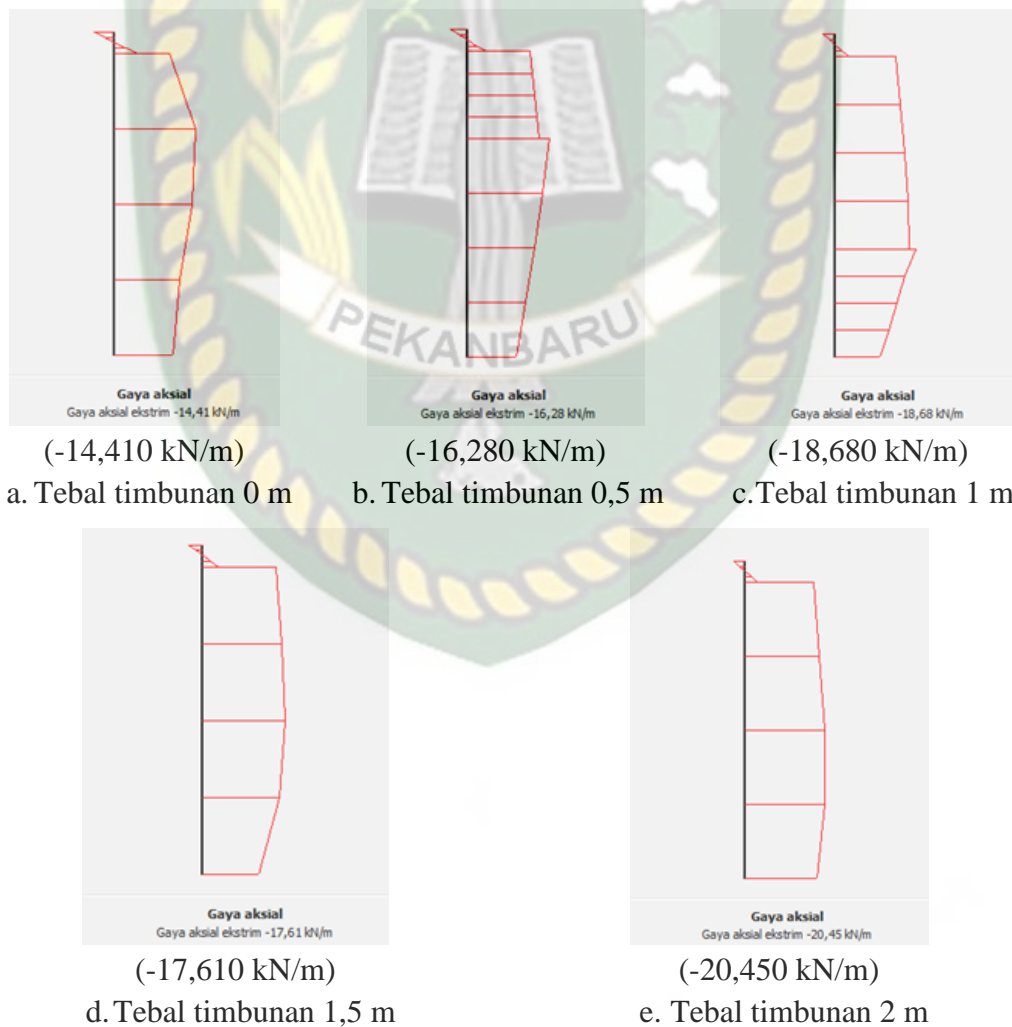
Gaya aksial pada pelat terpaku analisa beban di tengah dengan timbunan 0 m terjadi sebesar $-9,620$ kN/m, pada timbunan 0,5 m sebesar $-9,260$ kN/m, pada timbunan 1 m terjadi gaya aksial sebesar $-7,770$ kN/m, pada timbunan 1,5 m sebesar $-8,260$ kN/m, gaya aksial maksimum terjadi pada pelat dengan timbunan 2 m sebesar $-7,920$ kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar $-9,010$ kN/m, pada timbunan 4 m gaya aksial sebesar $-8,830$ kN/m, dan pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar $-5,200$ kN/m.

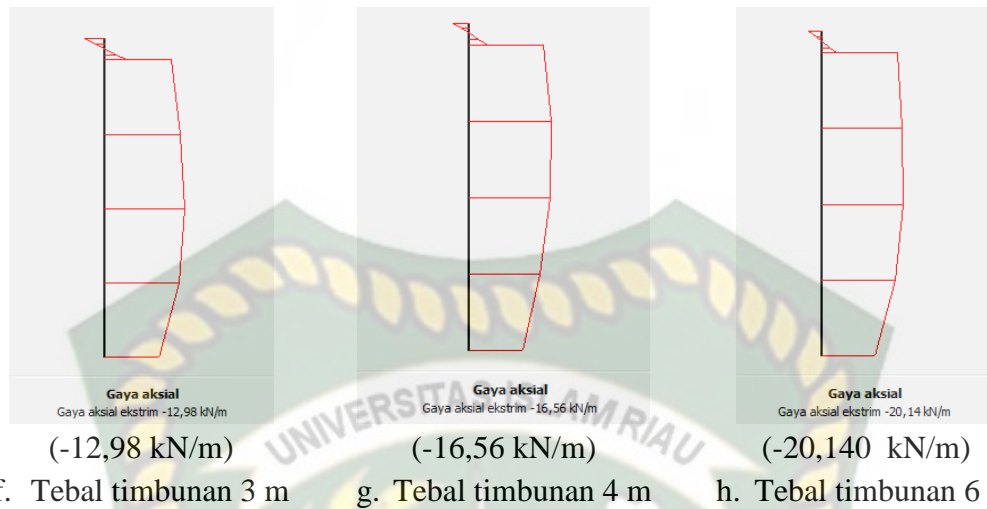
2. Gaya aksial pada tiang (kN/m)



Dari Gambar 5.17 terlihat bahwa penambahan timbunan menyebabkan perbedaan gaya aksial yang terjadi pada tiang. Dalam analisa beban di pinggir pelat, gaya aksial pada pelat terpaku dengan tebal timbunan 0 m sebesar -53,280 kN/m, pada timbunan 0,5 m sebesar -44,460 kN/m, pada timbunan 1 m sebesar -42,270 kN/m, pada timbunan 1,5 m sebesar -40,780 kN/m, pada timbunan 2 m sebesar -49,720 kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar -51,380 kN/m, pada timbunan 4 m gaya aksial sebesar -39,240 kN/m, dan pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar -43,630 kN/m.

Pada analisa beban di tengah pelat, tiang pada pelat terpaku mengalami gaya aksial seperti pada gambar 5.20.





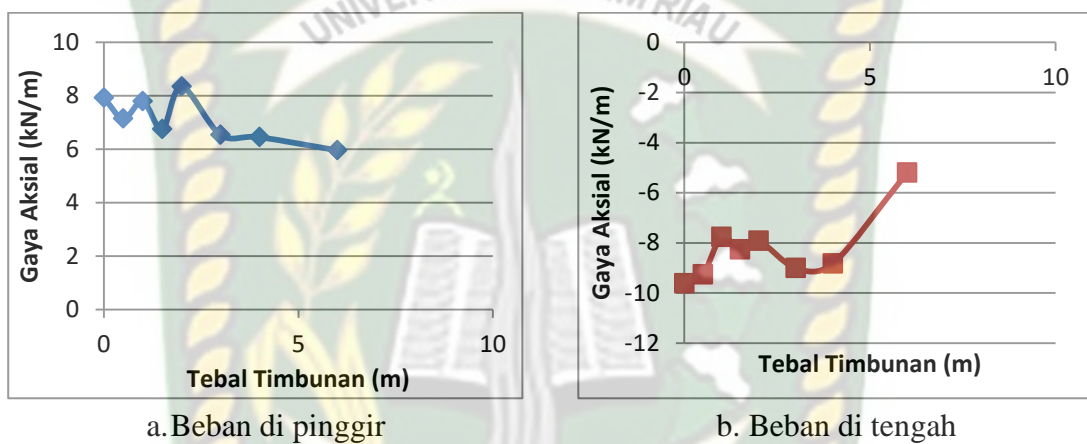
Gambar 5.20 Gaya aksial pada tiang 3 analisa beban di tengah akibat beban P

Dari Gambar 5.20 terlihat bahwa pada analisa beban di tengah pelat, tiang pada sistem pelat terpaku dengan timbunan 0 m mengalami gaya aksial sebesar -14,410 kN/m, timbunan 0,5 m sebesar -16,280 kN/m, timbunan 1 m sebesar -18,680 kN/m, timbunan 1,5 m sebesar -17,610 kN/m, tiang yang mengalami gaya aksial paling besar adalah tiang pada pelat terpaku timbunan 2 m sebesar -20,450 kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar -12,980 kN/m, pada timbunan 4 m gaya aksial sebesar -16,560 kN/m, dan pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar -20,140 kN/m.

Tabel 5.5 Gaya aksial pada sistem pelat terpaku

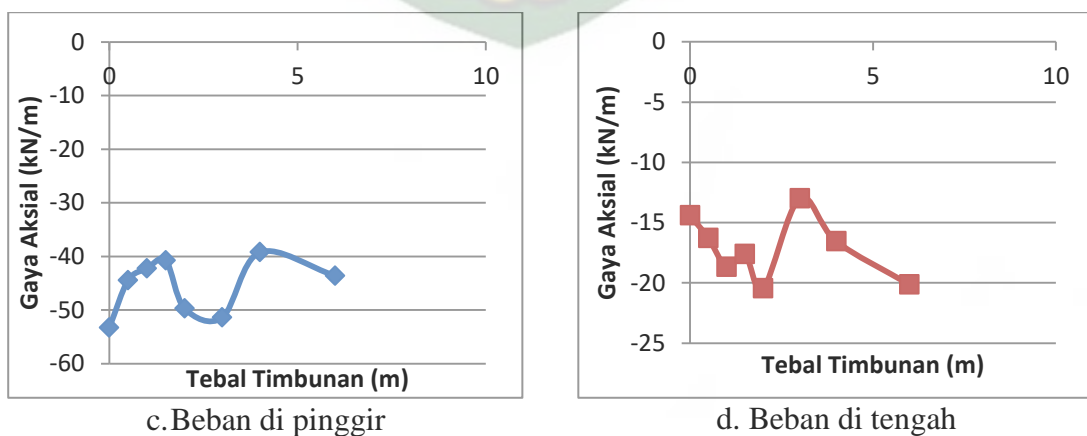
Tebal Timbunan (m)	Gaya Aksial pada Sistem Pelat Terpaku (kN/m)			
	Pelat		Tiang	
	Pinggir	Tengah	Pinggir	Tengah
0	7.920	-9.620	-53.280	-14.410
0.5	7.150	-9.260	-44.460	-16.280
1	7.790	-7.770	-42.270	-18.680
1.5	6.750	-8.260	-40.780	-17.610
2	8.340	-7.920	-49.720	-20.450
3	6.540	-9.010	-51.380	-12.980
4	6.450	-8.830	-39.240	-16.560
6	5.960	-5.200	-43.630	-20.140

Tabel 5.5 menunjukkan nilai gaya aksial yang terjadi pada pelat dan tiang akibat beban P. Pada pelat analisa beban di pinggir mengalami peningkatan nilai gaya aksial pada timbunan 1 m dan 2 m. Pada pelat analisa beban di tengah mengalami peningkatan pada timbunan 1,5 m dan 3 m. Sedangkan tiang pada analisa di pinggir pelat mengalami peningkatan pada timbunan 2 m, 3 m, dan 6 m. Pada analisa beban di tengah pelat mengalami penurunan pada timbunan 1,5 m dan 3 m seperti pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Gaya aksial pada pelat akibat beban P

Pada Gambar 5.21 terlihat bahwa penambahan tebal timbunan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap gaya aksial, sehingga gaya aksial tidak meningkat seiring dengan penambahan tebal timbunan. Gaya aksial tertinggi terjadi pada analisa beban di pinggir pelat dengan tebal timbunan 0 m.



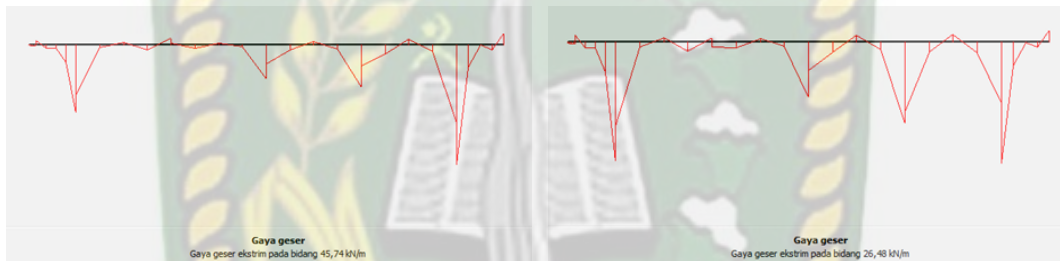
Gambar 5.22 Gaya aksial pada tiang di dekat beban akibat beban P

Pada Gambar 5.22 menunjukkan gaya aksial yang terjadi pada tiang setelah penambahan tebal timbunan dengan analisa beban di pinggir dan di tengah pelat. Terlihat bahwa penambahan tebal timbunan tidak memberikan pengaruh terhadap gaya aksial. Gaya aksial tertinggi terjadi pada analisa beban di pinggir pelat dengan tebal timbunan 0 m.

5.1.3.3 Gaya Geser (kN/m)

Gaya geser pada pelat terpaku akibat beban P dengan variasi tebal timbunan ditunjukkan sebagai berikut :

1. Gaya geser pada pelat (kN/m)

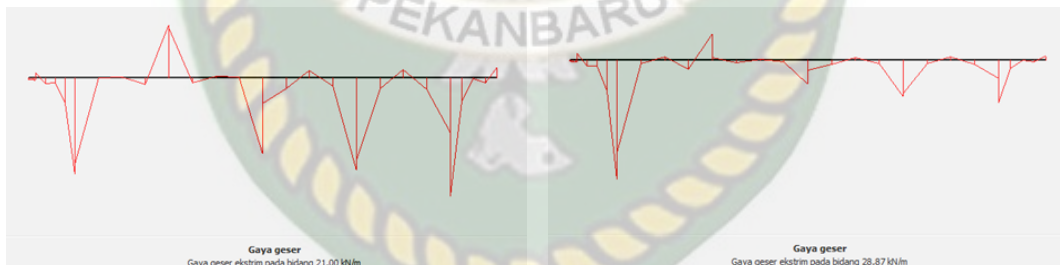


(45,740 kN/m)

a. Tebal timbunan 0 m

(26,480 kN/m)

b. Tebal timbunan 0,5 m

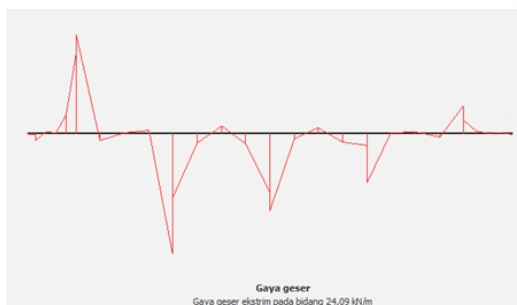


(21,000 kN/m)

c. Tebal timbunan 1 m

(28,870 kN/m)

d. Tebal timbunan 1,5 m



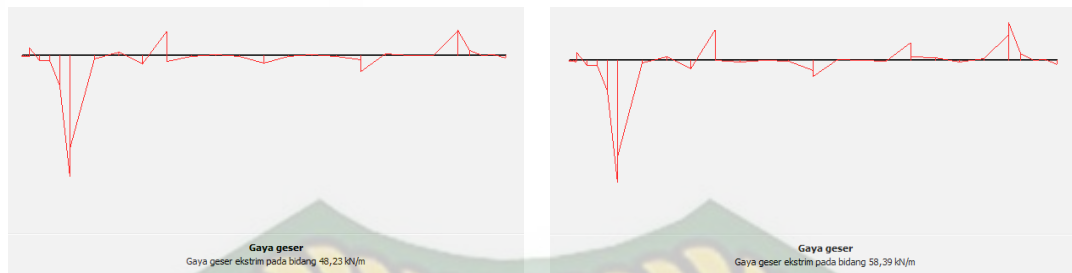
(24,090 kN/m)

e. Tebal timbunan 2 m



(27,94 kN/m)

f. Tebal timbunan 2 m



(48,23 kN/m)

g. Tebal timbunan 2 m

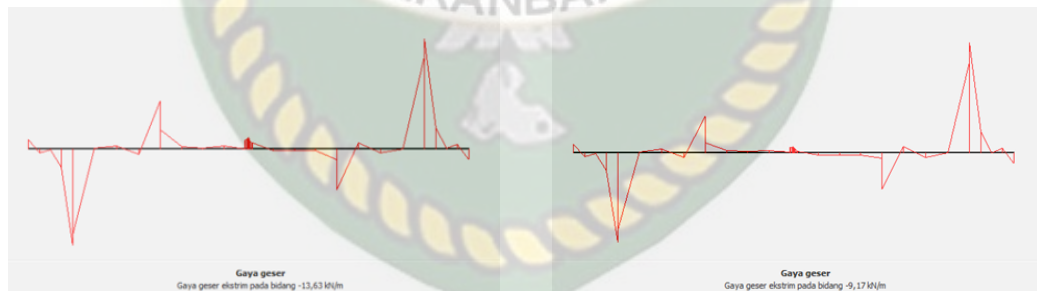
(58,39 kN/m)

h. Tebal timbunan 2 m

Gambar 5.23 Gaya geser pada pelat analisa beban di pinggir akibat beban P

Sistem pelat terpaku analisa beban di pinggir pelat dengan timbunan 0 m mengalami gaya geser sebesar 45,740 kN/m, pada timbunan 0,5 m sebesar 26,480 kN/m, pada timbunan 1 m sebesar 21,000 kN/m, pada timbunan 1,5 m sebesar 28,870 kN/m, pada timbunan 2 m sebesar 24,090 kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar 27,940 kN/m, pada timbunan 4 m gaya aksial sebesar 48,230 kN/m, dan pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar 58,390 kN/m.

Pada analisa beban di tengah pelat, pelat terpaku mengalami gaya geser seperti pada gambar 5.25.

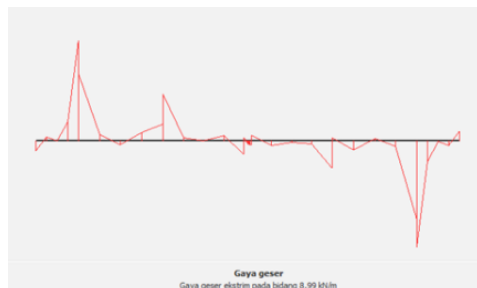


(-13,630 kN/m)

a. Tebal timbunan 0 m

(-9,170 kN/m)

b. Tebal timbunan 0,5 m



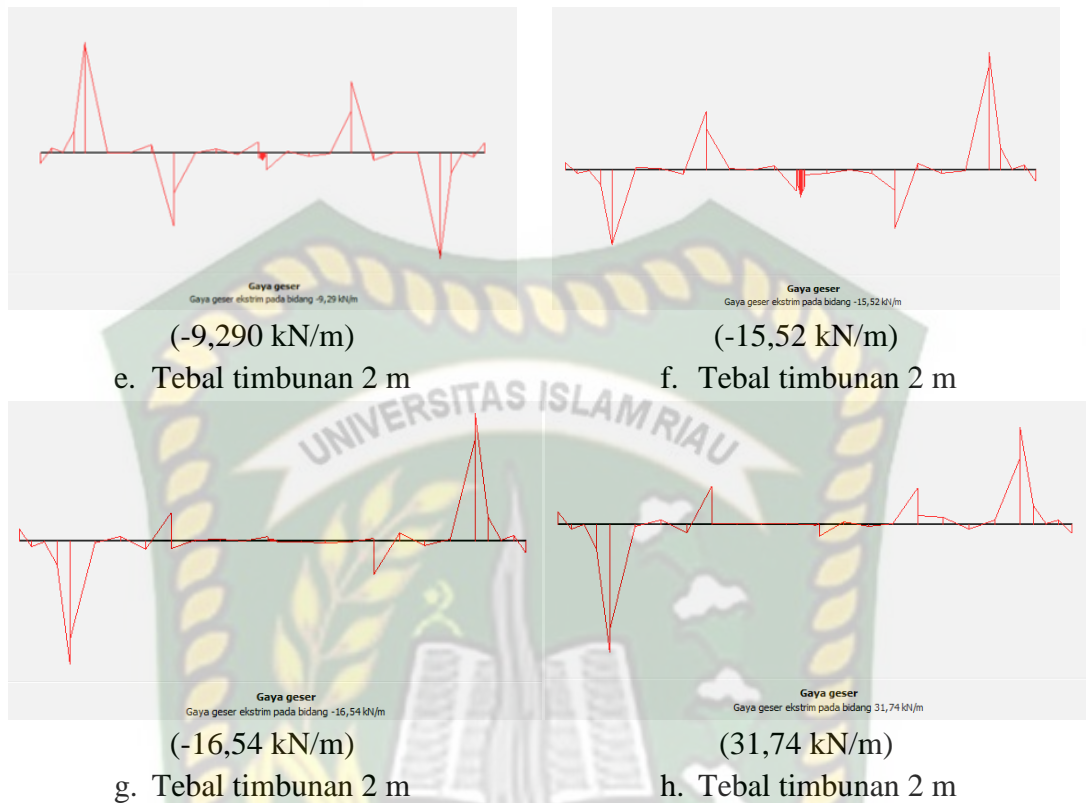
(8,990 kN/m)

c. Tebal timbunan 1 m



(4,760 kN/m)

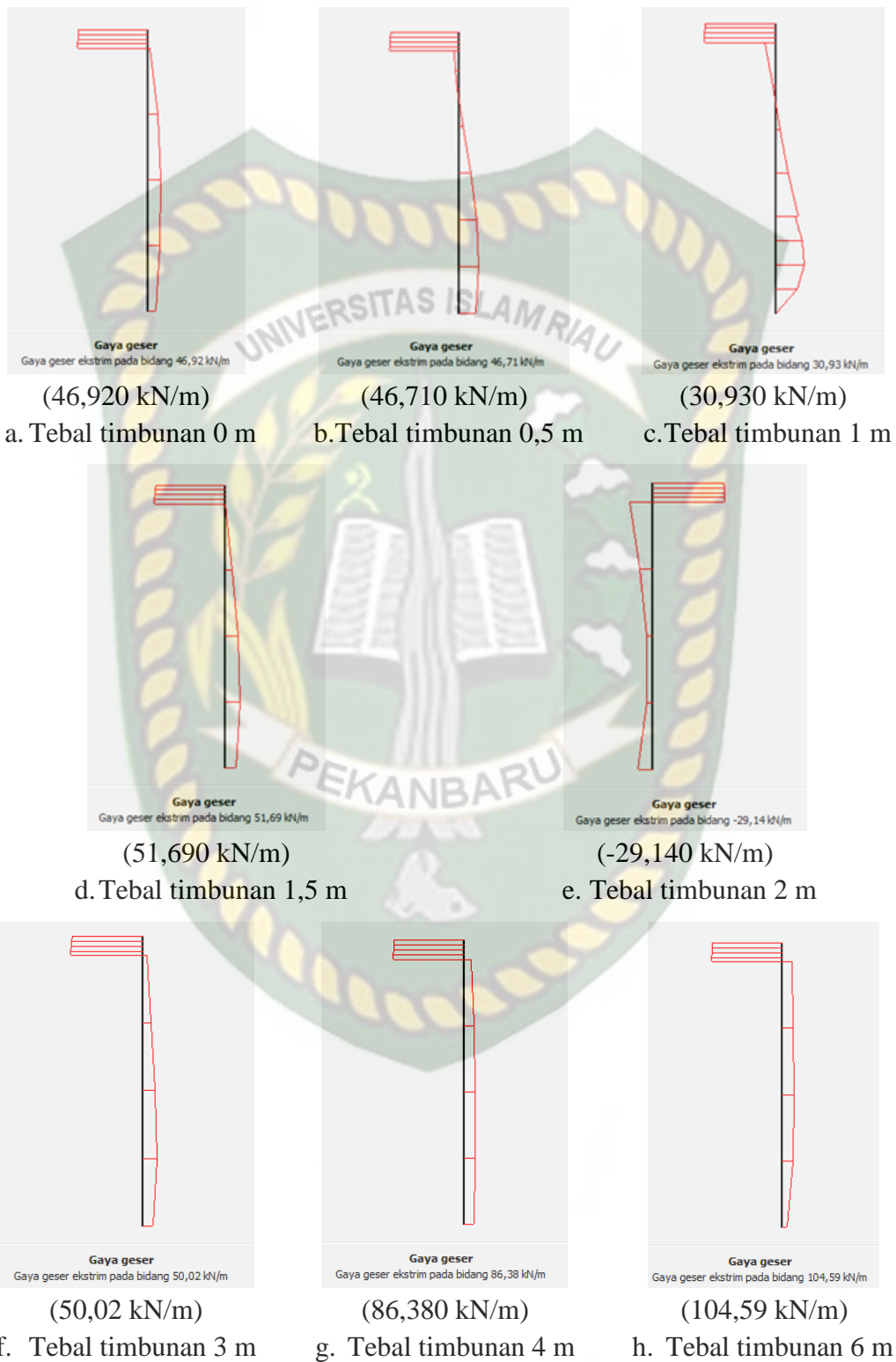
d. Tebal timbunan 1,5 m



Gambar 5.24 Gaya geser pada pelat analisa beban di tengah akibat beban P

Sistem pelat terpaku analisa beban di tengah pelat dengan timbunan 0 m mengalami gaya geser sebesar -13,630 kN/m, pada timbunan 0,5 m sebesar -9,170 kN/m, pada timbunan 1 m sebesar 8,990 kN/m, pada timbunan 1,5 m sebesar 4,760 kN/m, pada timbunan 2 m sebesar -9,290 kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar -15,520 kN/m, pada timbunan 4 m gaya aksial sebesar -16,540 kN/m, dan pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar 31,740 kN/m.

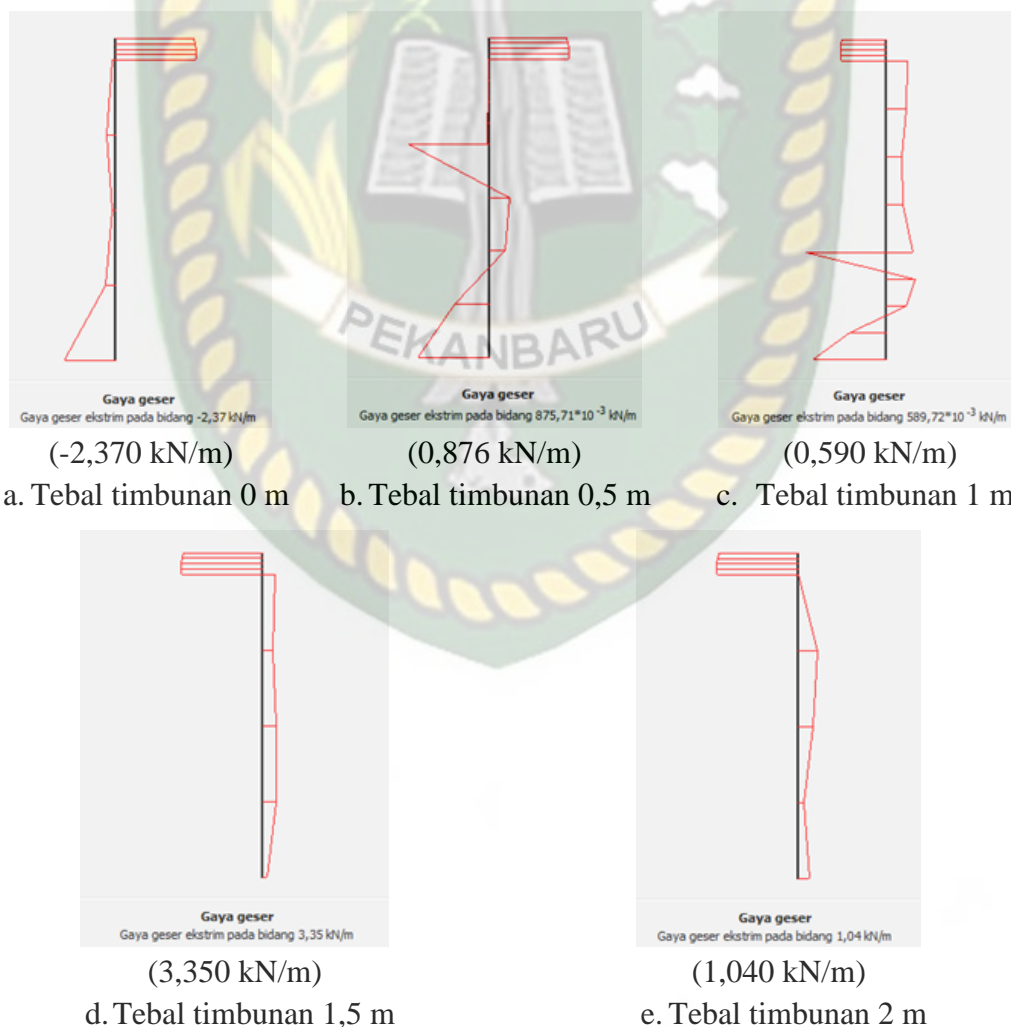
2. Gaya geser pada tiang

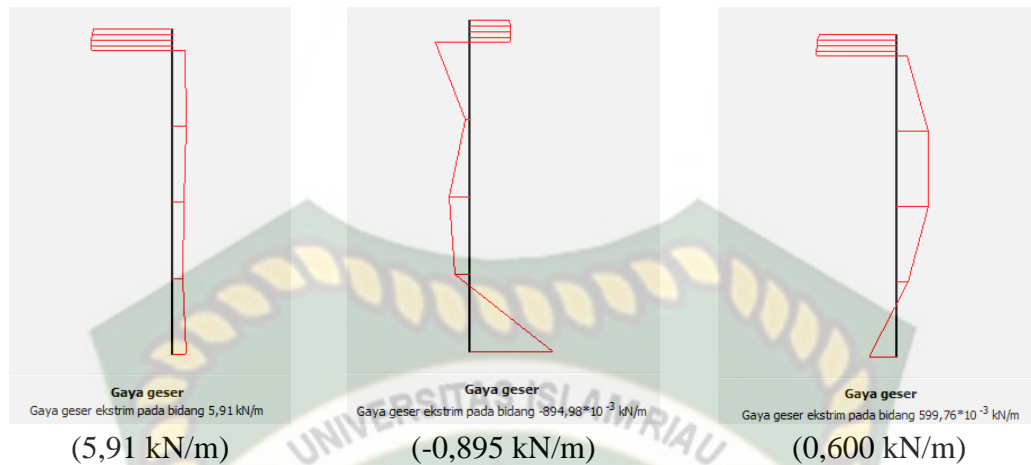


Gambar 5.25 Gaya geser pada tiang 1 analisa di pinggir akibat beban P

Gambar 5.25 menampilkan output gaya geser tiang yang terjadi pada pelat terpaku dengan analisa beban di pinggir. Penambahan timbunan menyebabkan perbedaan gaya geser yang terjadi pada tiang. Nilai gaya geser pada tiang paling besar terjadi pada pelat terpaku dengan timbunan 0,5 sebesar 51,690 kN/m. sedangkan nilai gaya geser pada tiang yang paling kecil terjadi pada pelat terpaku dengan timunan 2 m sebesar -29,140 kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar 50,020 kN/m, pada timbunan 4 m gaya aksial sebesar 86,380 kN/m, dan pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar 104,590 kN/m.

Pada analisa beban di tengah pelat, gaya aksial pada tiang mengalami perbedaan seperti pada gambar 5.26.





f. Tebal timbunan 3 m g. Tebal timbunan 4 m h. Tebal timbunan 6 m

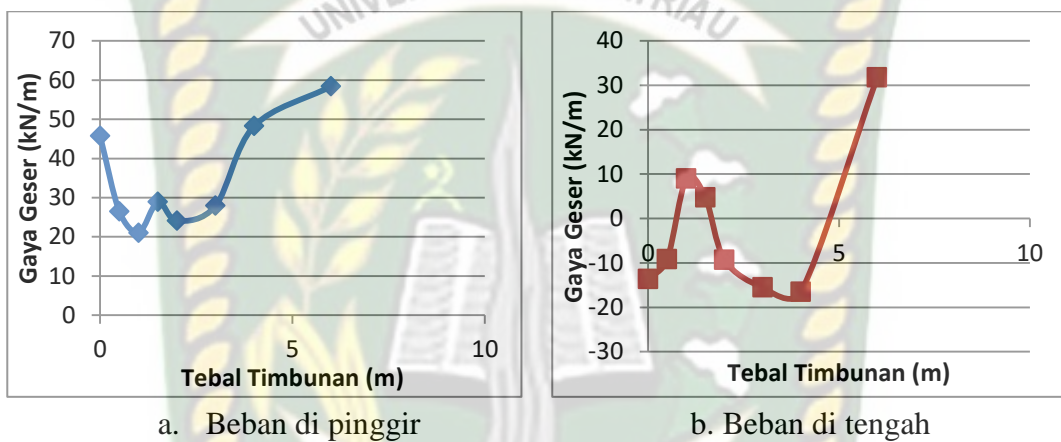
Gambar 5.26 Gaya geser pada tiang 3 analisa di tengah akibat beban P

Pada Gambar 5.26 terlihat bahwa penambahan timbunan menyebabkan perbedaan gaya geser yang terjadi pada tiang pelat terpaku dengan analisa beban di tengah pelat. Nilai gaya geser pada tiang paling besar terjadi pada pelat terpaku dengan timbunan 1,5 m sebesar 3,350 kN/m. Sedangkan pada pelat terpaku dengan timbunan 1 m, tiangnya mengalami gaya geser yang paling kecil sebesar 0,590 kN/m, pada timbunan 3 m terjadi gaya aksial sebesar 5,910 kN/m, pada timbunan 4 m gaya aksial sebesar 0,895 kN/m, dan pada timbunan 6 m gaya aksialnya sebesar 0,6 kN/m.

Tabel 5.6 Gaya Geser pada Sistem Pelat Terpaku

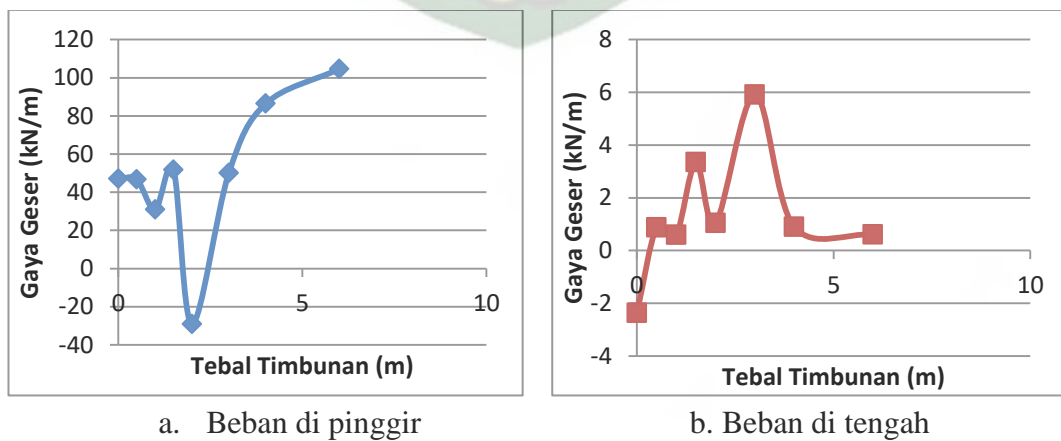
Tebal Timbunan (m)	Gaya Geser pada Sistem Pelat Terpaku (kN/m)			
	Pelat		Tiang	
	Pinggir	Tengah	Pinggir	Tengah
0	45.740	-13.630	46.920	-2.370
0.5	26.480	-9.170	46.710	0.876
1	21.000	8.990	30.930	0.590
1.5	28.870	4.760	51.690	3.350
2	24.090	-9.290	-29.140	1.040
3	27.940	-15.520	50.020	5.910
4	48.230	-16.540	86.380	0.895
6	58.390	31.740	104.590	0.600

Tabel 5.6 menunjukkan nilai gaya geser yang terjadi pada pelat dan tiang akibat beban P dengan analisa beban di pinggir dan di tengah pelat. Nilai gaya geser yang terjadi pada pelat dan tiang analisa beban di pinggir pelat lebih besar daripada yang terjadi pada analisa beban di tengah pelat. Penambahan timbunan pada sistem pelat terpaku tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada pelat terpaku sehingga gaya geser yang terjadi tidak meningkat secara seragam seperti pada Gambar 5.27 dan Gambar 5.28.



Gambar 5.27 Gaya geser pada pelat akibat beban P

Pada Gambar 5.28 menunjukkan gaya geser yang terjadi pada pelat tidak meningkat seiring dengan penambahan tebal timbunan, sehingga penambahan tebal timbunan tidak memberikan pengaruh terhadap gaya geser. Gaya geser tertinggi terjadi pada analisa beban di pinggir pelat dengan tebal timbunan 6 m.



Gambar 5.28 Gaya geser pada tiang di dekat beban akibat beban P

Pada Gambar 5.28 terlihat bahwa grafik menunjukkan gaya geser yang terjadi pada tiang setelah penambahan tebal timbunan dengan analisa beban di pingir dan di tengah pelat. Penambahan tebal timbunan tidak memberikan pengaruh terhadap gaya geser pada tiang. Gaya geser tertinggi terjadi pada pelat terpaku analisa beban di pinggir pelat dengan tebal timbunan 0 m.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat disimpulkan beberapa hal tentang penelitian “Analisis Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Timbunan di Atas Tanah Lunak” sebagai berikut :

1. Peningkatan nilai deformasi yang terjadi pada sistem pelat terpaku disebabkan beban roda, pelat dan tiang, dan juga beban dari timbunan, sehingga semakin tinggi timbunan maka semakin besar nilai deformasi.
2. Penambahan tebal timbunan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap gaya dalam, karena perubahan nilai gaya dalam tidak bergantung pada penambahan tebal timbunan.

6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas maka penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya tidak dianjurkan menggunakan timbunan diatas tanah lunak. Disarankan untuk menggunakan jenis tanah yang lain seperti tanah gambut dan tanah pasir.
2. Perhitungan deformasi dapat dikembangkan dengan menggunakan metode dan program lainnya seperti program BOEF, SAP, dan lain-lain.

DAFTAR PUSTAKA

Apd029, <http://kuliahteksipil.blogspot.com/2018/07/pengantar-gaya-dalam.html> , diakses 25 Juni 2020,

Agustin, D.R., Puri, A., Ardiansyah, R., (2017), “Perhitungan Lendutan Perkerasan Jalan Sistem Cakar Ayam Modifikasi dengan Variasi Faktor Aman pada Tambahan Modulus Reaksi *Subgrade*”, Jurnal Saintis, Volume 17 Nomor 1, April 2017, 15-23.

Bowles, J.E., 1995, *Foundation analysis and design, fifth edition*. Washinton D.C.

Diana, W., 2016, “Uji Model Skala Kecil dan Analisis Elemen Hingga Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Ekspansif”, Laporan Kemajuan Hibah Disertasi Doktor, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Yogyakarta.

Hardiyatmo, 2008, “Sistem “Pelat Terpaku (*Nailed Slab*)” Untuk Perkuatan Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)”, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna dalam Penanganan Sarana-prasarana, MPSP JTSL FT UGM, pp. M-1 - M-7.

Hardiyatmo, 2009, “Analisis & Perancangan Fondasi”, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo, 2010, “Mekanika Tanah 2, edisi kelima”, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo, 2011, “Method to Analyze the Deflection of the Nailed-Slab System”, *International Journal of Civil and Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, Volume 11 Number 4, pp.22-28.

Hardiyatmo, 2015 “Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah”, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Hardiyatmo, 2015, “Analisis & Perancangan Fondasi”, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, Indonesia.

Hardiyatmo 2018, “Mekanika Tanah 1, edisi ketujuh”, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

<http://sci-geoteknik.blogspot.com/2012/05/deformasi.html>, diakses 24 Juni 2020.

Aridini, L.K., 2017, “Pengaruh Beban Tanah Timbunan Terhadap Daya Dukung Pondasi Rakit Menggunakan Program Plaxis”, Tugas Akhir, Universitas Lampung, Bandar Lampung.

Martius 2019 “Studi Eksperimental Perkerasan Sistem Pelat Terpapu pada Tanah Timbunan Di Atas Tanah Gambut dengan Panjang Tiang Berbeda”, Tesis Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Maulana, A 2013 “Perencanaan Secant Pile sebagai Dinding Penahan Tanah Basement dengan Menggunakan Plaxis v8.2”, Tugas Akhir, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

Oktavia, F., Puri, A. Mildawati, R., 2018, “ Pengaruh Dimensi Tiang Mini dan Faktor Aman Terhadap Lendutan Pelat Terpakku Tiang Tunggal”, Jurnal Saintis, Volume 18 Nomor 2, Oktober 2018, 13-23.

Panduan Geoteknik Indonesia, 2001, “Panduan Geoteknik 1 : Proses Pembentukan dan Sifat-sifat Dasar Tanah Lunak”, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Bandung, sni.litbang.pu.go.id, diakses 18 Maret 2020.

Perkasa, B.E, “Precast and Prestress Concrete”, 2018, Bandung, www.beton.co.id, diakses 22 Februari 2019

Plaxis, 2012. Tutorial Manual. A.A Balkema. Rotterdam

Portalrekayasa, <https://portalrekayasa.wordpress.com/2016/12/20/jenis-jenis-gaya/>. Diakses 25 Juni 2020.

Puri, A., 2015a, “Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpakku Pada Lempung Lunak”, *Disertasi*, Program Doktor Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

Puri, A., 2015b, “Studi Parametrik perkerasan Jalan Beton Sistem Pelat Terpakku pada Tanah Dasar Lunak”, Annual Civil Engineering, Pekanbaru.

- Puri, A., Hardiyatmo H.C., Suhendro, B., Rifa'I, A., 2013 "Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan", Prosiding Konteks 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.c., Suhendro, B., Rifa'I, A., 2015a, "Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak", Prosiding KNPTS, ITB, Bandung.
- Puri, A., Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., Rifai, A., Khatib, A., 2015b, "Validasi Metode Analisis Lendutan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Model Skala Penuh dengan Satu Baris Tiang", Indonesian Geotechnical Conference and 19 Annual Scientific Meeting, Jakarta.
- Puri, A., Mildawati, R., Solihin, M., 2019, " Soil Stress and Inner Forces of The Nailed-Slab Pavement System Under Concentric Load by Considering Different Pile Length,
- Puri, A., Suhendro, B., dan Rifa'i, A., 2017, "Effect of Vertical Wall Barrier On The Rigid Pavement Deflection of Full Scale 1-Pile Row Nailed-Slab System On Soft Sub Grade", *International Journal of Geomate*, Vol.12 Issue 32, pp. 25-29.
- Puri, A., Mildawati, R., 2019a, "Investigasi Numerik Perkerasan Jalan Sistem Pelat Terpaku terhadap Variasi Dimensi Struktur", *Bentang Jurnal Saintis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, Vol. 7 No. 1 Januari 2019, 1-7.
- Puri, A., 2019, " Uji Beban Horizontal Perkerasan Jalan Sistem Pelat Terpaku Tiang Tunggal pada Lempung Lunak", *Jurnal Spektran*, Vol. 7, No. 2, Juli 2019, Hal. 155-161.
- Putri, O.R., Mildawari, R., Puri, A., 2019, "Analisis Variasi Faktor Aman Tambahan Modulus Reaksi Tanah Dasar Sistem Pelat Terpaku Tiang Pipa Beton Tunggal pada Lempung Lunak", Tugas Akhir, Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Ryltenius, Andre. 2011, "FEM Modelling of Piled Raft Foundations In Two and Three Dimensions", Disertasi, Geotechnical Engineering, LUND University, Sweden.

Sipil, P., “ Gambar dan Spesifikasi Tiang Pancang Beton Bulat (Spun Pile)” <https://proyeksipil.blogspot.co.id/2013/05/gambar-dan-spesifikasi-tiang-pancang.html>, diakses Agustus 2018.

Sompie, Gracia M.E., Sompie, O.B.A., dan Rondonuwu, Steeva. 2018, ”Analisis Stabilitas Tanah Dengan Model Material Mohr Coulomb dan Soft Soil”, *Jurnal Sipil Statik*, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Vol.6 No.10 Oktober 2018, pp. 783-792.

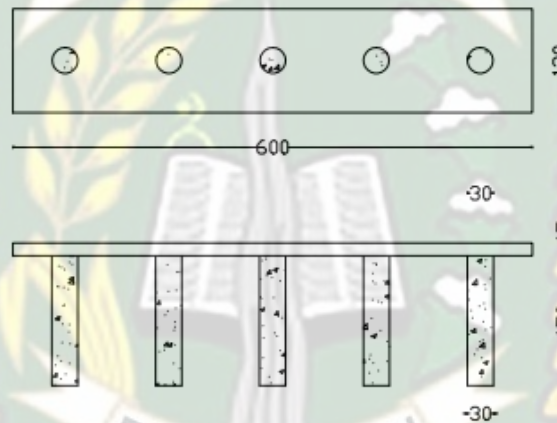
Suhendro, B., 2000a, “Metode Elemen Hingga dan Aplikasinya”, Jurusan Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

Waruwu, A., Hardiyatmo, H.C., Rifa’I, A., (2019) “Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut”, Media Komunikasi Teknik Sipil Universitas Diponegoro, Semarang.

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

A.1 Perhitungan Modulus Kekakuan pada Pelat Terpaku

Perhitungan nilai modulus kekakuan pada pelat terpaku menggunakan rumus Ryltenius (2011) sebagai berikut :



Gambar A.1 Pemodelan sistem pelat terpaku satu baris tiang

1. Parameter material struktur pelat

Struktur pelat yang dimodelkan pada Plaxis membutuhkan input material yaitu : Kekakuan Normal (EA), Kekakuan Lentur (EI) Poisson Ratio (R), dan Berat (w). Parameter yang digunakan pada Plaxis ditampilkan dalam Tabel A.1 :

Tabel A.1 Parameter material struktur pelat

Parameter Input	Pelat 15 cm	Pelat 40 cm	Satuan
Kekakuan Normal, EA	3799813	10132834	kN/m
Kekakuan Lentur, EI	7124,649	135104,450	kNm ² /m
Poisson Ratio, ν	0,35	0,35	-
Berat, w	3,6	9,6	kN/m/m

Pelat Tebal 15 cm

Dimensi pelat :

$$\text{Lebar } (b) = 6 \text{ m}$$

$$\text{Tebal } (h) = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1,2 \text{ m}$$

$$k = 350$$

$$f_c' = 0,083 \cdot 350 \\ = 29,05$$

$$E = 4700 \sqrt{f_c'} \\ = 25332,084$$

a. Kekakuan Normal :

$$EA_{raft} = E \cdot h_{raft} \\ = 25332084 \cdot 0,15 \\ = 3799813 \text{ kN/m}$$

b. Kekakuan Lentur :

$$EI_{raft} = E \cdot \frac{b \cdot h^3}{12} \\ = 25332084 \cdot \frac{1 \cdot 0,15^3}{12} \\ = 7124,649 \text{ kNm}^2/\text{m}$$

c. Berat Pelat :

$$w = \gamma_{raft} \cdot h_{raft} \\ = 24 \cdot 0,15 \\ = 3,6 \text{ kN/m/m}$$

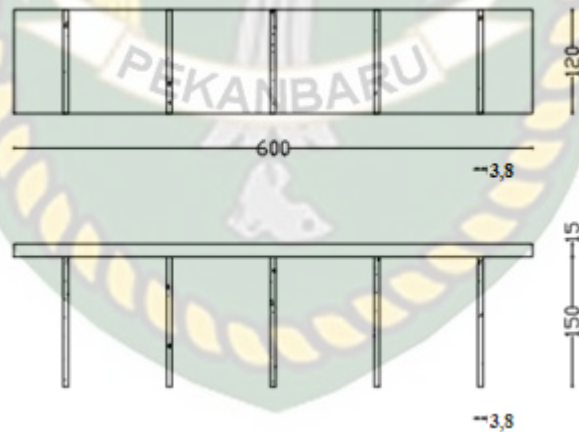
2. Parameter material tiang

Struktur tiang yang dimodelkan pada Plaxis membutuhkan input material yaitu : Kekakuan Normal (EA), Kekakuan Lentur (EI) Poisson Ratio (R), dan Berat (w). Parameter yang digunakan pada Plaxis ditampilkan dalam Tabel A.2 :

Tabel A.2 Parameter material struktur tiang

Parameter Input	Tiang	Satuan
Kekakuan Normal, EA	6254439,855	kN/m
Kekakuan Lentur, EI	1465884,341	kNm ² /m
Poisson Ratio, ν	0.35	-
Berat, w	4,526	kN/m/m

Tiang yang berbentuk lingkaran dengan diameter $D=30$ cm diidealisasikan menjadi bentuk persegi seperti berikut :



Gambar A.2 Idealisasi geometri pelat terpaku

Idealisasi geometri :

$$\frac{1}{4}\pi \cdot d^2 = t_{eki} \cdot S_y$$

$$\frac{1}{4}\pi \cdot 0,24^2 = t_{eki} \cdot 1,2$$

$$t_{eki} = \frac{\frac{1}{4}\pi \cdot 0,24^2}{1,2}$$

$$t_{eki} = 0.038 \text{ m}$$

Dimensi tiang :

$$t_{eki} \quad (b) = 0,038 \text{ m}$$

$$\text{Tebal} \quad (h) = 0,15 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} \quad = 1,2 \text{ m}$$

$$k = 600$$

$$f_c' = 0,083 \cdot 600$$

$$= 49,8$$

$$E = 4700\sqrt{f_c'}$$

$$= 33167,484$$

a. Kekakuan Normal :

$$\begin{aligned} EA_{psp} &= E \cdot A_p \cdot \frac{n_{p-row-i}}{L_r} \\ &= 33167484 \cdot 0,045 \cdot \frac{5}{1,2} \\ &= 6254439,855 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

b. Kekakuan Lentur :

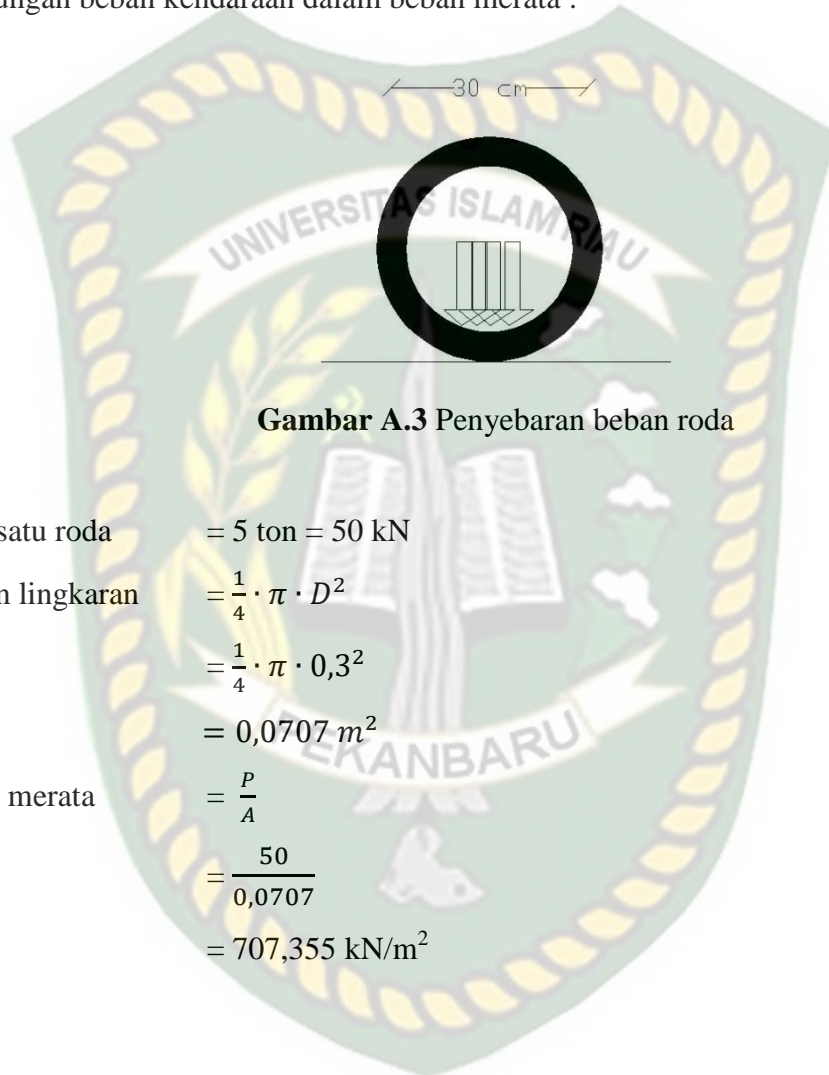
$$\begin{aligned} EI_{psp} &= E \cdot \frac{b \cdot h^3}{12} \cdot \frac{n_{p-row-i}}{L_r} \\ &= 33167484 \cdot \frac{0,038 \cdot 1,5^3}{12} \cdot \frac{5}{1,2} \\ &= 1465884,341 \text{ kNm}^2/\text{m} \end{aligned}$$

c. Berat Tiang :

$$\begin{aligned} w_{psp} &= W_p \cdot \frac{n_{p-row-i}}{L_r} \\ &= 24 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot \frac{5}{1,2} \\ &= 4,526 \text{ kN/m/m} \end{aligned}$$

A.2 Perhitungan Beban Kendaraan

Klasifikasi kelas jalan merupakan kemampuan jalan untuk menerima beban yang dinyatakan dengan muatan sumbu terberat (MST). Berikut perhitungan beban kendaraan dalam beban merata :



Gambar A.3 Penyebaran beban roda

$$\text{Berat satu roda} = 5 \text{ ton} = 50 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} \text{Luasan lingkaran} &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,3^2 \\ &= 0,0707 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban merata} &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{50}{0,0707} \\ &= 707,355 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

A.3 Deformasi pada Plaxis 2D

Tabel A.3 Deformasi pada pelat terpaku

Titik nodal	X	Y	Ux	Uy	DUx	DUy
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
1	-25	-11	0	0	0	0
2	-24,107143	-11	0	0	0	0
3	-23,214286	-11	0	0	0	0
4	-22,321429	-11	0	0	0	0
5	-25	-7,25	0	0,000107963	0	1,679E-08
6	-25	-8,5	0	5,29197E-05	0	1,2419E-08
7	-25	-9,75	0	1,29909E-05	0	6,721E-09
8	-24,107143	-9,75	-2,97762E-05	1,22141E-05	4,69E-10	6,802E-09
9	-23,214286	-9,75	-6,01542E-05	9,81938E-06	5,65E-10	7,105E-09
10	-24,107143	-8,5	-4,87738E-05	5,16962E-05	1,278E-09	1,2789E-08
11	-22,321429	-7,25	-0,000172631	9,37874E-05	6,329E-09	2,1563E-08
12	-23,214286	-7,25	-0,000112718	0,000101989	4,745E-09	1,9122E-08
13	-22,321429	-8,5	-0,000150456	4,08846E-05	2,345E-09	1,5009E-08
14	-22,321429	-9,75	-9,16428E-05	5,64249E-06	2,3E-10	7,488E-09
15	-23,214286	-8,5	-9,86217E-05	4,78379E-05	2,098E-09	1,375E-08
16	-24,107143	-7,25	-5,56817E-05	0,000106531	2,582E-09	1,7426E-08
17	-22,321429	-6	-0,000155729	0,000150663	1,0828E-08	2,6582E-08
18	-23,214286	-6	-0,000101383	0,000159079	7,739E-09	2,2518E-08
19	-24,107143	-6	-4,99516E-05	0,00016343	4,025E-09	1,9861E-08
20	-25	-3,75	0	0,000285043	0	5,1525E-08
21	-25	-4,5	0	0,000257055	0	4,4363E-08
22	-25	-5,25	0	0,000216386	0	3,3686E-08
23	-24,107143	-5,25	-2,71434E-05	0,000213449	1,0454E-08	3,5401E-08
24	-23,214286	-5,25	-5,64172E-05	0,000203512	1,9639E-08	4,0711E-08
25	-24,107143	-4,5	1,86609E-06	0,000252809	1,5528E-08	4,7104E-08
26	-25	-6	0	0,000164669	0	1,8879E-08
27	-21,428571	-9,75	-0,000124656	-5,88855E-07	-8,1E-10	8,009E-09
28	-21,428571	-8,5	-0,000205238	3,03069E-05	1,779E-09	1,6121E-08
29	-21,428571	-7,25	-0,000236676	8,1108E-05	6,984E-09	2,388E-08
30	-19,642857	-7,25	-0,000382757	3,83386E-05	7,444E-09	2,4822E-08
31	-20,535714	-7,25	-0,000306283	6,29174E-05	7,354E-09	2,5092E-08
32	-20,535714	-8,5	-0,00026373	1,56441E-05	3,92E-10	1,6848E-08
33	-20,535714	-9,75	-0,000159023	-8,95832E-06	-2,21E-09	8,057E-09
34	-19,642857	-8,5	-0,000326144	-3,766E-06	-1,865E-09	1,631E-08
35	-18,75	-7,25	-0,00046761	6,89792E-06	7,4E-09	2,1861E-08
36	-18,393119	-8,7496338	-0,000392676	-4,21513E-05	-7,137E-09	1,1179E-08

Tabel A.3 Lanjutan

Titik nodal	X	Y	Ux	Uy	DUx	DUy
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
37	-18,571559	-7,9998169	-0,000449746	-2,3446E-05	-1,201E-09	1,6629E-08
38	-19,464417	-9,2498169	-0,000265626	-2,06131E-05	-4,952E-09	1,0674E-08
39	-18,214678	-9,4994507	-0,000298181	-4,58502E-05	-9,299E-09	6,197E-09
40	-19,285976	-9,9996338	-0,000173515	-2,31266E-05	-5,221E-09	5,391E-09
41	-20,357274	-10,499817	-7,3009E-05	-9,08426E-06	-1,526E-09	2,912E-09
42	-20,535714	-11	0	0	0	0
43	-19,642857	-11	0	0	0	0
44	-18,75	-11	0	0	0	0
45	-18,571559	-10,499817	-0,000104823	-1,94873E-05	-4,522E-09	1,949E-09
46	-18,393119	-9,9996338	-0,000204494	-3,4645E-05	-7,728E-09	4,009E-09
47	-19,464417	-10,499817	-8,87503E-05	-1,38265E-05	-2,969E-09	2,596E-09
48	-21,428571	-11	0	0	0	0
49	-22,321429	-5,25	-8,94374E-05	0,000184087	2,7639E-08	4,972E-08
50	-23,214286	-4,5	1,68216E-06	0,000238273	2,9401E-08	5,5464E-08
51	-24,107143	-3,75	3,62921E-05	0,00027977	1,9678E-08	5,5087E-08
52	-23,107143	-3	0,000157938	0,000268731	4,6087E-08	7,3921E-08
53	-22,214286	-3,75	0,00010537	0,000220176	5,8175E-08	8,7212E-08
54	-22,107143	-2,25	0,000380299	0,000210212	7,6792E-08	1,0422E-07
55	-25	-3	0	0,000298914	0	5,6528E-08
56	-22	-0,75	0,000667058	0,000148269	6,6914E-08	1,04588E-07
57	-23	-1,5	0,000351008	0,000243022	4,8713E-08	7,7993E-08
58	-24	-2,25	0,000129526	0,000289383	2,5039E-08	6,2192E-08
59	-25	0	0	0,000217958	0	5,095E-08
60	-25	-0,75	0	0,000254052	0	5,3148E-08
61	-25	-1,5	0	0,0002821	0	5,5557E-08
62	-25	-2,25	0	0,000297703	0	5,6807E-08
63	-22	0	0,000759856	0,000105915	4,6364E-08	1,00671E-07
64	-23	0	0,000481126	0,000175208	2,701E-08	7,2451E-08
65	-24	0	0,000232303	0,000209	1,2626E-08	5,5924E-08
66	-24	-0,75	0,000208949	0,000244686	1,9407E-08	5,847E-08
67	-24	-1,5	0,000172759	0,000273146	2,3567E-08	6,0932E-08
68	-23	-0,75	0,000428252	0,000212955	4,0791E-08	7,5351E-08
69	-17,857143	-11	0	0	0	0
70	-17,678702	-10,499817	-0,000120958	-2,59096E-05	-5,996E-09	1,019E-09
71	-17,500262	-9,9996338	-0,000235875	-4,77289E-05	-1,0173E-08	1,685E-09
72	-17,321821	-9,4994507	-0,000344233	-6,57357E-05	-1,2363E-08	2,339E-09

A.4 Gaya Dalam pada Plaxis 2D

Tabel A.4 Gaya Dalam pada Pelat Terpaku

Elemen:	Titik nodal	X	Y	N	Q	M
		[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]
1 Pelat	286	-3	2	0,033093587	0,086066417	0
	289	-2,975	2	0,033345426	0,10592223	0,002351812
	288	-2,95	2	0,10339426	0,1389324	0,005419356
	287	-2,925	2	0,25413972	0,17575526	0,009331792
	315	-2,9	2	0,49648144	0,20704913	0,014147385
2 Pelat	315	-2,9	2	0,43464287	1,4052808	0,014147385
	321	-2,775	2	1,5330013	-0,28854185	0,008557152
	320	-2,65	2	2,6369094	-0,22518162	0,053256353
	319	-2,525	2	3,7748923	-3,7309316	-0,19638418
	337	-2,4	2	4,9754753	-16,132085	-1,2879885
3 Pelat	337	-2,4	2	5,6089119	-19,728667	1,9744061
	333	-2,1	2	6,3119059	1,4335444	0,41417238
	332	-1,8	2	7,0109388	-0,1575296	0,14916402
	331	-1,5	2	7,6927775	-0,57957253	0,43647299
	385	-1,2	2	8,3441889	24,089732	2,720471
4 Pelat	385	-1,2	2	7,3810183	12,839376	-1,6618614
	381	-0,9	2	7,0993835	1,9386297	0,34936255
	380	-0,6	2	6,9265564	-1,4453274	0,26427908
	379	-0,3	2	6,8027293	2,0078981	0,1653161
	427	0	2	6,6680946	11,618699	2,0727639
5 Pelat	427	0	2	5,7904431	15,281115	-1,7663187
	433	0,3	2	4,9566322	1,0580817	0,2017899
	432	0,6	2	4,2340348	-1,124559	0,19339432
	431	0,9	2	3,5769164	1,6676337	0,024114257
	607	1,2	2	2,9395427	2,3691009	0,86354769
6 Pelat	607	1,2	2	2,5167277	9,7621154	-0,97246568
	613	1,5	2	1,8000434	-0,073427696	0,027044573
	612	1,8	2	1,16233	-0,33403375	0,083787326
	611	2,1	2	0,59109639	0,6431543	-0,04970918
	759	2,4	2	0,073851287	-5,4790065	-0,38320265
7 Pelat	759	2,4	2	0,20425862	-2,721527	0,2575423
	765	2,55	2	0,12965624	-0,53591832	0,047998682
	764	2,7	2	0,06772763	-0,026736565	0,003783682
	763	2,85	2	0,023316527	-0,12138605	0,009800541
	859	3	2	0,00126667	0,25272894	0

LAMPIRAN B

LEMBAR KERJA PROGRAM PLAXIS

B.1 Analisa Deformasi dan Gaya Dalam pada Sistem Pelat Terpaku Menggunakan Metode Elemen Hingga 2D

Penggunaan *software* MEH 2D memudahkan dalam menganalisa deformasi dan gaya dalam pada sistem pelat terpaku. Analisa deformasi dan gaya dalam menggunakan data material, dimensi dan uji beban dari Puri (2015) untuk satu baris tiang, adapun parameter yang akan diinput ke dalam plaxis adalah sebagai berikut :

Tabel B.1 Model dan parameter tanah (Puri, 2015)

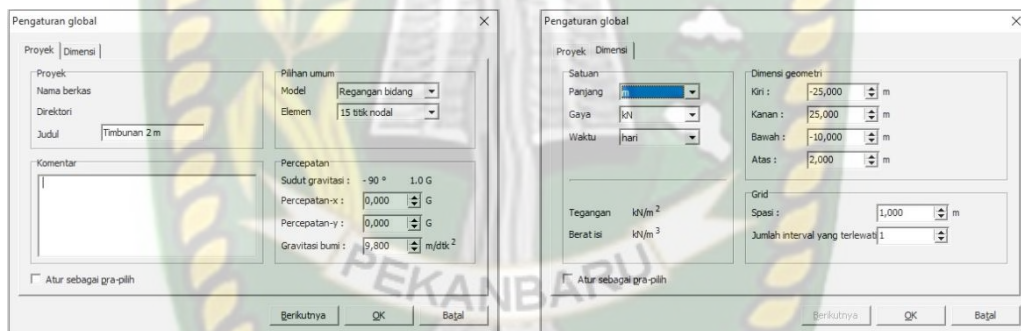
Parameter	Nama	Pasir	Lempung Lunak	Timbunan	Satuan
Material Model	Model	Mohr-Coulomb	Soft Soil	Soft-Soil	-
Material Behavior	Type	Drained	Drained	Drained	-
Berat Volume Jenuh	γ_{sat}	18,00	16,30	18,00	kN/m ³
Berat Volume Kering	γ_d	20,00	10,90	10,90	kN/m ³
Young's Modulus	E	42750	1790	-	kPa
Poisson Ratio	V	0,35	0,35	-	-
Cohession	C	47,8	19,00	0,00	°
Friction Angle	Φ	1	1,00	30	°
Delatancy Angle	Ψ	1	0,00	0,00	-
Initial Void Ratio	e_0	0,50	1,19	-	-
Modified Compression Index	λ	-	0,12	0,12	-
Modified Swelling Index	K	-	0,02	0,02	-
Interface Strength Ratio	R	0,110	0,80	0,8	-

B.2 Analisa Deformasi dan Gaya Dalam pada Sistem Pelat Terpaku dengan Metode Elemen Hingga Menggunakan Plaxis 2D v 8.6

Langkah pertama dalam analisa deformasi dan gaya dalam pada sistem pelat terpaku adalah dilakukannya pemodelan, dalam pemodelan ini terdapat parameter tanah yang akan diinput serta metode dalam menganalisa.



1. Pengaturan Global


Langkah pertama adalah mengatur parameter dasar dari model elemen hingga yang dilakukan dalam jendela pengaturan global. beri judul sebagai nama file dan pilih model regangan bidang, pada jendela dimensi masukkan nilai dimensi yang akan ditampilkan pada layar pemodelan.




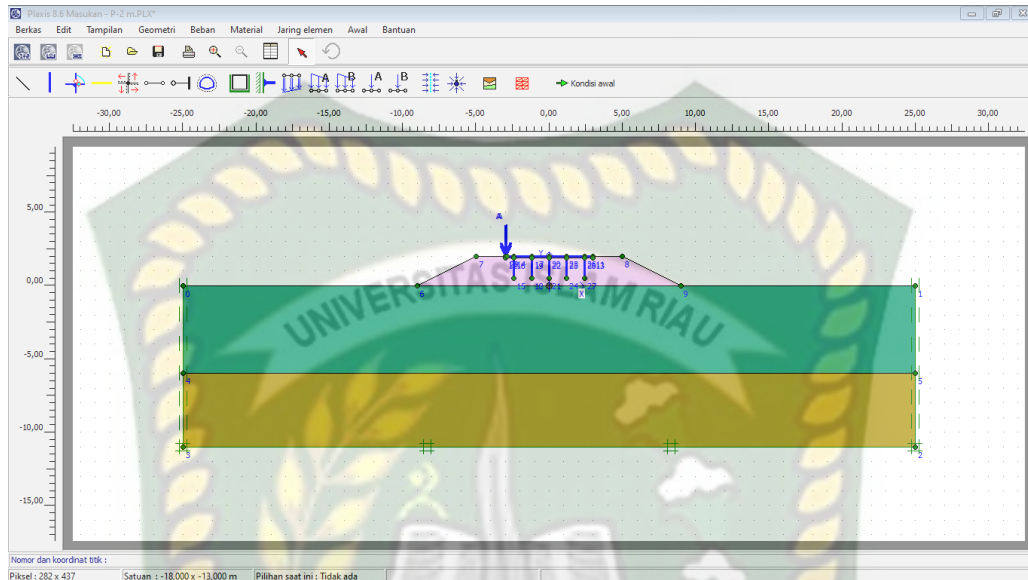
Gambar B.1 Pengaturan Global Plaxis

2. Pemodelan pelat terpaku

Langkah selanjutnya adalah memasukkan geometri tanah dan pelat terpaku sesuai dengan model yang digunakan pada penelitian menggunakan garis geometri dan pelat. Membuat geometri dimulai dengan cara menarik garis pada *grid* menggunakan garis geometri  dan struktur pelat terpaku menggunakan garis  yang tersedia pada program masukan sesuai dengan kedalaman tanah dan tiang.


Jika seluruh pemodelan sudah selesai dilakukan, berikan kondisi batas berupa jepit standar  yang berfungsi untuk mendefinisikan tanah pada bagian dasar dikondisikan dalam keadaan tumpuan jepit penuh dan tanah disamping dalam keadaan tumpuan jepit vertikal.

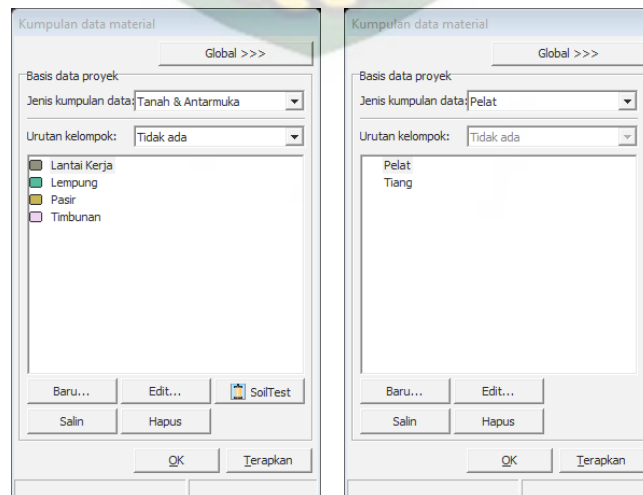
Kemudian input beban yang akan bekerja pada permukaan jalan berupa beban merata  yang berada di pinggir dan juga di tengah pelat.



Gambar B.2 Pemodelan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku


3. Pengaturan Material

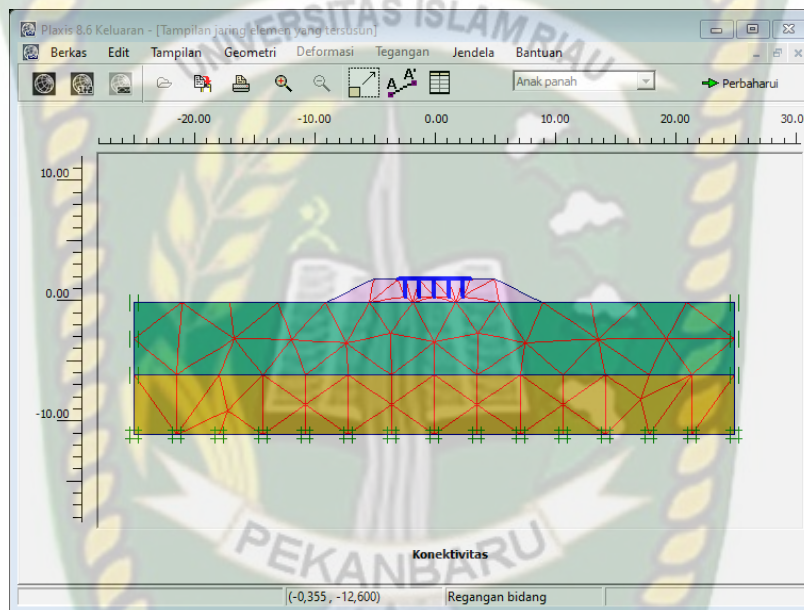
Tentukan parameter material yang digunakan pada setiap lapisan tanah dan struktur perkerasan. Pilih kumpulan data material  lalu pilih tanah & antar muka pada jenis kumpulan data, masukan parameter tanah. Sedangkan pelat dan tiang diasukkan pada jenis kumpulan data pelat. Setelah dimasukan parameter tanah dan tiang, lalu input material tersebut kedalam setiap lapisan tanah dan tiang.



Gambar B.3 Jendela Material





4. Pengaturan Jaring Elemen

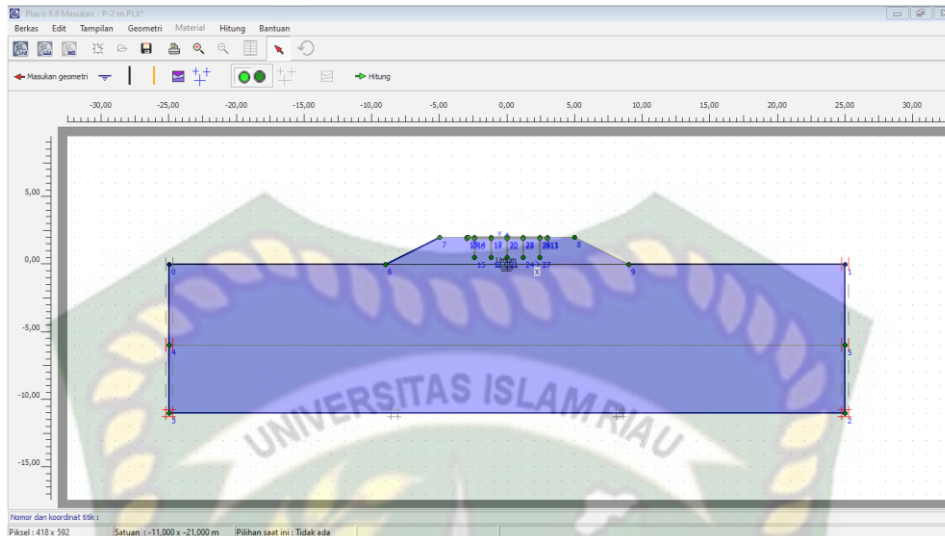
Setelah model geometri selesai, langkah berikutnya adalah melakukan pengaturan jaring elemen dengan mengklik susun jaring elemen  lalu tampilan jaringan elemen yang tersusun akan keluar, kemudian klik tombol <Update>.



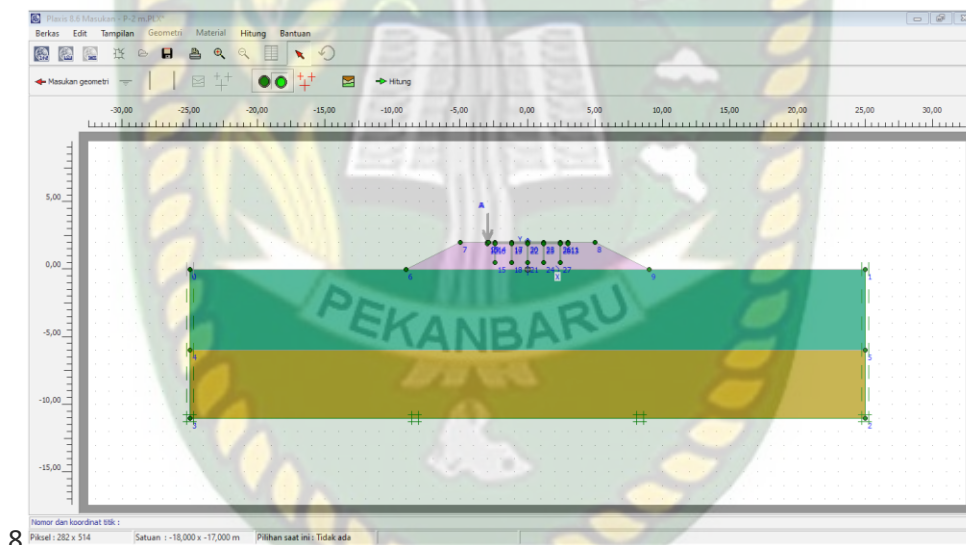
Gambar B.4 Pengaturan Jaring Elemen

5. *initial condition*

Terdapat dua langkah kondisi awal, langkah pertama yaitu menentukan kedalaman muka air pori dengan klik garis freatik  lalu klik tombol hitung tekanan air , setelah itu tekan tombol <update> maka tampilan tekanan air pori akan keluar, langkah berikutnya yaitu menghitung tegangan awal dengan cara klik <tekanan air pori awal -- tegangan awal dan konfigurasi geometri> , lalu klik tombol  hitung tegangan awal, maka tampilan tegangan awal tanah akan muncul, kemudian tekan tombol <update>, berikutnya tekan tombol hitung.



(a) Tekanan Air Awal



(b) Tegangan Awal

Gambar B.5 Tahapan Kondisi Awal (*initial condition*)

6. Kalkulasi

Setelah jendela kalku keluar, maka akan dilakukan perhitungan dengan tiga tahap, <Tahap 1> adalah analisa plastis dan <Tahap 2> perhitungan analisa konsolidasi.

Plaxis 8.5 Perhitungan - PT-Pinggir-2 m.PLX

Berkas Edit Tampilan Hitung Bantuan

Umum Parameter Pengali Tampilan

Tahap
 Nomor / ID.: 2 Konsolidasi
 Mulai dari tahap: 1 - Penurunan Segera

Jenis perhitungan
 Analisa konsolidasi
 Tingkat lanjut

Informasi perhitungan
 Tekanan air pori minimum yang ditentukan tercapai
 1.14173E-02 < 1.00000E+00

Komentar

Parameter

Berikutnya Stopkan Hapus...

Identifikasi	No. tahap	Mulai dari	Perhitungan	Masukan pembebanan	Waktu	Air	Perta...
Tahap awal	0	0	N/A	N/A	0,00 ...	0	0
✓ Penurunan Segera	1	0	Analisa plastis	Tahapan konstruksi	0,00 ...	1	1
✓ Konsolidasi	2	1	Analisa konsolidasi	Tekanan air pori minimum	0,00 ...	1	30

Plaxis 8.5 - Perhitungan Plastis - Regangan bidang

Proyek: PT-Pinggir-2 m
 Tahap: Penurunan Segera

Faktor pengali total pada akhir langkah beban sebelumnya

Σ -Mdisp:	1,000	PMaks:	0,000
Σ -MloadA:	1,000	Σ -Marea:	1,000
Σ -MloadB:	1,000	Gaya-X:	0,000
Σ -Mweight:	1,000	Gaya-Y:	0,000
Σ -Maccel:	0,000	Kekakuan:	0,083
Σ -Msf:	1,000	Waktu:	0,000
Σ -Mstage:	0,304	Waktu dinamis:	0,000

Proses perhitungan
 MStage

Proses iterasi dari langkah saat ini

Langkah saat ini:	6	Langkah maks.:	250	Elemen:	145
Iterasi:	19	Iterasi maks.:	60	Dekomposisi:	100 %
Kesalahan global:	0,010	Toleransi:	0,010	Waktu perhitungan:	11 dtk

Titik plastis dalam langkah saat ini

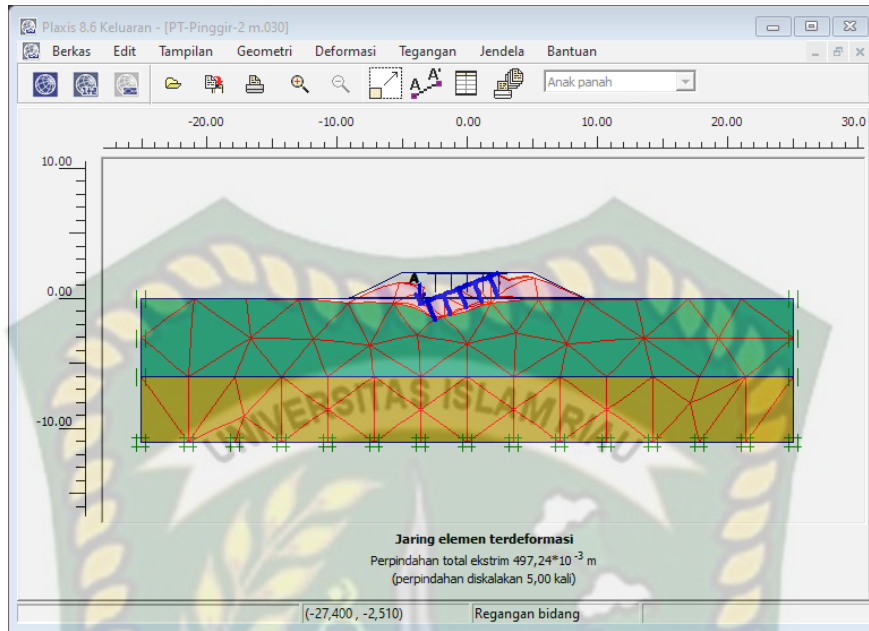
Titik tegangan plastis:	766	Tidak akurat:	2	Ditoleransi:	80
Titik antarmuka plastis:	0	Tidak akurat:	0	Ditoleransi:	3
Titik tegangan tarik:	0	Titik "Cap/Hard":	723	Titik puncak:	0

Batal

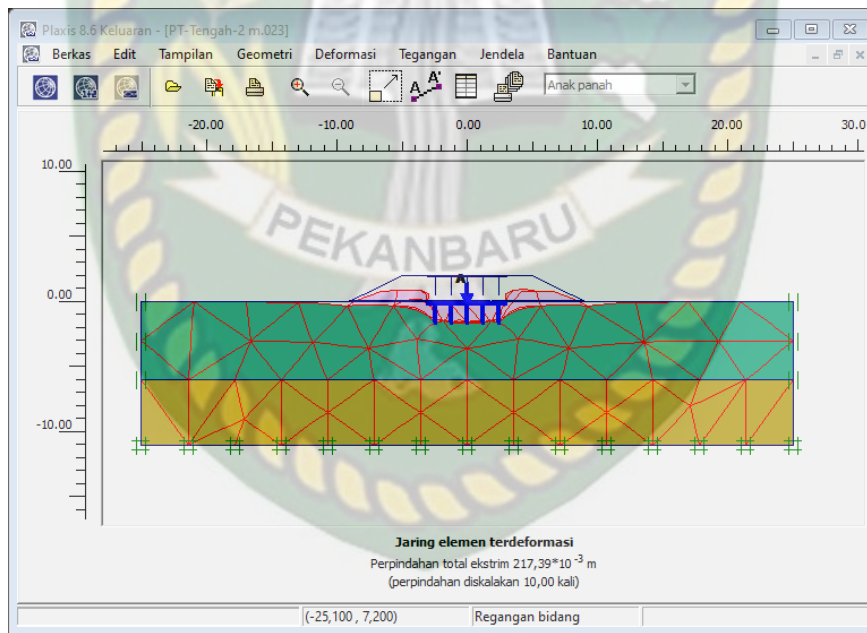
Gambar B.6 Tahapan kalkulasi

7. Output

Setelah proses perhitungan selesai dilakukan, semua analisa data pada penelitian ini berupa lendutan, tegangan dan gaya dalam pada pelat dapat dilihat dalam Program Plaxis Keluaran (*Output*).



a) Pelat Terpaku beban di pinggir



b) Pelat Terpaku beban di tengah

Gambar B.7 Tampilan Output Plaxis

UNIVERSITAS ISLAM RIAU FAKULTAS TEKNIK

Alamat : Jalan Kaharuddin Nasution Km. 11 Kampus UIR Perhentian Marpoyan Pekanbaru



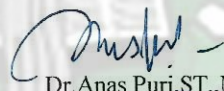

USUL SKRIPSI

No	Nama Mahasiswa	N P M	Bidang Studi
1	Mairia Octaviani	133110004	Sipil

JUDUL SKRIPSI


Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak

PERSETUJUAN WD. II	PENDAFTARAN JUDUL PADA PROGRAM STUDI	PERSETUJUAN CALON SPONSOR DAN CO SPONSOR	CATATAN CO- SPONSOR
-----------------------	---	---	------------------------

 <u>M. Ariyon, ST., MT.</u>	Telah Terdaftar Dibawah Nomor: 055 /TA/TS/T/2018  <u>Sri Hartati Dewi, ST., MT.</u>	Pembimbing I  <u>Dr. Anas Puri, ST., MT</u> Pembimbing II  <u>Roza Mildawati, ST., MT</u>	
---	---	--	--

CATATAN /PERSETUJUAN

CATATAN SPONSOR	CATATAN DAN PERSETUJUAN WD. I
-----------------	-------------------------------

<p style="font-size: 1.2em; font-family: cursive;">Lengkap data & model analisis & finite element CPK-13 2018. 20/10</p>	 <u>Dr. Kurnia Hastuti, ST., MT.</u>
--	---

Pekanbaru, Mei 2018
Dekan,


Ir. H. Abd. Kudus Zaini, MT., MS. Tr
 Npk. 88 03 02 098

Perpustakaan Universitas Islam Riau
 Dokumen ini adalah Arsip Mfrik :

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 1274/KPTS/FT-UIR/2020
TENTANG PENGANGKATAN TIM PEMBIMBING PENELITIAN DAN PENYUSUNAN SKRIPSI

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Membaca : Surat Ketua Program Studi Teknik Sipil Nomor : 212A/ TA/TS/FT/2020 tentang persetujuan dan usulan pengangkatan Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi.
- Menimbang : 1. Bahwa untuk menyelesaikan perkuliahan bagi Mahasiswa Fakultas Teknik perlu membuat Skripsi.
2. Untuk itu perlu ditunjuk Tim Pembimbing penelitian dan penyusunan Skripsi yang diangkat dengan Surat Keputusan Dekan.
- Mengingat : 1. Undang - Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2009 Tentang Dosen
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan
5. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 63 Tahun 2009 Tentang Sistem Penjaminan Mutu Pendidikan
6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2014 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi
7. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2018
8. Peraturan Universitas Islam Riau Nomor 001 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Akademik Bidang Pendidikan Universitas Islam Riau

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : 1. Mengangkat saudara-saudara yang namanya tersebut dibawah ini sebagai Tim Pembimbing Penelitian dan penyusunan Skripsi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil.

No	N a m a	Pangkat	Jabatan
1.	Dr. Anas Puri, S.T., M.T	Lektor Kepala	Pembimbing I
2.	Roza Mildawati, S.T., M.T	Asisten Ahli	Pembimbing II

2. Mahasiswa yang akan dibimbing :

N a m a : Mairia Octaviani
NPM : 13 311 0004
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi : Investigasi Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Timbunan Di Alas Tanah Lunak

3. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.



Ditetapkan di : Pekanbaru
Pada Tanggal : 26 Rabiul Akhir 1442 H
11 Desember 2020 M

Dekan,

Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T.

NPK: 09 11 02 374

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Bapak Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth. Sdr. Ketua Program Studi Teknik Sipil FT-UIR
3. Arsip

SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU
NOMOR : 1537/KPTS/FT-UIR/2020
TENTANG PENETAPAN DOSEN PENGUJI SKRIPSI MAHASISWA FAK. TEKNIK UNIV. ISLAM RIAU

DEKAN FAKULTAS TEKNIK

- Menimbang : 1. Bahwa untuk menyelesaikan studi S.1 bagi mahasiswa Fakultas Teknik Univ. Islam Riau dilaksanakan Ujian Skripsi/Komprehensif sebagai tugas akhir. Untuk itu perlu ditetapkan mahasiswa yang telah memenuhi syarat untuk ujian dimaksud serta dosen penguji.
2. Bahwa penetapan mahasiswa yang memenuhi syarat dan dosen penguji yang bersangkutan perlu ditetapkan dengan Surat Keputusan Dekan.

- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi.
2. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2012 Tentang Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia.
3. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2009 Tentang Dosen.
4. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2010 Tentang Pengelolaan dan Penyelenggaraan Pendidikan.
5. Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 63 Tahun 2009 Tentang Sistem Penjaminan Mutu Pendidikan.
6. Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 49 Tahun 2014 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi.
7. Statuta Universitas Islam Riau Tahun 2018.
8. Peraturan Universitas Islam Riau Nomor 001 Tahun 2018 Tentang Ketentuan Akademik Bidang Pendidikan Universitas Islam Riau.

MEMUTUSKAN

- Menetapkan : 1. Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Islam Riau yang tersebut namanya di bawah ini:
- Nama : Mairia Octaviani
NPM : 133110004
Program Studi : Teknik Sipil
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi : Investigasi Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak
2. Penguji Skripsi/Komprehensif mahasiswa tersebut terdiri dari :
1. Dr. Anas Puri, S.T., M.T. Sebagai Ketua Merangkap Penguji
2. Roza Mildawati, S.T., M.T. Sebagai Anggota Merangkap Penguji
3. Firman Syarif, S.T., M.Eng. Sebagai Anggota Merangkap Penguji
3. Laporan hasil ujian serta berita acara telah sampai kepada Pimpinan Fakultas selambat-lambatnya 1(satu) bulan setelah ujian dilaksanakan.
4. Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya dengan ketentuan bila terdapat kekeliruan dikemudian hari segera ditinjau kembali.

KUTIPAN : Disampaikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Ditetapkan di : Pekanbaru
Pada Tanggal : 26 Rabi'ul Akhir 1442 H
11 Desember 2020 M



Dekan
Dr. Eng. Muslim, S.T., M.T.
NPK/09 11 02 374

Tembusan disampaikan :

1. Yth. Rektor UIR di Pekanbaru.
2. Yth. Ketua Program Studi Teknik Sipil FT-UIR.
3. Yth. Pembimbing dan Penguji Skripsi.
4. Mahasiswa yang bersangkutan.
5. Arsip.



UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

JL. KH. NASUTION NO. 113, MARPOYAN, PEKANBARU, INDONESIA – 28284

Email: teknik_sipil@uir.ac.id

SURAT KETERANGAN PERSETUJUAN SEMINAR TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan di bawah ini, Pembimbing Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa di bawah ini,

Nama : Mairia Octaviani
NPM : 133110004
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil (Strata 1)
Judul Tugas Akhir : “Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak”

Telah memperbaiki dan menyempurnakan Tugas Akhir ini sesuai dengan Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir, dan telah disetujui untuk diseminarkan.

Demikian surat ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 21 Juli 2020

Pembimbing I

(Dr. Anas Puri, S.T, M.T)

Pembimbing II

(Roza Mildawati, S.T, M.T)

Catatan :

Tim Penguji :

1. *Kirman Syarif, M.Eng. or*
2. *—*



SURAT KETERANGAN PERSETUJUAN KOMPREHENSIF TUGAS AKHIR

Kami yang bertanda tangan di bawah ini, Pembimbing Tugas Akhir menerangkan bahwa mahasiswa di bawah ini,

Nama : Mairia Octaviani
NPM : 133110004
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil (Strata I)
Judul Tugas Akhir : “Investigasi Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak”

Telah memperbaiki dan menyempurnakan Tugas Akhir ini sesuai dengan Berita Acara Seminar Tugas Akhir. Selanjutnya telah disetujui untuk mengikuti Ujian Komprehensif pada Program Studi Teknik Sipil.

Demikian surat keterangan persetujuan Ujian Komprehensif ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, 19 Oktober 2020

Pembimbing I

(Dr. Anas Puri, S.T., M.T)

Pembimbing II

(Roza Mildawati, S.T., M.T)



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الرَّيَوِيَّةُ

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No.113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia - 28284
Telp. +62 761 674674 Email: fakultas_teknik@uir.ac.id Website: www.eng.uir.ac.id

BERITA ACARA SEMINAR HASIL PENELITIAN SKRIPSI

Pada Hari Rabu Tanggal 19 Agustus 2020 Jam 13.30 WIB – Selesai Tempat Pelaksanaan Ujian Online.
Dilaksanakan Seminar Hasil Penelitian Skripsi Mahasiswa sebagai berikut :

Nama : Mairia Octaviani
NPM : 133110004
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Proposal : Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak

Berdasarkan rapat Dosen Pembimbing dan dosen tamu, bersama ini kami sampaikan hasil seminar penelitian skripsi atas nama mahasiswa tersebut.

- Menyetujui seminar hasil penelitian, dilanjutkan dengan ujian komprehensif.
 Memperbaiki hasil penelitian dan dapat dilanjutkan ujian komprehensif.
 Memperbaiki hasil penelitian dan pengulangan seminar pada Hari/tanggal :
 Seminar hasil ditolak, menggantikan topik penelitian dan pengulangan seminar

Berita acara ini ditandatangani oleh tim penguji dan disahkan oleh ketua program untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

No	Dosen Pengarahan	Jabatan Dlm Seminar	Tanda Tangan
1	Dr. Anas Puri, S.T., M.T.	Ketua	1.
2	Roza Mildawati, S.T., M.T.	Anggota	2.
3	Firman Syarif, S.T., M.Eng.	Anggota	3.

Pembimbing

Dr. Anas Puri, S.T., M.T.

Dengan harapan Dosen Pembimbing dapat memberikan keputusan seminar.

Pekanbaru, 19 Agustus 2020
Diketahui Oleh Wakil Dekan I

Dr. Mursyidah, M.Sc.



UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

JL. KH. NASUTION NO. 113, MARPOYAN, PEKANBARU, INDONESIA – 28284
Email: teknik_sipil@uir.ac.id

BERITA ACARA SEMINAR TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Seminar Tugas Akhir,

Nama : Mairia Octaviani
NPM : 133110004
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil (Strata 1)
Judul Tugas Akhir : “Investigasi Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak”
Hari/Tanggal : 19 Agustus 2020
Pembimbing 1 : Dr. Anas Puri, S.T., M.T
Pembimbing 2 : Roza Mildawati, S.T., M.T
Penguji 1 : Firman Syarif, S.T., M.Eng

Hasil Seminar Tugas Akhir :

1. Perbaiki ucapan terima kasih.
2. Tekankan permasalahan dan tujuan yang diusulkan dalam penelitian pada abstrak.
3. Cantumkan referensi pada latar belakang.
4. Simpulkan penelitian terdahulu dengan tabel serta tambahkan penelitian terkait oleh dosen atau rekan.
5. Cantumkan sumber data dan lengkapi data pada metode penelitian.
6. Perbaiki dan lengkapi penjelasan pada bab pembahasan.
7. Perbaiki kesimpulan dan saran.
8. Perbaiki dan lengkapi daftar pustaka.
9. Tambahkan lampiran output software.

Pekanbaru, 19 *oktoba* 2020

Pembimbing I

(Dr. Anas Puri, S.T., M.T)

Pembimbing II

(Roza Mildawati, S.T., M.T)

Penguji

(Firman Syarif, S.T., M.Eng)



YAYASAN LEMBAGA PENDIDIKAN ISLAM (YLPI) RIAU
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

Jalan Kaharuddin Nasution No. 113 P. Marpoyan Pekanbaru Riau Indonesia – Kode Pos: 28284
 Telp. +62 761 674674 Website: www.eng.uir.ac.id Email: fakultas_teknik@uir.ac.id

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI

Berdasarkan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Pekanbaru, tanggal 11 Desember 2020, Nomor: 1537/KPTS/FT-UIR/2020, maka pada hari Selasa, tanggal 15 Desember 2020, telah dilaksanakan Ujian Skripsi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau, Jenjang Studi S1, Tahun Akademik 2020/2021 berikut ini.

1. Nama : Mairia Octaviani
2. NPM : 133110004
3. Judul Skripsi : Investigasi Numerik Perkerasan Sistem Pelat
Terpaku Pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak
4. Waktu Ujian : 16.00 WIB – Selesai
5. Tempat Pelaksanaan Ujian : Online

Dengan keputusan Hasil Ujian Skripsi:

~~Lulus*~~ / Lulus dengan Perbaikan* / ~~Tidak Lulus*~~

* Coret yang tidak perlu.

Nilai Ujian:

Nilai Ujian Angka = 81,25 Nilai Huruf = A

Tim Penguji Skripsi.

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Dr. Anas Puri, S.T., M.T.	Ketua	1.
2	Roza Mildawati, S.T., M.T.	Anggota	2.
3	Firman Syarif, S.T., M.Eng.	Anggota	3.

Panitia Ujian
Ketua,

Dr. Anas Puri, S.T., M.T.
NIDN. 1005057003

Pekanbaru, 15 Desember 2020

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. M. Muslim, S.T., M.T.
NIDN. 1016047901



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

Alamat :Jalan Kaharuddin Nasution Km 11 No. 113 Perhentian Marpoyan
Telp. (0761) 674635. 674636. 72126 Pekanbaru - 28284

BERITA ACARA KOMPREHENSIF TUGAS AKHIR

Telah Dilaksanakan Ujian Komprehensif Tugas Akhir :

Nama : Mairia Octaviani
NPM : 133110004
Fakultas : Teknik
Jurusan : Sipil (Starata 1)
Judul Tugas Akhir Awal : “Investigasi Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak”
Judul Tugas Akhir Revisi : “Analisis Numerik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Timbunan Di Atas Tanah Lunak”
Hari/Tanggal : Selasa / 15 Desember 2020
Waktu : 16.00 – 17.30 WIB
Ketua : Dr. Anas Puri, ST.,MT
Sekretaris : Roza Mildawati, ST.,MT
Penguji : Firman Syarif, ST., M.Eng

Telah melaksanakan ujian Komprehensif Tugas Akhir, demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pekanbaru, Januari 2021

Pembimbing I

Pembimbing II ✓

Dr. Anas Puri, S.T., M.T

Roza Mildawati, ST., MT

Penguji

Firman Syarif, ST., M.Eng



UNIVERSITAS ISLAM RIAU

FAKULTAS TEKNIK

الْجَامِعَةُ الْإِسْلَامِيَّةُ الرَّيُّوِيَّةُ

Alamat: Jalan Kaharuddin Nasution No.113, Marpoyan, Pekanbaru, Riau, Indonesia - 28284
Telp. +62 761 674674 Email: fakultas_teknik@uir.ac.id Website: www.eng.uir.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor: 378/A-UIR/5-T/2020

Operator Turnitin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau menerangkan bahwa Mahasiswa/i dengan identitas berikut:

Nama : **MAIRIA OCTAVIANI**
NPM : 133110004
Program Studi : Teknik Sipil (S1)
Jenjang Pendidikan : Strata Satu (S1)
Judul Skripsi TA : INVESTIGASI NUMERIK PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

Dinyatakan **Bebas Plagiat**, berdasarkan hasil pengecekan pada Turnitin menunjukkan angka **Similarity Index < 30%** sesuai dengan peraturan Universitas Islam Riau yang berlaku.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengetahui,

Kaprodi. Teknik Sipil

Harmiyati, S.T., M.Si.

Pekanbaru 11 Desember 2020 M

26 Robi'ust Tsānī 1442 H

Operator Turnitin F. Teknik

Zulfadhli, S.T.

INVESTIGASI NUMERIK PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU PADA TIMBUNAN DI ATAS TANAH LUNAK

ORIGINALITY REPORT

17 %	17 %	0 %	7 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	idoc.pub Internet Source	4 %
2	www.scribd.com Internet Source	3 %
3	anzdoc.com Internet Source	3 %
4	id.scribd.com Internet Source	1 %
5	ejournal.undip.ac.id Internet Source	1 %
6	es.scribd.com Internet Source	1 %
7	journal.uir.ac.id Internet Source	1 %
8	kuliahteksipil.blogspot.com Internet Source	1 %
9	edoc.site	



Internet Source

1%

10

dspace.uir.ac.id

Internet Source

1%

11

Submitted to Sriwijaya University

Student Paper

1%

Exclude quotes

On

Exclude matches

< 1%

Exclude bibliography

On

