

TESIS

**“PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN
VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA
TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN
(BEBAN SENTRIS DAN
TEPI PELAT)”**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Magister Teknik (M.T)**

Dibuat Oleh :

**NAMA : HELMISYAH
NOMOR MAHASISWA : 153120016
BIDANG KAJIAN UTAMA : GEOTEKNIK & JALAN RAYA**

**MAGISTER ILMU HUKUM
PROGRAM MAGISTER (S2) TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCA SARJANA
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis


“PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN
VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA
TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN (BEBAN SENTRIS DAN
TEPI PELAT)”

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

HELMISYAH
NPM. 153120016

Program Studi : Teknik Sipil
Bidang Kajian : Geoteknik dan Jalan Raya
Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 25 Juni 2019
Dan dinyatakan LULUS

DEWAN PENGUJI
Ketua Penguji


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

Anggota Penguji I


Ir. Harnedi Maizir, M.T., Ph.D

Anggota Penguji II


Dr. Ing. Syawal Satibi, M.Sc

Mengetahui
Direktur

Program Pasca Sarjana Universitas Islam Riau



Dr. Ir. Saiful Bahri, M.Ec

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

“PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN (BEBAN SENTRIS DAN TEPI PELAT)”

yang dipersiapkan dan disusun oleh :

HELMISYAH
NPM:153120016

Telah disetujui oleh :

Pembimbing Utama :

Tanda Tangan



Dr. Anas Puri, ST.MT

Tanggal : 5 - 07 - 2019

Mengetahui :



Dr. Anas Puri, ST. MT

Ketua Program Magister Teknik Sipil
Universitas Islam Riau

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 25 Juni 2019



HELMISYAH



PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PERPUSTAKAAN

Jalan KH. Nasution No. 113 Gedung B Pascasarjana Universitas Islam Riau
Marpoyan, Pekanbaru, Riau

SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT

Nomor: 059 /A-UIR/5-PSTK/PPs/2019

Perpustakaan Program Pascasarjana Universitas Islam Riau menerangkan:

Nama : Helmisyah

NPM : 153120016

Program Studi : Teknik Sipil

Telah melalui proses pemeriksaan kemiripan karya ilmiah (tesis) menggunakan aplikasi *Turnitin* pada tanggal 24 Juli 2019 dan dinyatakan memenuhi syarat batas maksimal tingkat kemiripan tidak melebihi 30 % (tiga puluh persen).

Surat keterangan ini digunakan untuk syarat ujian tesis dan pengurusan surat keterangan bebas pustaka.

Mengetahui

Ketua Prodi. Magister Teknik Sipil

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

Pekanbaru, 24 Juli 2019

Staf Perpustakaan



Sumardiono, S.IP

lampiran:

Turnitin Originality Report

- Processed on 24-Jul-2019 14:26 +08
- ID: 1154564053
- Word Count: 14267

Similarity Index

18%

Similarity by Source

Internet Sources:

16%

Publications:

2%

Student Papers:

11%

sources:

- 1 4% match (Internet from 10-Jan-2019)
<https://anzdoc.com/laporan-kemajuan-hibah-disertasi-doktor.html>
- 2 2% match (Internet from 11-Jun-2017)
<http://sipil.ft.uns.ac.id/konteks7/prosiding/274G.pdf>
- 3 2% match (Internet from 26-Oct-2018)
<https://vdocuments.site/perkuatan-pelat-lantai-jurnal.html>
- 4 1% match (Internet from 01-Jul-2019)
<https://edoc.pub/plaxis82indonesian3-modelmaterialpdf-5-pdf-free.html>
- 5 1% match (Internet from 06-Jul-2019)
<https://id.scribd.com/doc/238385852/171411312201009241>
- 6 1% match (student papers from 03-May-2018)
[Submitted to Universitas Islam Riau on 2018-05-03](#)
- 7 < 1% match (Internet from 27-Aug-2018)
<https://www.scribd.com/document/245254388/Plaxis82-Indonesian-3-ModelMaterial-pdf>
- 8 < 1% match (Internet from 10-Jul-2019)
<https://sinta.unud.ac.id/uploads/wisuda/1391961004-3-TESIS-Bab%20II.pdf>
- 9 < 1% match (student papers from 23-Aug-2018)
[Submitted to Universitas Islam Indonesia on 2018-08-23](#)
- 10 < 1% match (student papers from 09-Jul-2019)
[Submitted to UIN Sultan Syarif Kasim Riau on 2019-07-09](#)
- 11 < 1% match (student papers from 02-Feb-2019)



**“PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN
VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA
TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN (BEBAN SENTRIS DAN
TEPI PELAT)”**

Tesis

Diajukan Guna Melengkapi Syarat Dalam Mencapai
Derajat Magister Teknik



Oleh :

HEL MISYAH
NPM. 153120016

Diajukan kepada :

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK SIPIL
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2019**

Tesis

**“PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN
VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA
TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN (BEBAN SENTRIS DAN
TEPI PELAT)”**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

HELMISYAH

NPM. 153120016

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji
Pada tanggal 25 Juni 2019

Dewan Penguji :

Pembimbing Utama,

Tim Penguji Lain,

Dr. Anas Puri, ST.,MT

Ir. Harnedi Maizir, M.T., Ph.D

Pembimbing Pendamping,

Dr. Ing. Syawal Satibi, M.Sc

Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Magister Teknik
Tanggal: 25 Juli 2019

Dr. Anas Puri, ST.,MT

Ketua Program Magister Teknik Sipil
Universitas Islam Riau

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis

**“PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN
VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA
TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN (BEBAN SENTRIS DAN
TEPI PELAT)”**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh

HELMISYAH

NPM. 153120016

Program Studi : Teknik Sipil

Bidang Kajian : Geoteknik dan Jalan Raya

Telah dipertahankan didepan Dewan Penguji

Pada tanggal 25 Juni 2019

Dan dinyatakan LULUS

DEWAN PENGUJI

Ketua Penguji

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

Anggota Penguji I

Ir. Harnedi Maizir, M.T., Ph.D

Anggota Penguji II

Dr. Ing. Syawal Satibi, M.Sc

Mengetahui

Direktur

Program Pasca Sarjana Universitas Islam Riau

Dr. Ir. Saipul Bahri, M.Ec

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 25 Juni 2019

HELMISYAH



UCAPAN TERIMAKASIH

Segala Puji kehadiran Allah SWT atas Rahmat, Nikmat dan Taufiknya, sehingga dapat diselesaikannya tesis yang berjudul “**PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN (BEBAN SENTRIS DAN TEPI PELAT)**” Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan mencapai derajat Magister Teknik di Program Pascasarjana Universitas Islam Riau, Pekanbaru.

Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak dapat terselesaikan dengan baik dan lancar apabila tanpa bantuan dan bimbingan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. **Dr. Ir. Saipul Bahri., M.Ec.** selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Islam Riau,
2. **Dr. Anas Puri, ST., MT.** selaku Ketua Program Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Islam Riau dan Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, masukan dan saran serta koreksi penelitian ini,
3. **Prof. Dr. Ir. H. Sugeng Wiyono, MMT** yang telah memberikan ilmu dan pengalaman yang berharga selama proses belajar mengajar,
4. **Dr.Elizar, ST., MT** dan **Dr. Ing. Syawal Satibi, M.Sc** dan **Ir. Harnedi Maizir, M.T., Ph.D** selaku Penguji,
5. Kepala UPT, Kepala Seksi dan Staf Teknis Laboratorium Pengujian Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Riau yang telah banyak membantu kami dalam pengujian laboratorium,
6. Kepala Laboratorium dan Staf Teknis Balai Pengujian Jalan dan Jembatan Wilayah III di Padang Sumatera Barat yang telah banyak membantu kami dalam pengujian laboratorium,

7. Kedua Orang tuaku tercinta (Alm) **MAHYUDDIN** dan **HJ. Z Aidani**, yang telah memberikan dukungan, semangat dan do'a yang ikhlas, serta perhatian dengan penuh kasih sayang,
8. Buat Istriku tercinta **NIA DAMAYANTI. SH** dan anak anak tercinta **M.HAEKAL RAMADHAN** dan **ASSYIFA AKILLASYAH** yang telah memberikan support dan semangat dan do'anya kepada saya,
9. Teman-teman Seperjuangan Mahasiswa/i Geoteknik dan Jalan Raya angkatan IX tahun 2015, terima kasih atas kerjasama dan motivasinya selama ini.

Pekanbaru, 25 Juni 2019



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	3
C. Manfaat Penelitian	3
D. Batasan Masalah	4
E. Keaslian Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Umum	7
BAB III LANDASAN TEORI	11
A. Umum.....	11
B. Tanah Gambut.....	11
C. Perkerasan Jalan Raya dengan Sistem Pelat Terpaku (Nailed Slab System)	13
D. Metode Elemen Hingga (MEH).....	16
D.1 Model <i>Mohr-Coulomb</i>	16
D.2 Model <i>Hardening Soil</i>	19
BAB IV METODE PENELITIAN	20
A. Bahan	20
B. Permodelan Benda Uji	23
a. Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak	23

b. Pelat Tiga Baris Tiang Dengan Variasi Panjang	24
C. Peralatan yang digunakan	24
D. Tahapan Pelaksanaan Penelitian	27
D.1 Tahap Persiapan.....	27
D.2 Alur Penelitian.....	29
D.3 Tahap Penelitian Pendahuluan.....	30
D.4 Penelitian Utama.....	31
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	34
A. Gambaran Umum Penelitian	34
B. Deskripsi	35
C. Hasil Pengolahan Data	36
C.1 Hasil Pengujian Sifat - Sifat Tanah Fisik Asli (<i>Index Properties</i>).....	36
C.2 Hasil Pengamatan.....	38
C.2.1 Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak.....	38
C.2.2 Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang	39
C.2.3 Lendutan Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dan Tiga Baris Tiang Variasi Panjang	41
C.3 Hasil Analisis Penurunan Pelat Menggunakan Metode Element Hingga, Model <i>Mohrcoulomb</i> dan <i>Hardening Soil</i> Nilai $E_{50}=1.901\text{kN/m}^2$	44
C.4 Metode Elemen Hingga (MEH) Dua Baris Tiang Variasi Jarak	45
C.4.1 Model <i>Mohr-Coulomb</i>	45
C.4.2 Model <i>Hardening Soil</i>	50
C.5 Perbandingan analisis elemen hingga Model <i>Mohr-Coulomb</i> , Model <i>Hardening Soil</i> dan Pengamatan Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak	54
C.6 Lendutan Sepanjang Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Model <i>Mohr-Coulomb</i> , <i>hardening soil</i> dan Pengamatan	56

C.7 Hasil Analisis Penurunan Pelat Menggunakan Metode Elemen Hingga Tiga Baris Variasi Panjang Nilai $E_{50}=1.901\text{kN/m}^2$	60
C.7.1 Metode Elemen Hingga Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang	60
C.7.1.1 Model <i>Mohr-Coulomb</i>	60
C.7.1.2 Model <i>Hardening Soil</i>	64
C.8 Perbandingan Analisis Elemen Hingga Model <i>Mohr-Coulomb</i> , Model <i>Hardening Soil</i> dan hasil Pengamatan pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang	68
C.9 Lendutan Sepanjang Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang Model <i>Mohr-coulomb</i> dan Model <i>Hardening Soil</i> dan Pengamatan dengan Nilai $E_{50}=1.901\text{kN/m}^2$	70
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	74
A. Kesimpulan	74
B. Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Ilustrasi Perbandingan Perkerasan Kaku Konvensional dengan Perkerasan Sistem Pelat Terpaku.....	7
Gambar 3.1	Bidang Leleh <i>Mohr-Coulomb</i> dalam ruang tegangan utama	17
Gambar 3.2	Defenisi E_0 dan E_{50} untuk hasil uji Triaksial Terdrainase Standar.....	19
Gambar 4.1	Model Tanah Gambut	20
Gambar 4.2	Cetakan Tiang.....	21
Gambar 4.3	Cetakan Bekisting Pelat Beton.....	22
Gambar 4.4	Pelat Beton Selesai Pengecoran.....	23
Gambar 4.5	Pelat Uji Tiga Baris Tiang Variasi Panjang	23
Gambar 4.6	Sket Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak	23
Gambar 4.7	Sket Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang.....	24
Gambar 4.8	Model Bak Uji	25
Gambar 4.9	Dial Gauge.....	26
Gambar 4.10	Satu Set Alat Pembebanan.....	27
Gambar 4.11	Bagan Alur Penelitian	29
Gambar 4.12	Skema Uji Modulus Pelat Beton.....	30
Gambar 5.1	Grafik Pengamatan (P) di Tepi Pelat Dua baris Tiang Variasi Jarak	38
Gambar 5.2	Grafik Pengamatan (P) di Tengah Pelat Dua baris Tiang Variasi Jarak	39
Gambar 5.3	Grafik Pengamatan (P) di Tengah Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang.....	40
Gambar 5.4	Grafik Pengamatan (P) di Tepi Pelat Tiga Baris Variasi Panjang.....	41
Gambar 5.5	Grafik Pengamatan Lendutan Setiap Uji Pelat Untuk (P) di Tengah	42
Gambar 5.6	Grafik Pengamatan Lendutan Setiap Uji Pelat Untuk (P) di Tepi	43

Gambar 5.7	Lendutan Model <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah.....	46
Gambar 5.8	Arah Pergerakan Tanah Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah.....	46
Gambar 5.9	Grafik Lendutan <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah	47
Gambar 5.10	Lendutan Model <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Pelat Dua Baris Tiang Variasi jarak (P) di Tepi	48
Gambar 5.11	Arah Pergerakan Tanah Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi	48
Gambar 5.12	Grafik Lendutan Model <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi	49
Gambar 5.13	Lendutan <i>Model Hardening Soil</i> Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah.....	50
Gambar 5.14	Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah	50
Gambar 5.15	Grafik Lendutan Model <i>Hardening Soil</i> Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah	51
Gambar 5.16	Lendutan Model <i>Hardening Soil</i> Pada Pelat Dua Baris Tiang (P) di Tepi	52
Gambar 5.17	Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi	52
Gambar 5.18	Grafik Lendutan Model <i>Hardening Soil</i> Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi	53
Gambar 5.19	Grafik Perbandingan Analisis Metode Elemen Hingga Model <i>Mohr-Coulomb</i> , <i>Hardening Soil</i> dan Pengamatan Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah.....	55
Gambar 5.20	Grafik Lendutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Model <i>Mohr-Coulomb</i> , <i>Hardening Soil</i> dan Pengamatan (P) di Tengah	56

Gambar 5.21	Grafik Lendutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Model <i>Mohr-Coulomb</i> , <i>Hardening Soil</i> dan Pengamatan (P) di Tepi.....	58
Gambar 5.22	Lendutan Model <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah.....	60
Gambar 5.23	Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah.....	61
Gambar 5.24	Grafik Lendutan <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah.....	61
Gambar 5.25	Lendutan Model <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi.....	62
Gambar 5.26	Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi.....	63
Gambar 5.27	Grafik Lendutan <i>Mohr-Coulomb</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi.....	63
Gambar 5.28	Lendutan Model <i>Hardening Soil</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah.....	64
Gambar 5.29	Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah.....	65
Gambar 5.30	Grafik Lendutan Model <i>hardening Soil</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah.....	65
Gambar 5.31	Lendutan Model <i>Hardening Soil</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi.....	66
Gambar 5.32	Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi.....	66
Gambar 5.33	Grafik Lendutan Model <i>hardening Soil</i> Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi.....	67
Gambar 5.34	Grafik Perbandingan Analisis Metode Elemen Hingga Model <i>Mohr-Coulomb</i> , <i>Hardening Soil</i> dan Pengamatan Pada Pelat Tiga baris Tiang Variasi Panjang	69

Gambar 5.35 Grafik Lendutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan (*P*) di Tengah70

Gambar 5.36 Grafik Lendutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan (*P*) di Tepi.....72



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Nilai Kisaran Realistis dari Tanah Lunak	12
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Sifat – Sifat Fisik Tanah Asli	36
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Triaksial CU Tanah Gambut	37
Tabel 5.3	Material Propertis Tanah	44
Tabel 5.4	Material Untuk Struktur Pelat dan Tiang	45
Tabel 5.5	Lendutan Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak	59
Tabel 5.6	Lendutan Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang	73

DAFTAR LAMPIRAN

1. Dokumentasi
2. Material Properties Tanah
3. Material Properties Struktur
4. Data Pengujian Triaksial CU
5. Data Perhitungan Analisis Metode Elemen Hingga
6. Data Perencanaan Pengujian Campuran Mortar Untuk Pelat dan Tiang
7. Data Pengujian Properties Tanah Gambut

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mempelajari perilaku Sistem Pelat Terpaku (*nailed-slab*) skala model pada Tanah Gambut akibat pembebanan, sehingga dapat diketahui bagaimana kontribusi tiang tiang dalam meningkatkan kekakuan sistem ini.

Uji Skala model pada Sistem Pelat Terpaku dengan dua baris tiang jarak variasi telah dilaksanakan di laboratorium Pengujian Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Riau dengan ukuran pelat 120 cm x 40 cm dan tebal pelat 5 cm panjang tiang 30 cm dengan jumlah tiang 10 batang serta jarak antar tiang bervariasi dan ditambah koperan pada sisi sisi ujung Pelat yang berada diatas tanah Gambut dengan beberapa instrumentasi yang diletakkan diatas pelat untuk membaca penurunan atau kenaikan pelat pada saat dibebani oleh beban maksimal 1kN, pembebanan yang dibahas terdapat pada beban tengah (Sentris) dan Tepi pelat.

Uji Skala model pada Sistem Pelat Terpaku dengan Tiga baris tiang panjang bervariasi telah dilaksanakan di laboratorium Pengujian Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Riau dengan ukuran pelat 120 cm x 60 cm dan tebal pelat 5 cm panjang tiang 30 cm dan 40 cm dengan jumlah tiang 18 batang serta panjang tiang bervariasi dan ditambah koperan pada sisi sisi ujung Pelat yang berada diatas tanah Gambut dengan beberapa instrumentasi yang diletakkan diatas pelat untuk membaca penurunan atau kenaikan pelat pada saat dibebani oleh beban maksimal 1kN, pembebanan yang dibahas terdapat pada beban tengah (Sentris) dan Tepi pelat.

Pelat Terpaku Skala model diatas tanah Gambut memperlihatkan perilaku lendutan pelat (*deflected bowl*) akibat beban tengah dan tepi pelat. Hal ini membuktikan bahwa semua tiang mampu memberikan respon terhadap beban yang diberikan diatas pelat, dan ini dibuktikan dengan Metode Elemen Hingga. Tiang – tiang dan koperan mampu mengurangi regangan tanah dan mencegah terjadinya jungkit pada pelat.

Kata-kata kunci : Sistem Pelat Terpaku, *deflected bowl*, Tanah Gambut, Metode Elemen Hingga, Perkerasan kaku.

ABSTRACT

This research was conducted to study the behavior of Nailed-Slab Systems (*nailed-slab*) on peat soil due to loading, so that we can know how the piles contribute in increasing the rigidity of this systems.

Model scale test on Nailed-Slab Systems with two rows of variation spacing has been carried out in the testing laboratory of Public Works And Spatial Planning Riau Province with a slab size of (120 cm x 40) cm and slab thickness of (5 cm), pole length of (30 cm) with a number of 10 rods and the distance between the poles varies and the suitcase is added to the ends of the slabs which are above the peat soil with some instrumentation placed on the slab to read the decrease or increase of the slab when loaded with a maximum load of 1kn, the load discussed is in the middle (*sentris*) and edge loads slab.

Model scale test on Nailed-Slab Systems with three rows of varying lengths have been carried out in the testing laboratory of Public Works And Spatial Planning Riau Province with a slab size of (120 cm x 60) cm and slab thickness of 5 cm, pile length (30 cm) and (40 cm) with the number of piles 18 rods and pole lengths vary and luggage is added to the ends of the slabs which are above the peat soil with some instrumentation placed on the slab to read the decrease or increase in the slab when loaded by a maximum load of 1kn, the load discussed is in the middle (*sentris*) and edge loads slab.

Model Scale of Nailed slab on peat soil show deflected bowl behavior due to the middle load and the edge of the slab. This proves that all piles are capable of responding to the load given on the slab, and this is proven by the Finite Element Method. Poles and trunks can reduce soil strain and prevent tipping of slabs.

Keywords : *Nailed-Slab Systems, Deflected Bowl, Peat Soil, Finite Element Method , Rigid Pavement.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di dunia teknik sipil, tanah mempunyai peranan yang sangat penting dalam konstruksi struktur yang akan dibangun, baik struktur bangunan maupun struktur perkerasan. Secara umum konstruksi bangunan terdiri dari dua bagian, yaitu bangunan atas tanah (*superstructure*) dan bangunan bawah tanah (*substructure*). Permasalahan akan muncul apabila perkerasan yang akan dibangun pada tanah lunak ataupun gambut dengan daya dukung kurang memadai. Hal ini disebabkan karena tanah seperti ini memiliki *kompresibilitas* yang tinggi, *shear resistance* yang rendah sehingga nilai CBR relatif rendah. Demikian pula pada tanah dengan daya dukung yang cukup memadai tetapi berada pada kedalaman yang cukup jauh dari muka tanah, sementara beban yang didukung cukup besar. Besarnya beban yang bertumpu sangat mempengaruhi perilaku perkerasan. Hardiyatmo (2000) menyimpulkan bahwa lendutan bertambah bila beban bertambah besar dan penyebaran lendutan juga bertambah. Permasalahan lain yaitu bentang konstruksi yang panjang seperti pada konstruksi jalan atau jembatan yang cenderung memiliki karakteristik tanah yang berbeda-beda di setiap titiknya.

Tanah gambut adalah salah satu jenis media tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah atau telah membusuk, yang disebabkan oleh kandungan bahan organik yang tinggi. Tanah gambut ini juga

terbentuk dilahan-lahan yang tinggi kadar air dan kadar asamnya, atau dikenal dengan *Peat* atau juga dikenal dengan sebutan *bog*, *moor*, *muskeg*, *pocosin*, *mire* dan lain-lain. Salah satu ciri tanah gambut, yaitu warna umumnya cokelat tua, dan air berwarna merah kecokelatan tanah jenis ini dapat dijumpai didaerah daerah jenuh air seperti rawa, cekungan dan pantai.

Masalah yang sering terjadi pada tanah gambut yang dijadikan subgrade adalah terjadinya deformasi berlebihan yang mengakibatkan penurunan atau kenaikan pada tanah dasar yang tidak seragam. Penurunan atau kenaikan tanah dasar yang tidak seragam mengakibatkan timbulnya rongga-rongga antara subgrade dan perkerasan. Adanya rongga-rongga tersebut ditambah dengan beban lalu-lintas yang lewat di atasnya akan mengurangi kekuatan struktur perkerasan sehingga menyebabkan kerusakan pada struktur perkerasan tersebut. Selain itu, getaran yang terjadi akibat beban lalu-lintas yang lewat juga menyebabkan gerakan naik - turun perkerasan yang mengurangi keawetan atau umur pelayanan suatu perkerasan jalan. Masalah yang lainnya yaitu kendaraan dengan muatan berlebih (*overloading*) juga erat hubungannya dengan kerusakan dini yang terjadi pada struktur perkerasan. Oleh karenanya, dibutuhkan suatu sistem perkerasan yang memiliki kekakuan dan kekuatan yang cukup untuk mengatasi masalah masalah tersebut.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dibidang teknik sipil, Sistem pelat terpaku yang merupakan pengembangan dari Sistem cakar ayam ditemukan oleh Hardiyatmo (2010) sistem ini dapat meningkatkan kinerja perkerasan kaku pada tanah lunak. Tiang - tiang yang dipasang di bawah pelat

berfungsi sebagai pengaku pelat sehingga beban dapat disebar lebih luas ke tanah lunak.

B. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari perilaku lendutan system perkerasan sistem pelat terpaku (*Nailed-slab system*) tanah gambut akibat pembebanan, sehingga dapat diketahui bagaimana kontribusi Tiang-Tiang dalam meningkatkan kekakuan sistem ini.
2. Mendapatkan nilai lendutan pelat untuk tiang variasi jarak dan pelat tiang variasi panjang diatas tanah gambut pada pengujian skala permodelan.
3. Mendapatkan perhitungan lendutan Metode Elemen Hingga (MEH) yang paling mendekati dengan pengujian pengamatan.

C. Manfaat Penelitian

Setelah penelitian ini diharapkan akan memberikan gambaran jelas tentang :

- a) Dapat mengetahui perilaku sistem pelat terpaku di atas gambut,
- b) Dapat mengetahui perilaku lendutan Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dan Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang yang digunakan pada sistem pelat terpaku pada saat dibebani serta interaksinya dengan tanah dasar.

- c) Memberikan sumbangan dan referensi terhadap metode sistem pelat terpaku dalam menentukan besarnya lendutan pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dan Tiga Baris Tiang Variasi Panjang.

D. Batasan Masalah

Penelitian ini akan mengkaji perilaku lendutan pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dan Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang yang digunakan di atas tanah gambut dengan batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di UPT Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Riau dan Laboratorium Balai Kementerian PUPR di Padang Sumatera Barat.
2. Tanah yang digunakan adalah tanah gambut daerah Rimbo Panjang, Kabupaten Kampar Provinsi Riau dan digunakan sebagai tanah dasar.
3. Pembebanan statis vertikal yang diberikan secara bertahap. Penambahan beban dilakukan setelah beban bekerja setiap menit dan dibatasi beban yang telah ditentukan.
4. Tinjauan penurunan Pelat adalah penurunan elastis dengan melihat defleksi yang terjadi pada Pelat penutup (*pile cap*) akibat pemasangan Tiang - Tiang dengan jarak tertentu, bukan penurunan jangka panjang atau konsolidasi.

E. Keaslian Penelitian

Penelitian tentang pelat yang diperkuat dengan tiang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, antara lain :

1. Hardiyatmo, H.C., 2008, Sistem “Pelat Terpaku” (*Nailed Slab*) Untuk Perkuatan Pelat Beton Pada Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*).
2. Hetenyi, M., 1974, *Beams on Elastic Foundation: Theory with applications in the fields of civil and mechanical engineering*.
3. Puri, A., 2015. *Perilaku perkerasan sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak*.
4. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2012a. *Determining Additional Modulus of Subgrade Reaction Based on Tolerable Settlement for Nailed-slab System Resting on Soft Clay*.
5. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2011. *Kontribusi Koperan dalam mereduksi Lendutan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Lempung Lunak*.
6. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2011. *Studi Eksperimental Defleksi Pelat yang Diperkuat Dengan Tiang-Tiang Friksi Pendek pada Tanah Lempung Lunak*.
7. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifai, A., 2013c. *Behavior of Fullscale Nailed-slab System with Variation on Load Position*.
8. Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2013d. *Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku Pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan. Surakarta,*

9. Puspasari, V., 2013. *Analisis Lendutan, Momen, dan Gaya Lintang pada sistem Pelat Terpaku menggunakan SAP 2000.*
10. Togubu, J.,2012. *Kajian Kenaikan Modulus Reaksi Subgrade Dari Hasil Uji Beban Pelat Yang Didukung Tiang Pada Sistem Pelat Terpaku.*
11. Agus, F. dan I.G.M. Subiksa. 2008. *Lahan gambut: Potensi untuk Pertanian dan Aspek Lingkungan. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF), Bogor, Indonesia.*

Dengan demikian belum ada penelitian yang dilakukan tentang “**PERILAKU PERKERASAN SISTEM PELAT TERPAKU DENGAN VARIASI PANJANG, JARAK DAN JUMLAH BARIS TIANG PADA TANAH GAMBUT AKIBAT BEBAN TEKAN (BEBAN SENTRIS DAN TEPI PELAT)**”, khususnya di Jurusan teknik sipil dan lingkungan Universitas Islam Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Perkerasan sistem pelat terpaku (*nailed-slab system*) diperkenalkan oleh Hardiyatmo (2008). Gambar 2.1 menggambarkan perbandingan perkerasan kaku konvensional dengan perkerasan sistem pelat terpaku dan perlawanan tiang terhadap beban. Perkerasan kaku diperkuat dengan banyaknya tiang-tiang adapun tiang - tiang tersebut misalkan adanya paku bagi pelat beton, serta menambah kuat daya dukung tanah dan mengurangi faktor kehilangan dukungan (*loss support factor, LS*). Sehingga dapat meningkatkan modulus reaksi tanah dasar.



Gambar 2.1 Ilustrasi Perbandingan perkerasan kaku konvensional dengan perkerasan sistem Pelat Terpaku (Hardiyatmo, 2008)

Pujiastuti (2001), melakukan pengujian pelat fleksibel yang didukung dengan pemasangan tiang-tiang pada tanah lumpur, dari pengujian ini dapat disimpulkan bahwa dengan memasang tiang-tiang dapat mereduksi lendutan atau terjadinya penurunan yang lebih kecil.

Syahwir (2003) mengamati perilaku pelat beton yang diperkuat tiang akibat beban siklik dan statik. Hasilnya menunjukkan bahwa pada tiang pelat berukuran 0,50 x 0,50 M dan panjang tiang 0,75 M dapat mereduksi penurunan 58,75% sedangkan ujung tiang monolit sebesar 55,54%. Pelat dengan tiang (L/d) lebih kecil adalah efektif untuk mereduksi penurunan dibanding pelat dengan dimensi (L/d) lebih besar.

Sinatra(2003), melakukan beban uji dan analisis lendutan pelat fleksibel yang didukung oleh tiang-tiang pada tanah lempung. Hasil menunjukkan bahwa pada tiang yang dipasang monolit mampu mengurangi penurunan sebesar 10% sampai dengan 15% terhadap tiang monolit karena pelat monolit dengan tiang menyentuh pelat lebih kaku sehingga dapat merespon beban keseluruhan bidang pelat.

Hardiyatmo dan Suhendro (2003) melakukan penelitian tentang fondasi tiang dengan *pile cap* tipis, pelat didukung tiang baja diameter 2,5 cm dengan variasi panjang tiang 10cm ($4d$), 20cm ($8d$) dan 40cm ($16d$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan tiang akan menambah kekuatan dukung tanah dasar dan mengurangi *loss support factor*, sehingga menambah modulus *subgrade* vertikal efektif.

Lebang (2009) melakukan penelitian mengenai perilaku sistem pelat beton terpaku pada tanah lempung dengan permodelan di Laboratorium, tiang yang berukuran diameter 1,5 cm, variasi panjang tiang 10 cm dan 15 cm. Pada penelitian ini hasilnya menunjukkan bahwa variasi jarak tiang yang semakin rapat

dan pengaruh panjang tiang yang semakin besar membuat struktur pelat terpaku menjadi lebih kaku sehingga lendutan yang terjadi lebih kecil.

Puri (2011) melakukan studi eksperimental lendutan pelat yang diperkuat tiang-tiang friksi pendek (*nailed slab system*) pada lempung lunak. Hasil menunjukkan bahwa tiang-tiang berkontribusi terhadap peningkatan kekakuan sertalendutan yang terjadi lebih kecil dan terkonsentrasi hanya disekitar beban.

Puri (2013) melakukan analisis terhadap lendutan Pelat Terpaku pada model skala penuh dan komparasi dengan uji beban. Pada Pengujian ini untuk menghitung lendutan pelat digunakan teori hitungan balok diatas fondasi elastic dengan menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen dan kemudian hasil dari hitungan lendutan ini dibandingkan dengan hitungan Metode Elemen Hingga (MEH) dengan hasil Pengamatan. Dari Penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa metode penentuan tambahan modulus reaksi *Subgrade* dan modulus reaksi *Subgrade* ekivalen dapat digunakan untuk perencanaan pelat terpaku dengan mendapatkan hasil pada zona aman, lebih praktis penggunaannya dan tidak membutuhkan waktu yang lama.

Waruwu, dkk (2016) Penelitian ini mengamati perilaku sistem paku-slab pada tanah gambut berserat. Sistem paku-lempengan yang terdiri dari lempengan dan tumpukan digunakan sebagai penguat untuk mendukung tanggul pada tanah gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perilaku sistem paku-slab melalui serangkaian pemuatan dalam model skala kecil. Pengujian terdiri dari uji beban langsung, tahap loadtest untuk durasi kenaikan beban 24 jam, dan bongkar-

muat pada pelat dengan dan tanpa tumpukan. Beban tanggul dimodelkan dari bahan batangan besi berukuran 1,9 cm x 1,9 cm dan panjang 4 cm untuk menghasilkan penyelesaian yang signifikan. Pemukiman ini diamati di pusat muatan dan di beberapa titik lainnya. Hasil menunjukkan bahwa tumpukan monolitik mengurangi pelapisan lempengan pada tanah gambut. Selain itu, daya dukung sistem paku-lempengan dipengaruhi oleh waktu pemuatan dan prapembebanan. Stageloading dengan periode yang lebih lama menghasilkan daya dukung yang lebih tinggi daripada beban langsung. Demikian juga, tanggul dengan bongkar-muat menghasilkan daya dukung yang lebih baik dari sistem paku-slab ditutup beban untuk durasi kenaikan beban 24 jam.

Diana (2016), melakukan uji model skala kecil dan analisis elemen hingga perkerasan sistem Pelat Terpaku pada tanah dasar ekspansif dengan menggunakan Tanah lempung yang diambil dari desa Soko, Ngawi, Jawa Timur. Pasir dan kerikil dari kali krasak. Pelat dan tiang dari mortar semen yang diperkuat dengan kawat (diameter 3 mm), kawat anyaman (diameter kawat 2 mm jarak antar kawat 1 cm). Bahan untuk model pelat dipakai juga pelat pleksiglass, dengan ketebalan 5 mm. Berdasarkan hasil penelitiannya disimpulkan bahwa :

1. Sistem pelat dengan perkuatan tiang (Pelat Terpaku) menghasilkan displacement vertikal akibat pengembangan tanah yang lebih kecil dibandingkan pelat tanpa perkuatan tiang.
2. Semakin panjang tiang dan semakin rapat spasi antar tiang, displacement yang dihasilkan semakin kecil.

BAB III

LANDASAN TEORI

A. Umum

Untuk mengetahui Perilaku perkerasan pelat terpaku diatas tanah gambut akibat pembebanan perlu dilakukan penelitian khusus, untuk mendapatkan parameter properties tanah asli dan pelat beton, dilakukan laboratorium, sehingga nantinya hasil pengujian tersebut bisa dijadikan acuan untuk perhitungan dan permodelan pelat terpaku yang akan diuji di bak pengujian yang telah di isi oleh tanah Gambut dan hasil pengujian laboratorium juga akan di bandingkan dengan hasil analisis perhitungan dengan menggunakan Metode Elemen Hingga (MEH)

B. Tanah Gambut

Tanah Gambut adalah salah satu jenis media tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah atau telah membusuk, yang disebabkan oleh kandungan bahan organik yang tinggi. Tanah gambut ini juga terbentuk dilahan-lahan yang tinggi kadar air dan kadar asamnya, atau dikenal dengan *Peat* atau juga dikenal dengan sebutan *bog*, *moor*, *muskeg*, *pocosin*, *mire* dan lain-lain. Salah satu ciri tanah gambut, yaitu warna umumnya coklat tua, dan air berwarna merah kecokalaetan tanah jenis ini dapat dijumpai didaerah daerah jenuh air seperti rawa, cekungan dan pantai. Selain itu, proses pembentukan gambut disebabkan oleh lambatnya pembusukannya, biasanya di lahan rawa, karena kadar keasaman yang tinggi atau kondisi anaerob diperairan setempat. Tidak heran sebagian besar tanah gambut tersusun dari serpihan dan

kepingan sisa tumbuhan, dahan, ranting, batang, kayu-kayu besar yang belum sepenuhnya membusuk. Kadang pula juga ditemukan sisa-sisa bangkai binatang dan serangga yang turut terawetkan di dalam lapisan gambut. Menurut Agus, F. dan I.G. M. Subiksa. (2008). Lahan Gambut Ada empat jenis berdasarkan kedalamannya antara lain :

1. Gambut dangkal, yaitu lahan dengan ketebalan gambut 50 - 100 cm
2. Gambut sedang, dengan ketebalan gambut 100 - 200 cm
3. Gambut dalam, dengan ketebalan gambut 200 - 300 cm
4. Gambut sangat dalam, dengan ketebalan gambut lebih dari 300 cm

Tabel 3.1 Nilai Kisaran Realistis dari Tanah Lunak

Parameter Tanah		Lempung	Lempung Organik
Kadar Air, w	%	20 hingga 150	100 - 500
Berat Isi Total, $\bar{\alpha}_b$	(kN/m ³)	14 hingga 17	12 - 15
Kadar Organik	%	<25	25 - 75
Kohesi Tak Terdrainase, CU	KPa	5 - 50	5 - 50
Batas Cair, LL	%	60 - 120	-
Indeks Plastis, PI	%	40 - 80	-
c'	KPa	0	0
ϕ'		21 - 27	25 - 35
Cc		-	-
Cc/(1+ Co)		0.1 - 0.3	0.3 - 1.0

Sumber : Panduan Geoteknik 4, Departemen Pemukiman dan prasarana Wilayah

C. Perkerasan Jalan Raya dengan Sistem Pelat Terpaku

(Nailed Slab System)

Sistem pelat terpaku yang ditemukan oleh Hardiyatmo (2008) merupakan suatu perkerasan beton bertulang (Tebal antara 12 – 20 cm) yang didukung oleh tiang tiang beton mini (Panjang 150 – 200 cm) yang mana tiang tersebut dihubungkan secara monolit dengan bantuan tulangan – tulangan interaksi antara pelat-beton-tiang dan tanah disekitarnya menciptakan suatu perkerasan yang lebih kaku dan lebih tahan terhadap deformasi tanah dasar.

Fungsi tiang pada pelat terpaku adalah untuk menaikkan daya dukung pada tanah dasarnya dan menjaga agar pelat beton tetap dalam kontak yang baik dengan lapis pondasi bawah atau tanah dasarnya, sehingga timbulnya rongga – rongga dibawah pelat beton yang mengurangi kekuatan struktur perkerasan dapat dicegah, dan kekuatan jangka panjang struktur perkerasan lebih terjamin. Menjaga kekuatan jangka panjang struktur perkerasan, mengurangi kebutuhan tebal perkerasan beton dan memperkaku sistem perkerasan.

Sistem pelat terpaku sangat cocok digunakan untuk perkerasan yang tanah dasarnya dipengaruhi oleh penurunan yang tidak seragam karena interaksi antara tanah-tiang-pelat menjadikan pelat lebih kaku, sehingga menciptakan permukaan pelat beton yang selalu merata, sistem ini juga dapat digunakan untuk wilayah yang tanah dasarnya berpotensi terjadinya kembang susut dan mengalami getaran yang kuat oleh beban kendaraan berat yang melintasi daerah tersebut.

Berikut beberapa Keuntungan penggunaan pelat terpaku (Hardiyatmo 2008) antara lain :

1. Sistem pelat terpaku adalah perkerasan yang memberikan kekakuan tinggi, sehingga tahan terhadap deformasi tanah dasar (penurunan tak seragam dan getaran akibat kendaraan).
2. Sistem pelat terpaku mampu mendukung lalu lintas berat dan volume tinggi. Perencanaan dapat didasarkan pada beban kendaraan maksimum yang diinginkan, yang melebihi beban gandar untuk perkerasan 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. Pemeliharaan sangat kecil, sehingga mengurangi kebutuhan biaya pemeliharaan di kemudian hari.
5. Sistem pelat terpaku yang dibangun tanpa sambungan-sambungan akan mengurangi biaya pemeliharaan pada sambungan. Selain itu, penetrasi air masuk kedalam lapisan pondasi maupun tanah dasar sangat kecil, karena tidak ada sambungan melintang dan retak yang terjadi selalu menutup rapat oleh adanya tulangan memanjang dan melintang
6. Walaupun biaya awal lebih tinggi dari perkerasan beton maupun aspal sistem konvensional, namun biaya total selama masa pelayanan lebih rendah

7. Tidak memerlukan agregat batuan untuk lapis pondasi bawah, karena dibawah pelat hanya memerlukan lantai kerja dan Sirtu.
8. Dapat menyelesaikan masalah pekerjaan jalan diatas tanah dasar yang ekspansif (mudah mengembang)

Dari beberapa kelebihan sistem pelat terpaku (*Nailed Slab*) yang telah dijelaskan oleh (Hardiyatmo 2008) pada system ini juga ada beberapa kelemahan antara lain :

1. Biaya Pembangunan awalnya membutuhkan biaya yang tinggi
2. Pada proses pelaksanaan memerlukan waktu yang relative lama jika dibandingkan dengan perkerasan kaku konvensional dan fleksibel.

Pada pembahasan sebelumnya perkerasan sistem pelat terpaku (*Nailed-slab system*) yang di perkenalkan oleh Hardiyatmo (2008) pada gambar 2.1 telah mengilustrasikan perbandingan perkerasan kaku konvensional dengan perkerasan system pelat terpaku dan daya perlawanan tiang terhadap beban, perkerasan ini di perkuat dengan tiang – tiang pendek dimana tiang – tiang tersebut berfungsi laksana paku yang diletakkan dibawah pelat beton, dan tiang – tiang tersebut dapat menambah daya dukung tanah dan dapat mengurangi factor kehilangan daya dukung (*loss Support Factor, LS*) sehingga dapat meningkatkan modulus reaksi *subgrade* vertical efektif, alhasil terjadilah efisiensi pada pelat beton.

(Hardiyatmo 2001 dan Puri, 2015) mengganti perkerasan kaku yang tebal dengan perkerasan yang lebih tipis yang diperkuat oleh tiang – tiang dan menerima beban yang sama dengan lendutan yang sama pula, dengan menggunakan pile cap yang tipis pada tanah lunak tentunya akan sangat

menguntungkan, karena beban yang didukung tanah menjadi lebih ringan, sehingga penurunan dapat tereduksi.

D. Metode Elemen Hingga (MEH)

Metode Elemen Hingga (MEH) adalah salah satu metode numerik untuk menyelesaikan berbagai problem rekayasa, seperti mekanika struktur, mekanika tanah, mekanika batuan, mekanika fluida, hidrodinamik, aerodinamik, medan magnet, perpindahan panas, dinamika struktur, mekanika nuklir, aeronautika, akustik, mekanika kedokteran dan sebagainya.

Tujuan utama analisis dengan menggunakan metode elemen hingga adalah untuk memperoleh pendekatan tegangan dan peralihan (displacement) yang terjadi pada suatu struktur Model tanah yang digunakan.

Model material tanah yang digunakan adalah :

1. Model *Mohr-Coulomb*
2. Model *Hardening Soil*

D.1 Model *Mohr-Coulomb*.

Kondisi leleh *Mohr-Coulomb* yang termobilisasi penuh terdiri dari enam buah fungsi leleh saat diformulasikan dalam bentuk tegangan-tegangan prinsipal, yaitu :

$$f_{1a} = \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_3) + \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_3) \sin\theta - c \cdot \cos\theta \leq 0 \quad (3.1a)$$

$$f_{1b} = \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_2) + \frac{1}{2}(\sigma'_3 - \sigma'_2) \sin\theta - c \cdot \cos\theta \leq 0 \quad (3.1b)$$

$$f_{3a} = \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_1) + \frac{1}{2} \cdot (\sigma'_3 - \sigma'_1) \sin\theta - c \cdot \cos\theta \leq 0 \quad (3.1c)$$

$$f_{3b} = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_3) + \frac{1}{2} \cdot (\sigma'_1 - \sigma'_3) \sin\theta - c \cdot \cos\theta \leq 0 \quad (3.1d)$$

$$f_{3a} = \frac{1}{2}(\sigma'_1 - \sigma'_2) + \frac{1}{2} \cdot (\sigma'_1 - \sigma'_2) \sin\theta - c \cdot \cos\theta \leq 0 \quad (3.1e)$$

$$f_{3b} = \frac{1}{2}(\sigma'_2 - \sigma'_1) + \frac{1}{2} \cdot (\sigma'_2 - \sigma'_1) \sin\theta - c \cdot \cos\theta \leq 0 \quad (3.1f)$$

Dua parameter model plastis yang muncul pada kondisi leleh adalah sudut geser (θ) dan kohesi (c). Dalam hal fungsi leleh tiap individual persamaan diatas memenuhi kondisi $f_1 = 0$, maka seluruh fungsi leleh tersebut secara bersamamenggambarakan sebuah kerucut heksagonal didalam ruang tegangan prinsipal, seperti pada gambar 3.2



Gambar 3.1 Bidang leleh *Mohr-Coulomb* dalam ruang tegangan utama ($c=0$)

Untuk ($c=0$), kriteria *Mohr-Coulomb* standar mengijinkan 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. Pembatasan

tegangan tarik mengikutsertakan tiga buah fungsi leleh tambahan, yang didefinisikan sebagai ;

$$f_4 = \sigma_1' - \sigma_1 \leq 0 \quad (3.2a)$$

$$f_5 = \sigma_2' - \sigma_1 \leq 0 \quad (3.2b)$$

$$f_6 = \sigma_3' - \sigma_1 \leq 0 \quad (3.3c)$$

Saat digunakan prosedur pembatasan tegangan tarik, tegangan tarik yang diijinkan, σ_1 , secara pra-pilih ditentukan sebesar nol. Untuk ketiga fungsi leleh ini, digunakan sebuah fungsi alir (*flow rule*) yang terasosiasi. Untuk kondisi tegangan yang berada dibawahbidang leleh, perilaku adalah elastis dan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas yang linier, disamping parameter plastisitas c , θ , dan φ , diperlukan juga modulus *elastisitas Young*, E dan angka *Poisson*, ν .

Model *Mohr-Coulomb* memerlukan sebanyak 5 (lima) parameter dasar yang dapat digunakan dengan pengujian dasar pada contoh tanah, kelima parameter tersebut yaitu :

1. *Modulus Young* (E) (kN/m^2)
2. *Angka Poisson* (ν)
3. Sudut geser ($^\circ$)
4. *Kohesi* (c) (kN/m^2)
5. Sudut dilantasi (Ψ) ($^\circ$)

Modulus tangen (E_0) digunakan bilamana material mempunyai rentang elastis linier yang besar, dan untuk pembebanan tanah umumnya digunakan modulus sekan pada 50% kekuatan material (E_{50}).



Gambar 3.2 Definisi E_0 dan E_{50} untuk hasil uji triaksial terdrainase standar

D.2 Model *Hardening Soil*

Model *Hardening Soil* merupakan model tingkat lanjut untuk memodelkan perilaku dari berbagai jenis tanah, baik untuk tanah lunak maupun tanah yang keras (Schanz, 1998). Model *Hardening Soil* merupakan model tingkat lanjut untuk memodelkan perilaku dari tanah, seperti pada model *Morh -Coulomb*, kondisi tegangan batas dideskripsikan oleh :

1. Sudut geser (ϕ)
2. Kohesi (c)
3. Sudut dilantasi (ψ)

Namun demikian, kekakuan tanah dideskripsikan lebih akurat dengan menggunakan tiga kekakuan yang berbeda yaitu :

1. Pembebanan triaksial (E_{50})
2. Kekakuan pengurangan beban (*unloading*) triaksial (E_{ur})
3. Kekakuan pembebanan satu arah (E_{oed})

BAB IV

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah suatu kerangka pendekatan pola pikir dalam rangka menyusun dan melaksanakan suatu penelitian. Tujuannya adalah mengarahkan proses berpikir untuk menjawab permasalahan yang akan diteliti lebih lanjut.

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Tanah dan pengambilan lokasi sampel benda uji

Pada penelitian ini menggunakan tanah tanah gambut tidak Terganggu (*undisturbed sampel*) diambil dari daerah Rimbo Panjang kabupaten Kampar, Pekanbaru Riau.



Gambar 4.1 Model Tanah Gambut

2. Tiang Beton

Pada penelitian ini pasir cor yang digunakan berasal adalah pasir sungai Danau Binkuang atau pasir Sungai Kampar, dan pasir ini digunakan untuk pembuatan tiang beton beserta pelat beton untuk bahan pengujian dan untuk mendapatkan perbandingan campurannya pasir dibawa ke Laboratorium pengujian Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Riau untuk mendapatkan komposisi campuran sesuai dengan yang direncanakan adalah (*fc13'Mpa*). Pengujian kuat tekan beton mengacu kepada (SNI 03-6825-2002)

3. Pipa Paralon

Untuk pembuatan pelat beton bahan cetakan atau mal yang digunakan adalah Pipa PVC atau pipa paralon Ø 4cm yang didalamnya terdapat tulangan baja, pada penelitian ini ada dua jenis model panjang tiang beton yang di gunakan antara lain :

1. Tiang beton dengan Panjang 30 cm
2. Tiang Beton dengan Panjang 40 cm



Gambar 4.2 Cetakan Tiang

4. Pelat Beton

Pelat dan tiang beton yang digunakan terbuat cor mortar campuran pasir dan semen adalah perbandingan 1 : 5 (Gambar 3.3) dengan tebal 5 cm, dalam penelitian ini dibuat dalam beberapa model pelat sebagai bahan pengujian antara lain :

- a. Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak
- b. Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

5. Kawat Tulangan

Pelat beton untuk pengujian menggunakan baja tulangan dengan diameter 2,5mm dan dengan jarak penulangannya 4mm, dan tulangan ini juga digunakan untuk pembuatan tiangnya.

6. Bekesting

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam pembuatan pelat beton, pengujian menggunakan triplek 9mm yang digunakan untuk mencetak pelat beton dan dirakit sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan dalam beberapa type pelat beton.



Gambar 4.3 Cetakan Bekesting Pelat Beton

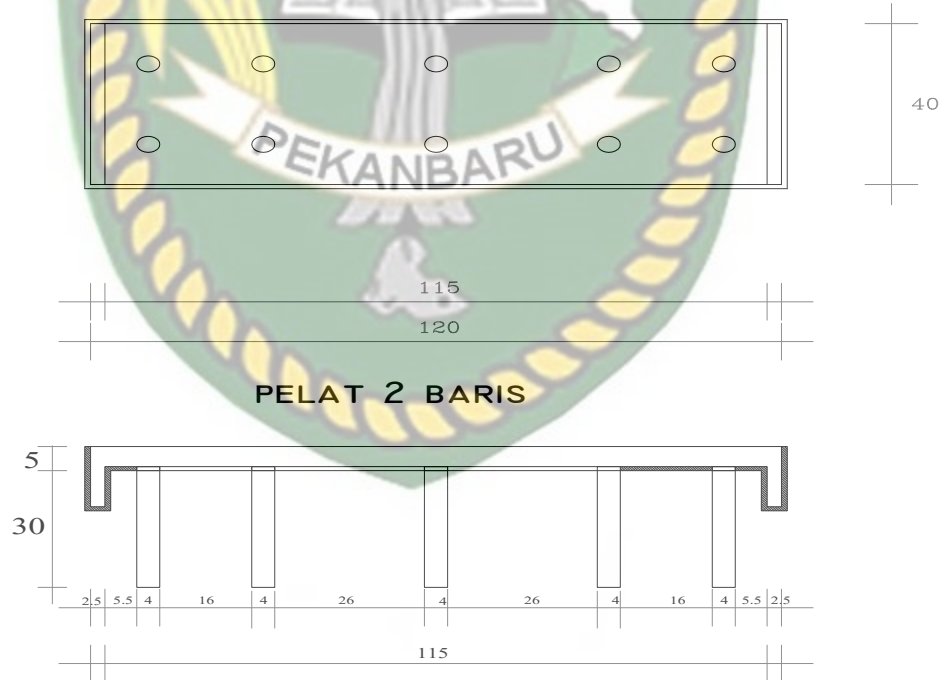


Gambar 4.4 Pelat Beton Setelah selesai Pengecoran

Gambar 4.5 Pelat Uji Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

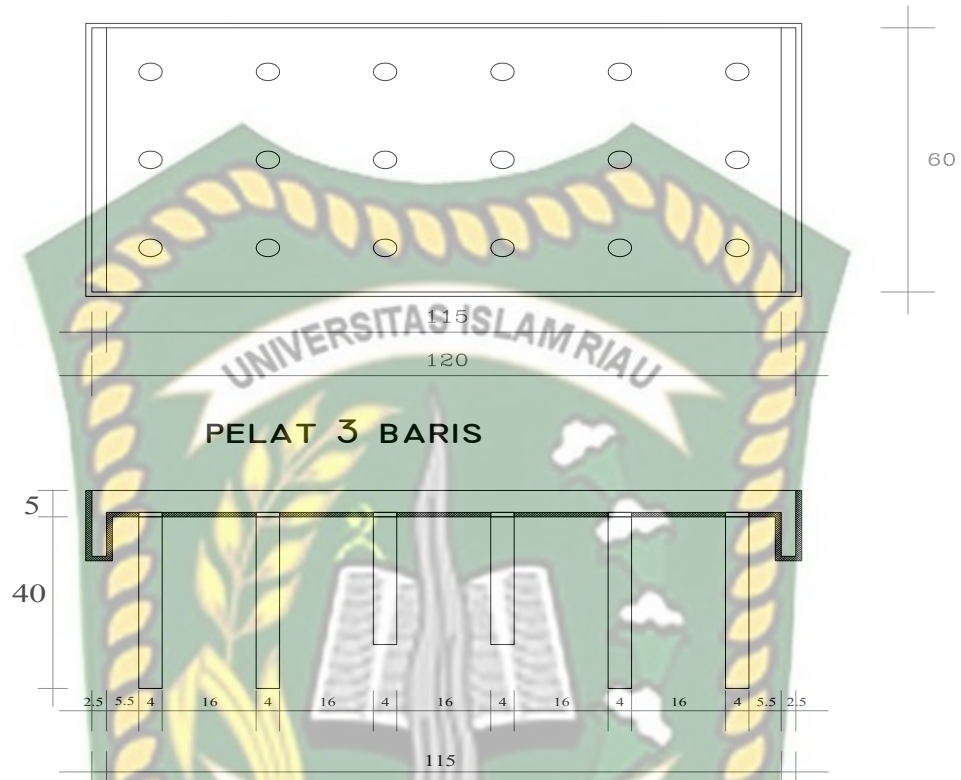
B. Permodelan Benda Uji

a. Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak



Gambar 4.6 Sket Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak

b. Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang



Gambar 4.7 Sket Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

C. Peralatan Yang digunakan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut:

a. Alat-alat uji karakteristik tanah

Alat yang digunakan dalam uji karakteristik tanah yaitu, alat uji kadar air, alat uji berat jenis, alat uji *standard Proctor*, alat uji triaxial.

b. Alat uji pengamatan lendutan pelat beton pada tanah gambut yang terdiri dari:

1. Waterpass

Waterpass digunakan untuk mengukur kerataan permukaan tanah, sehingga permukaan tanah dan pelat terjadi kontak secara keseluruhan pada saat pembebanan.

2. Bak uji

Bak uji dengan dimensi ini berukuran

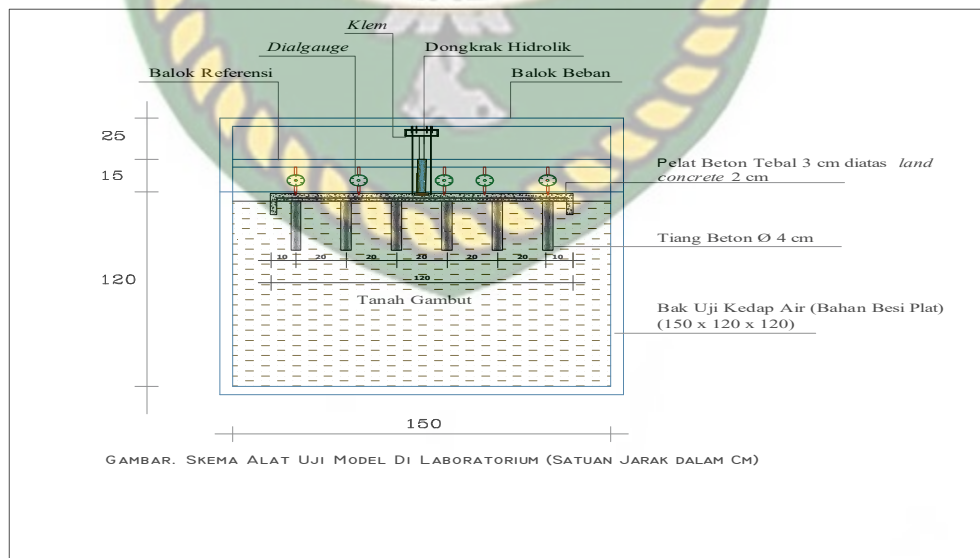
Panjang : 150 cm

Lebar : 120 cm

Tinggi : 150 cm

digunakan sebagai wadah atau tempat menampung atau meletakkan tanah gambut dan pelat beton yang akan diuji. Model bak uji dapat dilihat pada

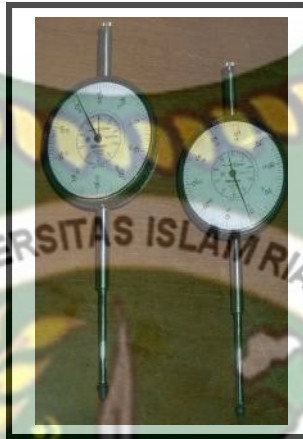
Gambar 4.8



Gambar 4.8 Model Bak Uji

3. Dial gauge

Dial gauge (Gambar 4.9) digunakan untuk mengukur penurunan pelat pada saat pembebanan.



Gambar 4.9 Dial Gauge

4. Satu set alat pembebanan

Beban (Gambar 4.10) yang digunakan untuk pembebanan uji pelat dalam penelitian ini yaitu (0,1kN) dan (0,2kN), Pelat dibebani sampai dengan beban maksimal (1kN). Ujung bawah dari beban diletakkan pelat tipis berbentuk persegi empat dengan panjang : 25 cm dan lebar : 30 cm.



Gambar 4.10 Satu Set Alat Pembebanan

D. Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam 3 (tiga) tahap yaitu tahap persiapan, tahap penelitian pendahuluan dan tahap penelitian utama.

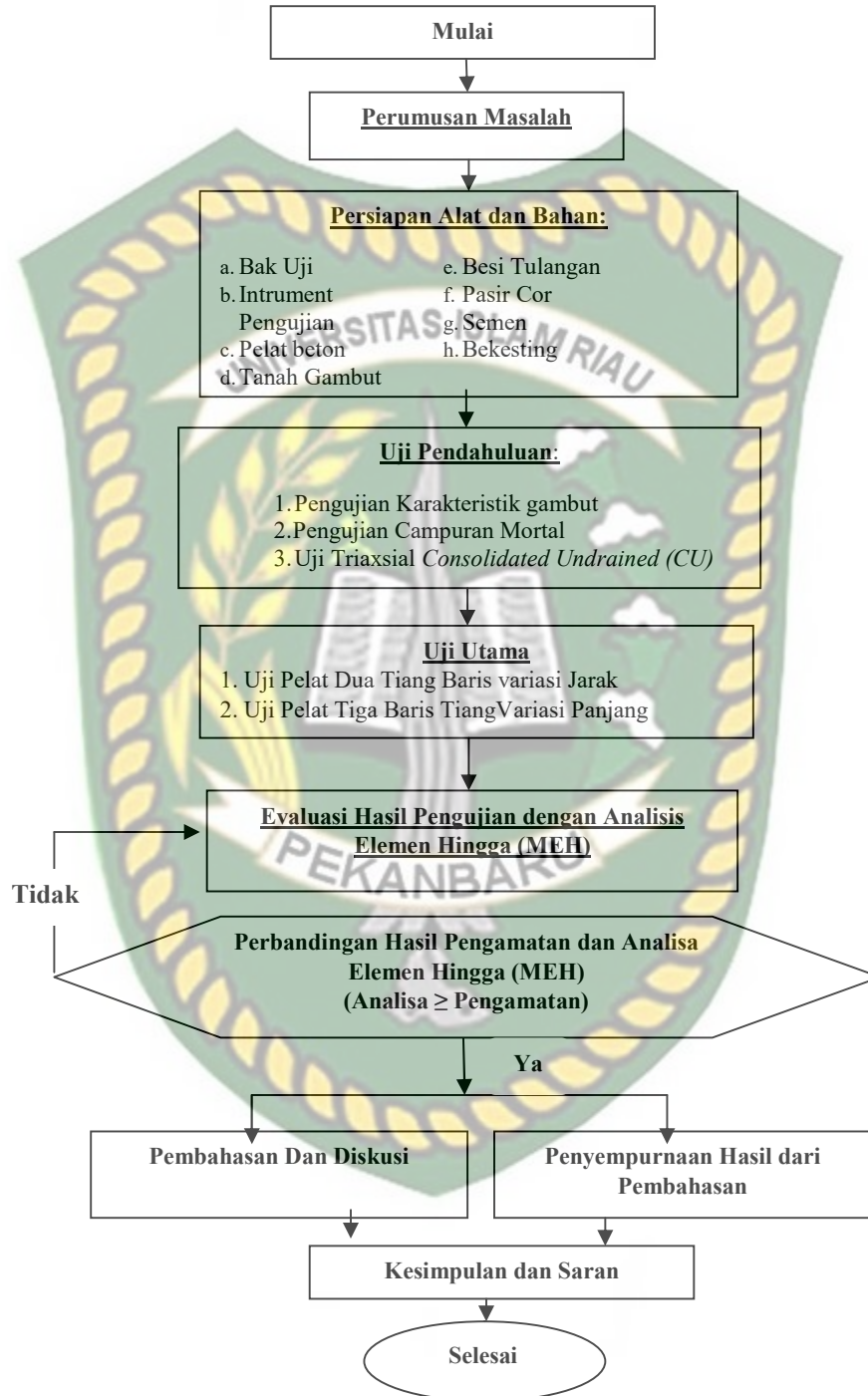
D.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini dilakukan kegiatan-kegiatan yang meliputi:

- a. Pengambilan tanah untuk penelitian dilokasi yang ditentukan berdasarkan karakteristik tanah yang diinginkan. Pengambilan contoh tanah dilakukan dengan menggali terlebih dahulu ± 20 cm dari permukaan tanah dengan maksud mendapatkan tanah aslinya, kemudian tanah bagian bawahnya diambil untuk bahan penelitian. Untuk tanah gambut yang diambil dari lapangan dibawa ke Laboratorium untuk dilakukan penelitian dan memisahkan material material lain yang dapat mengganggu pada saat penelitian diantaranya membuang kayu – kayu lapuk dan akar akar pohon yang ada didalam tanah gambut agar tanah yang dimasukkan kedalam bak uji terbebas dari material tersebut.
- b. Penyiapan satu unit bak uji sebagai tempat pelaksanaan pengujian.
- c. Penyiapan *dial gauge* yang akan digunakan.
- d. Tanah dimasukan kedalam bak uji dan dibiarkan padat dengan sendirinya
- e. Pembuatan pelat dan tiang-tiang beton untuk model kelompok tiang dengan masing- masing model sebagai berikut :

1. .Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak ukuran pelat (120 x 40 x 5 cm) dan ukuran tiang 4cm panjang 30 cm dengan jumlah tiang 10 buah.
2. Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang ukuran pelat (120 x 60 x 5 cm) dan ukuran tiang 4cm panjang bervariasi 30 cm dan 40 cm dengan jumlah tiang 18 buah.
- f. Pelat dan tiang yang sudah dibuatkan *bekisting* atau cetakkannya dicor dengan campuran mortar 1 : 5 sesuai dengan *jobmix* yang sudah ditetapkan.
- g. Setelah pelat beton dan tiang selesai dicetak kemudian didiamkan sambil dilakukan penyiraman (*curing*) setelah usia beton 28 hari, sehingga hasil dari kuat tekan beton sesuai dengan rencana
- h. Melakukan pengujian dengan memasukkan pelat beton kedalam bak uji dengan hati hati dan menganalisa setiap penurunan dengan pemberian beban yang telah ditetapkan.

D.2 Alur Penelitian



Gambar 4.11 Bagan Alur Penelitian

D.3 Tahap Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan yang dilakukan meliputi:

a. Uji sifat-sifat fisik tanah

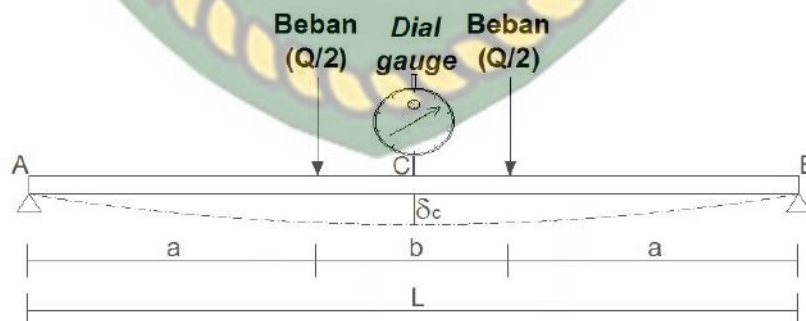
Pengujian sifat - sifat fisik tanah atau *index properties* tanah, meliputi uji kadar air (SNI 1964 : 2008), uji berat jenis (SNI 1743 : 2008),

b. Uji sifat-sifat mekanis tanah

Uji sifat-sifat mekanis tanah dilakukan dengan uji triaksial *CU* mengacu pada (SNI 03-2455-1991 Rev.2004)

c. Uji modulus elastisitas bahan

Uji modulus elastisitas pelat beton dilakukan untuk mengetahui sifat bahan pelat beton yang digunakan. Dalam hal ini pengujian elastisitas bahan dilakukan sebelum penelitian utama dilakukan. Skema pembebanan pelat dan pengukuran lendutan diperlihatkan dalam Gambar 4.12



Gambar 4.12 Skema Uji Modulus Pelat Beton

Gambar 4.12 Merupakan skema pembebanan untuk menentukan modulus elastisitas untuk dua beban simetris dari metode *conjugated beams* diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$E = \frac{Q \cdot a}{24\delta_c I} (3l^2 - a^2) \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan :

- E = Modulus elastisitas (kN/m²),
- Q = Beban (kN),
- l = Panjang balok/pelat antara dua tumpuan (m),
- a = Panjang balok/pelat dari tumpuan ke titik beban Q (m),
- b = Panjang antar dua titik beban Q (m),
- δ = Lendutan (m),
- I = Momen inersia penampang pelat (m⁴)

D.4 Penelitian Utama

Uji penurunan pelat dalam penelitian ini merupakan salah satu penelitian utama yang dilakukan untuk mengamati dan menganalisis perilaku model pelat beton tipis yang didukung tiang-tiang beton dengan pembebanan sentris secara bertahap.

Langkah - langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan media tempat pengujian berupa bak uji dengan dimensi (150cm x 120cm x 120cm).
2. Pada bagian dalam setiap sisi sudut dalam bak uji diberikan lem perekat (*Silicone sealant*), hal ini dilakukan agar air yang terkandung dalam tanah tidak keluar kearah vertikal maupun horisontal.
3. Pengisian sampel tanah pada bak uji, yang dilakukan secara bertahap hingga mencapai ± 120 cm dengan tiap tahap lapisan sekitar ± 10 cm.
4. Permukaan tanah gambut dalam bak uji dibuat rata dan diukur kerataannya menggunakan alat *waterpass* supaya posisi letak pelat beton rata dan mencegah adanya rongga antara pelat dan tanah.
5. Tiang dan pelat beton bertulang ditanamkan pada tanah gambut dengan jumlah tiang dan jarak antar tiang yang telah ditetapkan sebelumnya.
6. Proses pengecoran tiang dan pelat beton bertulang dicor di luar bak uji dan didiamkan dalam waktu tertentu untuk mencapai mutu beton yang di harapkan.
7. Material untuk pengecoran pelat dan tiang beton bertulang antara lain:
 - a. Pasir
 - b. Semen
 - c. Air
 - d. Kawat tulangan baja

8. Peletakan dan penanaman tiang beton beserta pelat beton dilakukan dengan menancapkan tiang beserta pelat secara perlahan-lahan ke dalam tanah gambut.
9. Pengujian dilakukan dengan memberi beban (*loading*) pembebanan diterapkan secara bertahap. Pembacaan *dial guage* dilakukan tiap menit dan pembebanan maksimum dihentikan pada saat beban mencapai (1kN)
10. Bacaan penurunan dan kenaikan pelat beton dapat dilihat *dial guage*. Beban ditambah setiap menit hingga mencapai waktu maksimal selama 6 menit dan pada menit terakhir merupakan beban tertinggi dari pengujian ini.
11. Selanjutnya hasil dari bacaan dial gauge terhadap beban akan dimasukkan kedalam table sesuai dengan model pelat yang telah ditentukan.
12. Mempersiapkan penelitian untuk benda uji yang lainnya, dilakukan tahap yang sama seperti tahap diatas dan harus mengembalikan kondisi gambut ke bentuk semula serta memperhatikan kadar air dan kepadatan tanah.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan disampaikan hasil penelitian dan pembahasan. Hasil penelitian akan disajikan berupa tabel, gambar dan grafik. Pembahasan tentang hasil penelitian berupa penjelasan teoritik secara analisis dan sistematis. Hasil dan pembahasan penelitian akan dijelaskan yang diuraikan sebagai berikut.

A. Gambaran Umum Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mengkaji perilaku tanah gambut terhadap pelat terpaku yang terdiri dari dua variasi pelat. Pada penelitian ini tanah gambut yang digunakan berasal dari desa Rimbo Panjang Kabupaten Kampar dan dibawa ke Laboratorium Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Riau dan Laboratorium Balai Pengujian Jalan dan Jembatan Wilayah III di Padang Sumatera Barat. Metode eksperimental penelitian ini menggunakan uji laboratorium, skala Model di laboratorium dan perhitungan analisis. Uji laboratorium untuk mengetahui indeks properties tanah dan pelat beton, uji triaksial CU mengacu pada (SNI 03-2455-1991 Rev.2004).

Dalam penelitian ini juga diperlukan data pendukung agar tercapainya keberhasilan penelitian ini. Semua data akan dianalisis sedemikian rupa, sehingga nantinya bisa mendapatkan suatu kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian.

Data Laboratorium dan analisis perhitungan yang sudah diperoleh dapat dilihat pada lampiran dan dijelaskan sebagai berikut:

- a. Data uji kadar air Gambut, w
- b. Berat spesifik Tanah (G_s)
- c. Berat Volume tak Jenuh
- d. Berat Volume Jenuh
- e. Berat Isi Kering max
- f. Kadar air Optimum
- g. Data uji triaksial CU

Hasil dari pengujian triaksial CU akan dimasukkan kedalam analisis perhitungan dan dijadikan pembahasan dalam penelitian ini.

B. Deskripsi

Contoh tanah gambut yang dilakukan adalah (*undisturbed*). Tanah gambut di bentuk di dalam tabung cetak silinder dengan ukuran diameter 4cm dan tinggi 40cm. Benda uji dilakukan penelitian pengujian uji triaksial CU (SNI 03-2455-1991 Rev.2004). Hasil uji triaksial CU dan kemudian di input kedalam Metode Elemen Hingga (MEH).

C. Hasil Pengolahan Data

Guna mendapatkan hasil penelitian, maka dilakukan analisa data yang dibuat secara analisis dan sistematis. Data diperoleh dari serangkaian uji laboratorium untuk mendapatkan parameter sifat-sifat fisik tanah gambut dan pasir cor sebagai bahan campuran pelat beton dan tiang.

C.1 Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisik Tanah Asli (*index properties*)

Pengujian sifat-sifat fisik tanah, merupakan pengujian pertama yang dilakukan. Pengujian tanah dilakukan di Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Riau dan Laboratorium Balai Pengujian Jalan dan Jembatan Wilayah III di Padang Sumatera Barat. Bentuk-bentuk pengujian dan hasilnya dapat dijelaskan sebagai berikut.

Dari keseluruhan rangkaian pemeriksaan sifat-sifat fisik tanah gambut, maka dapat disusun suatu rekapan hasil yang dapat dilihat dalam **Tabel 5.1**

Tabel 5.1 Hasil pengujian sifat fisik Tanah asli

NO	PENGUJIAN	NILAI	SATUAN
1	Kadar Air Tanah Gambut, w (%)	462.07	%
2	Berat Jenis rata - rata (<i>G_s</i>)	1,493	Kg/m ³
3	Berat Volume Tak Jenuh	4,71	kN/m ³
4	Berat Volume Jenuh (γ_{sat})	9,56	kN/m ³
5	Berat Isi Kering Max	0,483	Kg/Cm ²
6	Kadar Air Optimum	93,50	%

Pengujian sifat mekanik tanah gambut yang dilakukan adalah pengujian triaksial CU (*Cosolidated Undrained*) atau tak terkonsolidasi tak terdrainase yang menghasilkan kohesi (c) dan sudut geser (ϕ), dan hasil pengujian triaksial CU pada Tanah asli dapat dilihat pada **Tabel 5.2**

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Triaksial CU Tanah Gambut

Sampe Uji	Kohesi (c) kN/m³	Sudut Geser (ϕ) (Derajat)
Tanah (Gambut)	20	24

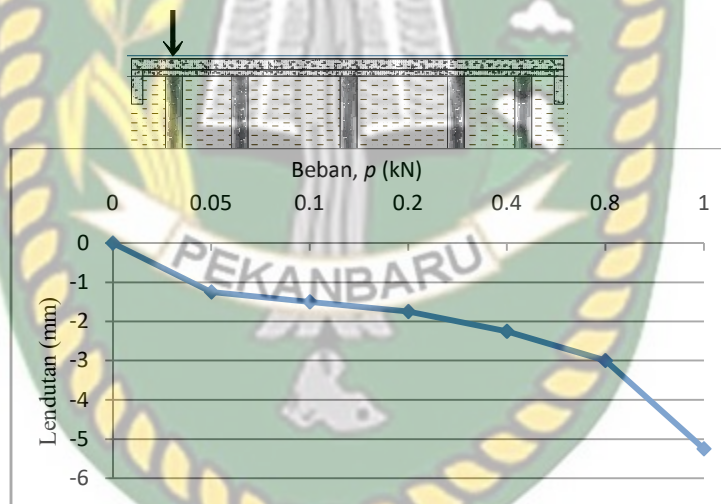
Dari **Tabel 5.2** dapat dilihat bahwa tanah asli memiliki kohesi (c) dan sudut geser (ϕ) yang rendah. Menurut Meyerhof, (1956) dalam Hardiyatmo, (2012: 353), kondisi tanah asli dengan sudut geser sebesar 29° merupakan tanah sangat tidak padat ($< 30^\circ$).

C.2 Hasil Pengamatan

C.2.1 Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak

a. Beban di Tepi Pelat

Dari Grafik pengujian dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, untuk beban di tengah pelat terjadi lendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan pelat (1,25mm), dan pada beban 0,2kN terjadi lendutan (1,75mm) kemudian pada beban puncak seberat 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (5,25mm) yang dapat dilihat pada **Gambar 5.1**

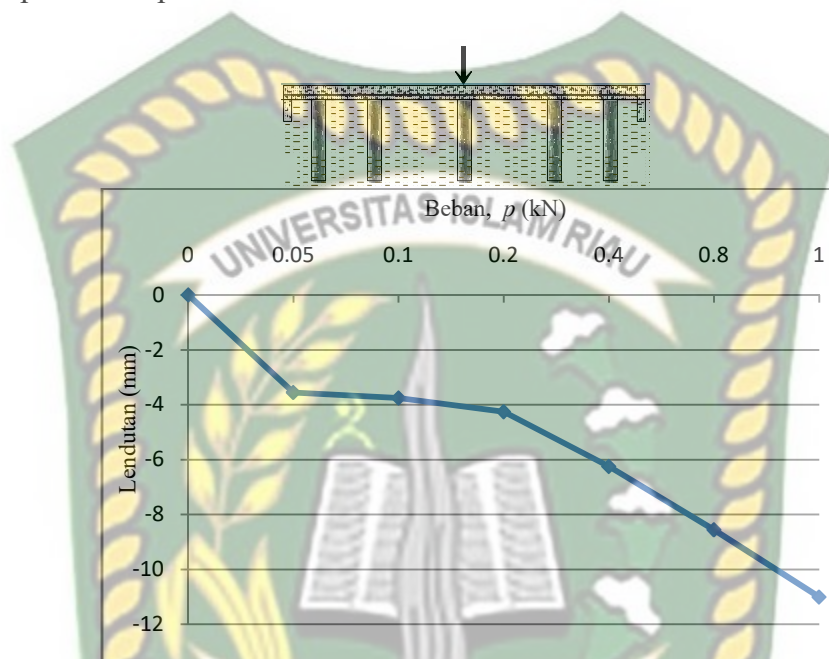


Gambar 5.1 Grafik Pengamatan (P) di Tepi Pelat Dua baris Tiang Variasi Jarak

b. Beban di Tengah Pelat

Dari grafik pengujian dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, untuk beban ditengah pelat terjadi lendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan pelat

(3,55mm), dan pada beban 0,2kN terjadi lendutan (4,25mm) kemudian pada beban puncak seberat 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (11mm) yang dapat dilihat pada **Gambar 5.2**

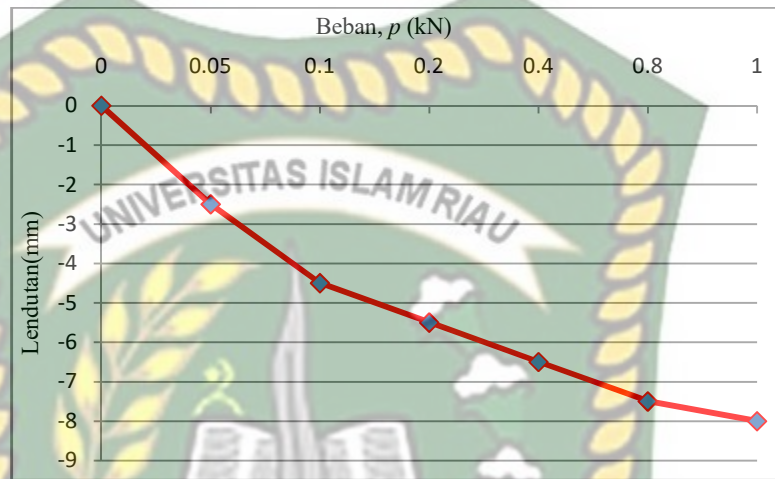
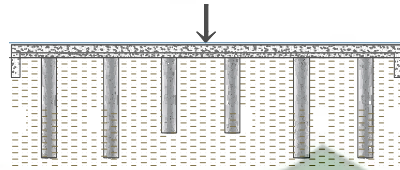


Gambar 5.2 Grafik Pengamatan (P) di Tepi Pelat Dua baris Tiang Variasi Jarak

C.2.2 Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

a. Beban di Tengah Pelat

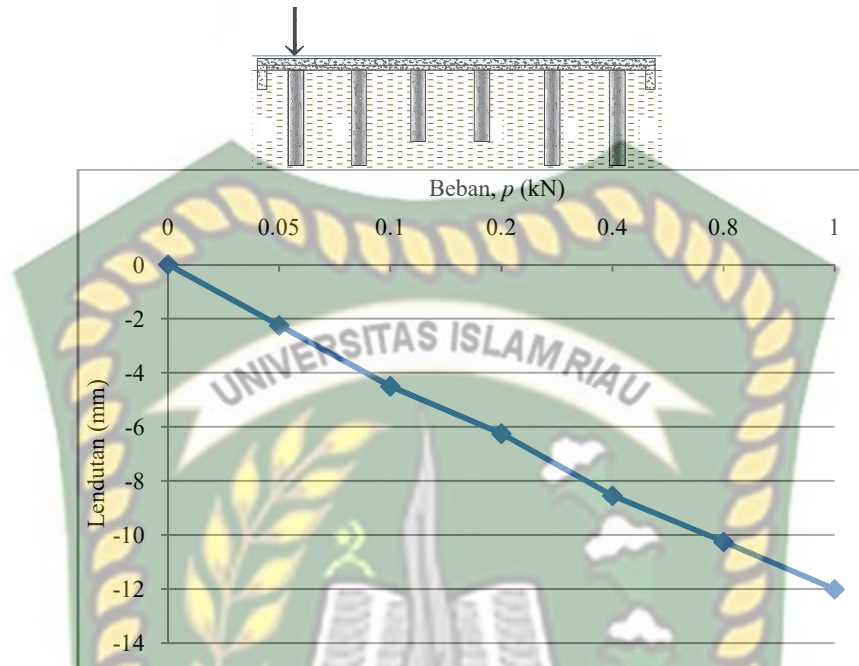
Dari Grafik pengujian dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, untuk beban di tengah pelat terjadi lendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan pelat (2,55mm), dan pada beban 0,2kN terjadi lendutan (5,5mm) kemudian pada beban puncak seberat 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (8mm) yang dapat dilihat pada **Gambar 5.3**



Gambar 5.3 Grafik Pengamatan (P) di Tengah Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

b. Beban di Tepi Pelat

Dari grafik pengujian dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, untuk beban di tengah pelat terjadi tendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan pelat (2,25mm), dan pada beban 0,2kN terjadi lendutan (6,25mm) kemudian pada beban puncak seberat 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (12mm) yang dapat dilihat pada dapat dilihat pada **gambar 5.4**



Gambar 5.4 Grafik Pengamatan (P) di Tepi Pelat Tiga Baris Variasi Panjang

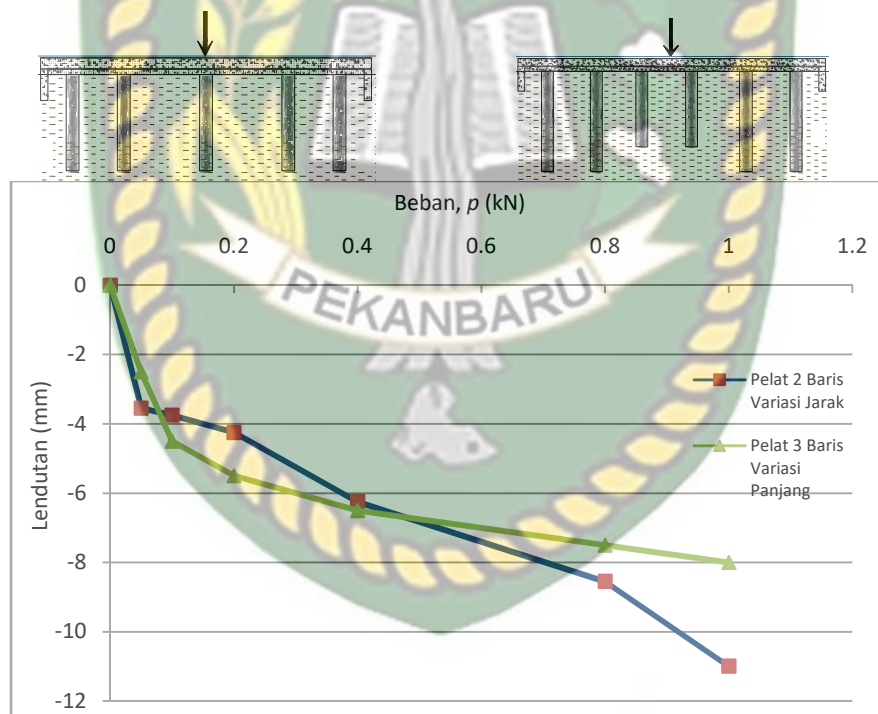
C.2.3 Lendutan Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dan Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

a. Beban di Tengah Pelat

Dari **Gambar 5.5** Pengujian Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak untuk beban di tengah pelat terjadi lendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan Pelat (3,55mm), dan pada beban 0,2kN terjadi lendutan (4,25mm) kemudian pada

beban puncak sebesar 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (11mm) yang dapat dilihat pada.

Pada hasil pengamatan pengujian Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, untuk beban di tengah pelat terjadi lendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan Pelat (2,55mm), dan pada beban 0,2kN terjadi lendutan (5,5mm) kemudian pada beban puncak sebesar 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (8mm) dapat dilihat pada **Gambar 5.5**

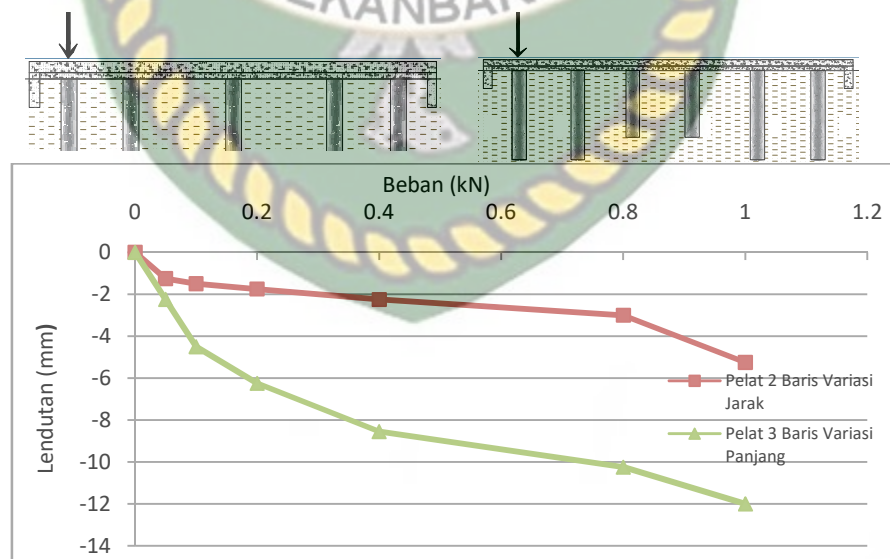


Gambar 5.5 Grafik Pengamatan Lendutan Setiap Uji Pelat Untuk (P) di Tengah

b. Beban di Tepi Pelat

Dari grafik 5.11 pengujian Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, untuk beban di tepi pelat terjadi tendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan Pelat (1,25mm), dan pada beban 0.2kN terjadi lendutan (1,75mm) kemudian pada beban puncak seberat 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (5,25mm)

Dari grafik pengujian Pelat Tiga Baris Variasi Panjang dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN, untuk beban di tepi pelat terjadi lendutan secara bertahap yang dimulai dari beban 0,05kN pada beban tersebut terjadi lendutan pelat (2,25mm), dan pada beban 0,2kN terjadi lendutan (6,25mm) kemudian pada beban puncak seberat 1kN pada beban tersebut pelat beton terjadi lendutan sebesar (12mm) dapat dilihat pada **Gambar 5.6**



Gambar 5.6 Grafik Pengamatan Lendutan Setiap Uji Pelat Untuk (P) di Tepi

C.3 Hasil Analisis Lendutan Pelat Menggunakan Metode Element Hingga, Model *Mohr Coulomb* dan *Hardening Soil* Nilai $E_{50}=1.901\text{kN/m}^2$

Hasil analisis Metode Elemen Hingga (MEH) dengan menggunakan Model tanah *Mohr Coulomb* dan *Hardening soil* yang dilakukan terhadap Pelat Dua Baris Variasi Jarak dan Pelat Tiga Baris Variasi Panjang, Material properties tanah dan material untuk Struktur dapat dilihat pada **Table 5.3** dan **Tabel 5.4**

Tabel 5.3 Material Properties Tanah

No.	Parameter	Model Tanah		Satuan
		<i>Mohr Coulumb</i>	<i>Hardening Soil</i>	
1	Model Material	<i>Mohr Coulumb</i>	<i>Hardening Soil</i>	-
2	Perilaku Material	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	-
3	Berat volume tak jenuh (γ)	4,71	4,71	kN/m^3
4	Berat volume jenuh (γ_{sat})	9,56	9,56	kN/m^3
5	Modulus Young (E_{50})	1.901	1.901	kN/m^2
	Modulus Tangensial (E_{odo})	-	1,897	Pra-pilih
	Modulus Pembebanan (E_{ur})	-	5,703	-
	Eksponen (m)	-	1	-
6	Rasio Poisson (ν')	0,3	0,3	-
7	Kohesi (c)	20	20	kN/m^2
8	Sudut geser (ϕ)	24	24	$^\circ$
9	Sudut dilatansi (Ψ)	3	3	$^\circ$
10	Faktor reduksi <i>interface</i> (R_{inter})	0,67	0,67	-
11	Koefisien Tekanan Tanah Lateral (K_o)	1,0	1,0	-
12	Angka pori awal (e_{init})	2,17	2,17	-
13	Permeabilitas ($k_y=k_x$)*	0,879	0,879	m/day

* Untuk nilai *Permeabilitas* didapat dari hasil pengujian Waruwu, A., Hardiyatmo, HC., Rifa'I,A., *Journal of Applied Engineering Science (2017) Gadjah Mada University, Department of Civil and Environmental Engineering, Indonesia* “Deflection behavior of the nailed slab system-supported embankment on peat soil”

Tabel 5.4 Material untuk struktur Pelat dan Tiang

No.	Parameter	Nama/ simbol	Tiang	Pelat	Koperan	Satuan
1	Model Material	Model	Plates	Plates	Plates	-
2	Tipe perilaku Material	Tipe	elastik	elastik	elastik	-
3	Tebal/ diameter	d	0,04	0,05	0,025	m
4	Berat volume	γ	24	24	24	kN/m ³
5	Modulus Young	E	1.65×10^7	1.65×10^7	1.65×10^7	kN/m ²
6	Rasio Poisson	ν	0,15	0,15	0,15	

C.4 Metode Elemen Hingga (MEH) Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak

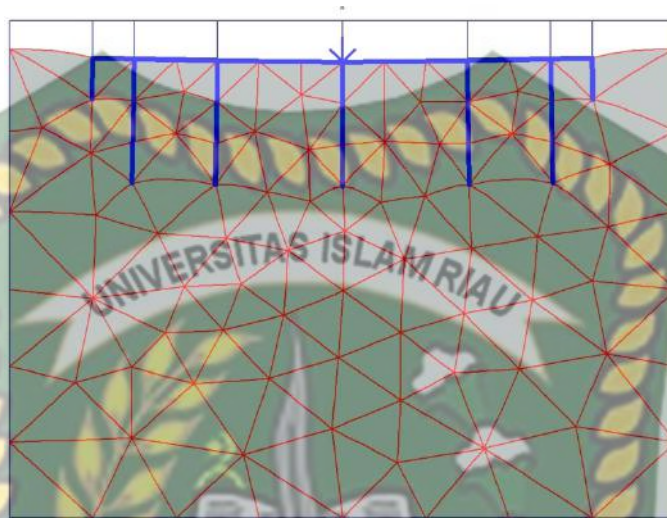
C.4.1 Model *Mohr-Coulomb*

a. Beban di Tengah Pelat

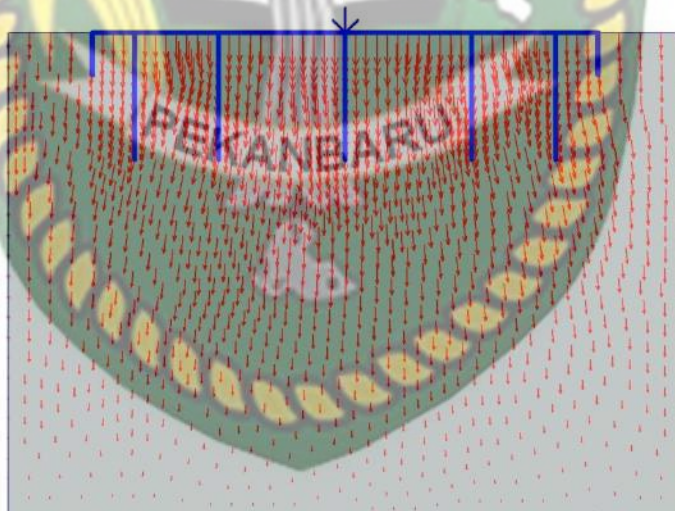
Hasil uji tekan Model *Mohr-Coulomb* yang dilakukan pada Pelat Tiang Dua Baris Variasi Jarak dengan posisi beban (P) di tengah Pelat terjadi lendutan sebesar (4,98mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi

pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut, dapat dilihat pada

Gambar 5.7



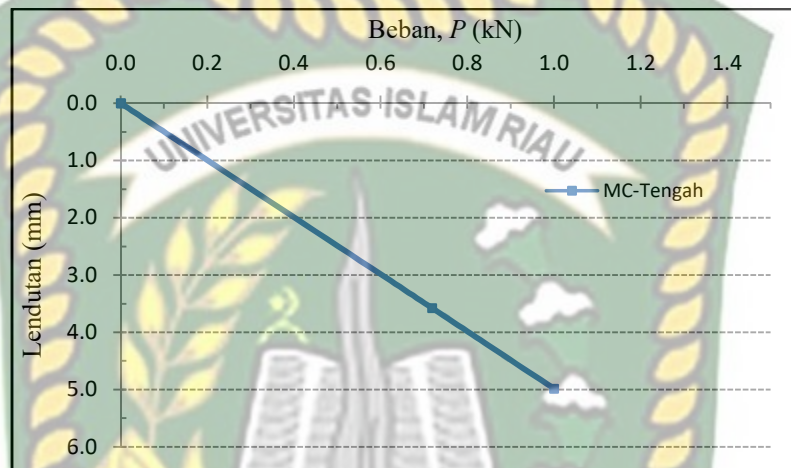
Gambar 5.7 Lendutan Model *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah



Gambar 5.8 Arah Pergerakan Tanah Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah

Pada **gambar 5.8** dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tengah pelat terlihat tanah yang ada di sisi

sisi pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung menekan kebawah, kemudian pelat terbenam yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan Tanah.



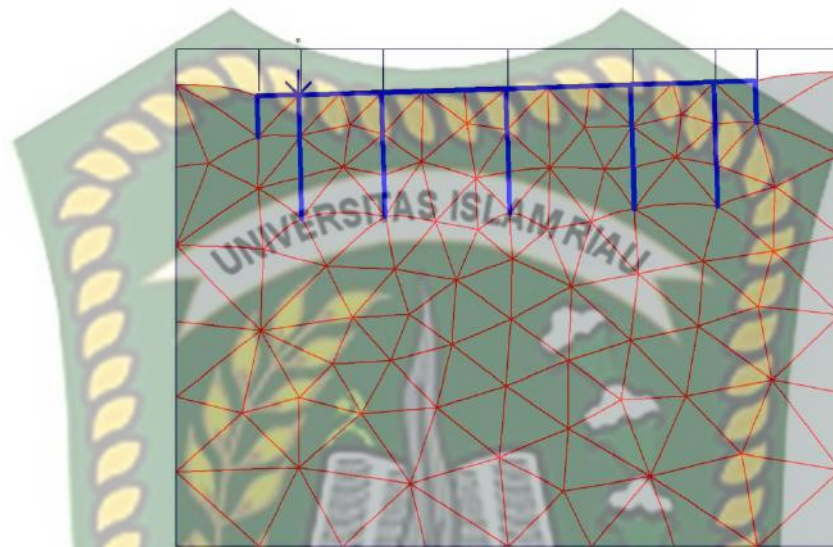
Gambar 5.9 Grafik Lendutan *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah

Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis Model *mohr-Coulomb* lendutan yang terjadi terhadap pelat dengan beban 1 kN sebesar (4,98mm), dapat dilihat pada **gambar 5.9**

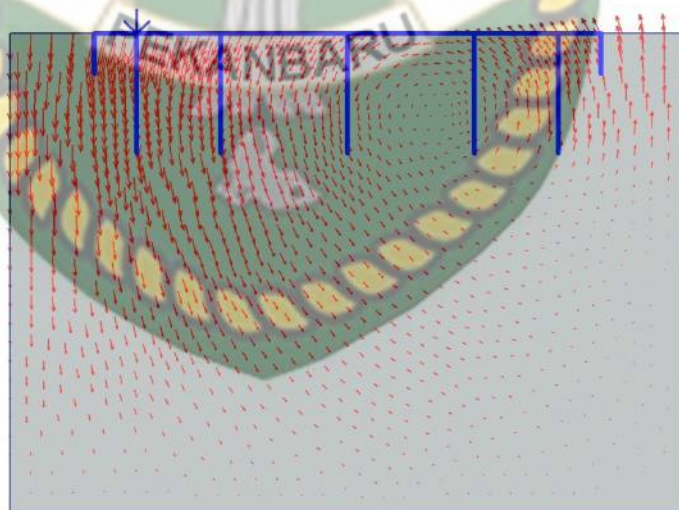
b. Beban di Tepi Pelat

Hasil uji tekan Model *Mohr-Coulomb* yang dilakukan pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dengan posisi beban (P) di tepi pelat terjadi lendutan sebesar (5,50mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap

beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut, dapat dilihat pada gambar 5.10

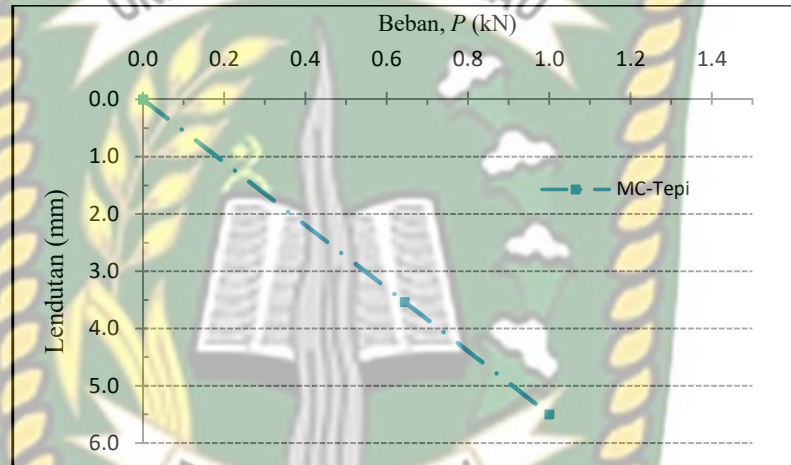


Gambar 5.10 Lendutan Model *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Pelat Dua Baris Tiang Variasi jarak (P) di Tepi



Gambar 5.11 Arah Pergerakan Tanah Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi

Pada **Gambar 5.11** dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tepi pelat terlihat tanah yang berada pada beban terpusat pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung menekan kebawah, kemudian pelat terbenam dan pada ujung pelat tanah cenderung naik keatas yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan tanah.



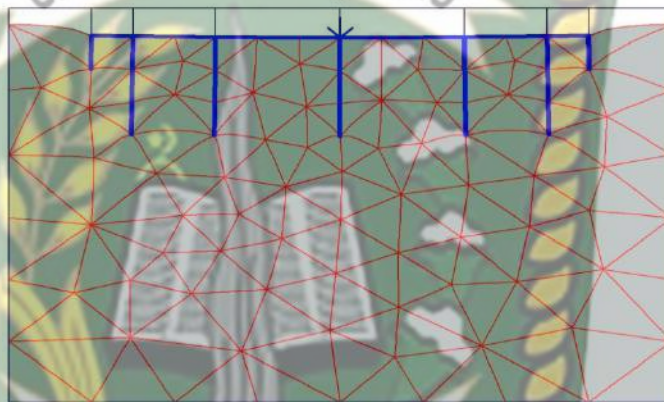
Gambar 5.12 Grafik Lendutan Model *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi

Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis Model *mohr- Coulomb* lendutan yang terjadi terhadap Pelat dengan beban 1kN sebesar (5,50mm), dapat dilihat pada **gambar 5.12**

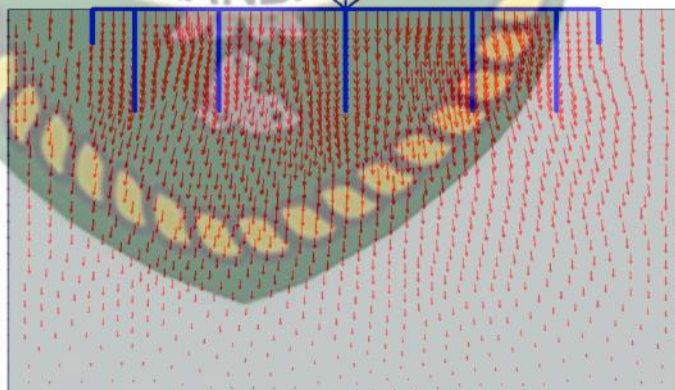
C.4.2 Model *Hardening Soil*

a. Beban di Tengah Pelat

Untuk hasil analisis Elemen Hingga Model *Hardening Soil* pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak didapat hasil perhitungan untuk beban (P) terpusat di tengah pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (9,02mm), dapat dilihat pada gambar 5.13



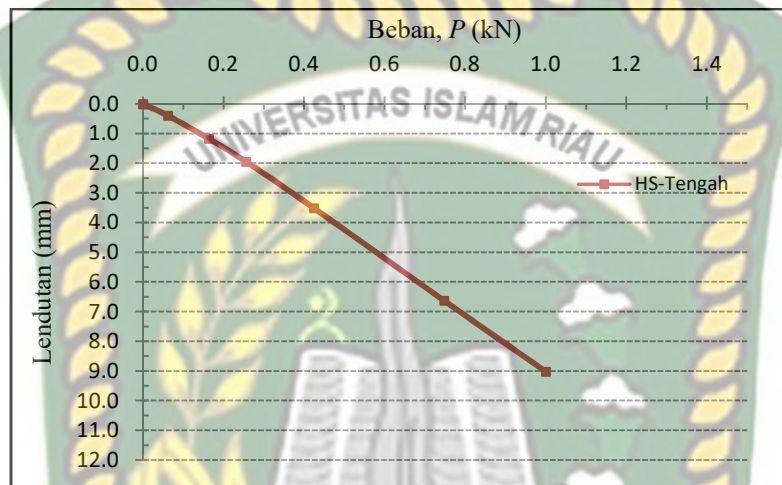
Gambar 5.13 Lendutan Model *Hardening Soil* Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah



Gambar 5.14 Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah

Pada **Gambar 5.14** dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tengah pelat terlihat tanah yang ada di sisi

sisi pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung kebawah, kemudian pelat terbenam yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan tanah.

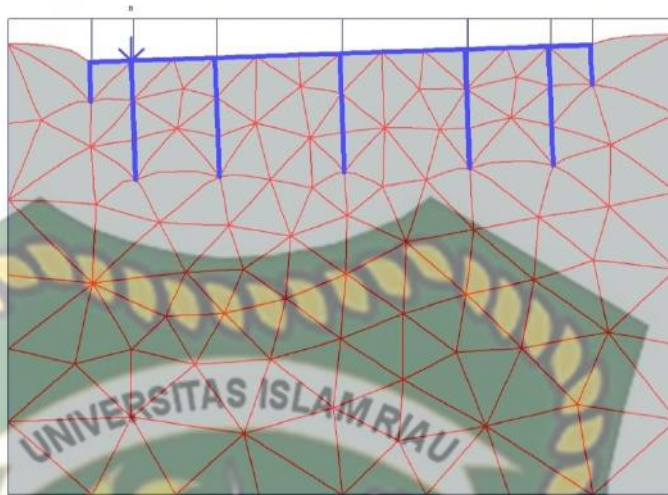


Gambar 5.15 Grafik Lendutan Model *Hardening Soil* Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah

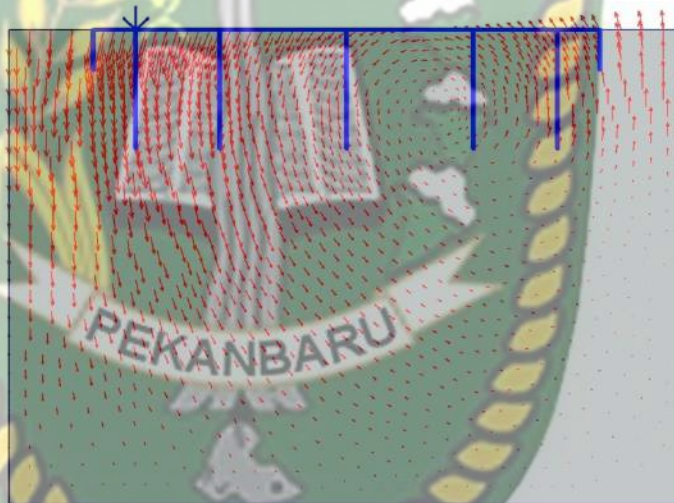
Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis Model *Hardening soil* lendutan yang terjadi terhadap pelat dengan beban 1kN sebesar (9,02mm), dapat dilihat pada gambar 5.15

b. Beban di Tepi Pelat

Sedangkan hasil analisis Elemen Hingga Model *Hardening Soil* pada pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak didapat hasil perhitungan untuk beban (P) terpusat di tepi pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (10,54mm), dapat dilihat pada gambar 5.16



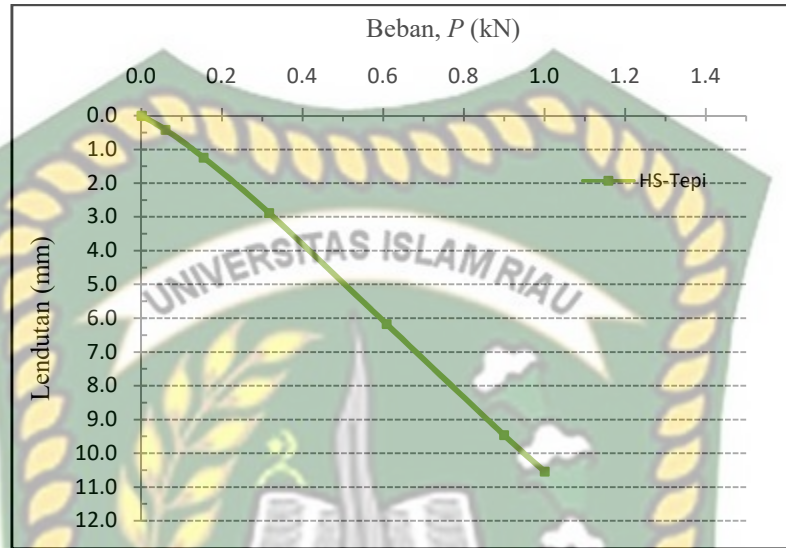
Gambar 5.16 Lendutan Model *Hardening Soil* Pada Pelat Dua Baris Tiang (P) di Tepi



Gambar 5.17 Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi

Pada **Gambar 5.17** dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan Pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tepi pelat terlihat tanah yang berada pada beban terpusat pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung menekan kebawah, kemudian pelat terbenam dan pada ujung pelat

tanah cenderung naik keatas yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan tanah.



Gambar 5.18 Grafik Lendutan Model *Hardening Soil* Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tepi

Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis Model *Hardening Soil* lendutan yang terjadi terhadap pelat dengan beban 1kN sebesar (10,54mm), dapat dilihat pada **gambar 5.18**

C.5 Perbandingan Analisis Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan pada Pelat Tiang Dua Baris Tiang Variasi Jarak

Hasil uji tekan Model *Mohr-Coulomb* yang dilakukan pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dengan posisi beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (4,98mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut

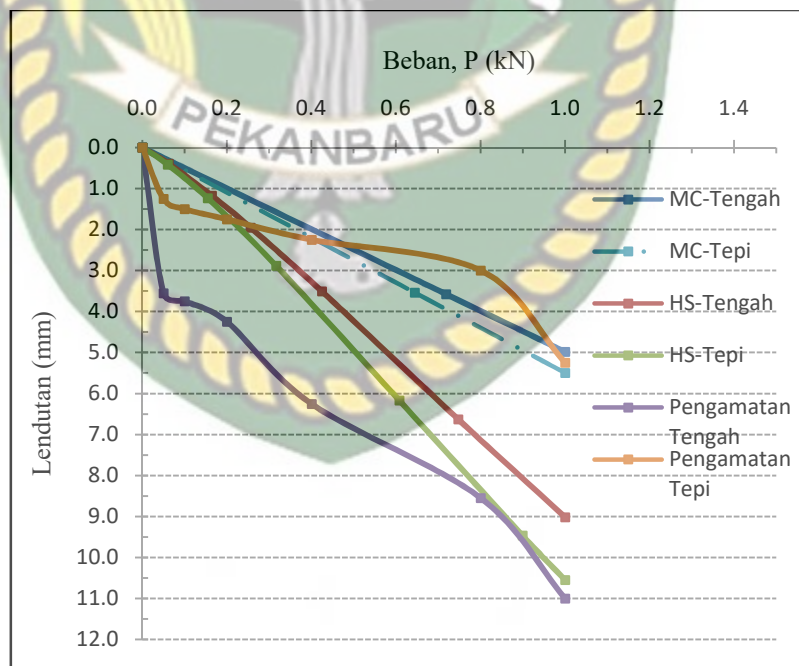
Hasil uji tekan Model *Mohr-Coulomb* yang dilakukan pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dengan posisi beban (P) di tepi pelat terjadi lendutan sebesar (5,50mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk Lendutan terhadap Pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut.

Untuk hasil analisis Elemen Hingga Model *Hardening Soil* pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak didapat hasil perhitungan untuk beban (P) terpusat di tengah pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (9,02mm).

Sedangkan hasil analisis Elemen Hingga Model *Hardening Soil* pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak didapat hasil perhitungan untuk beban (P) terpusat di tepi pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (10,54mm)

Berdasarkan hasil pengamatan dapat dilihat lendutan pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN untuk beban (P) terpusat di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (11mm)

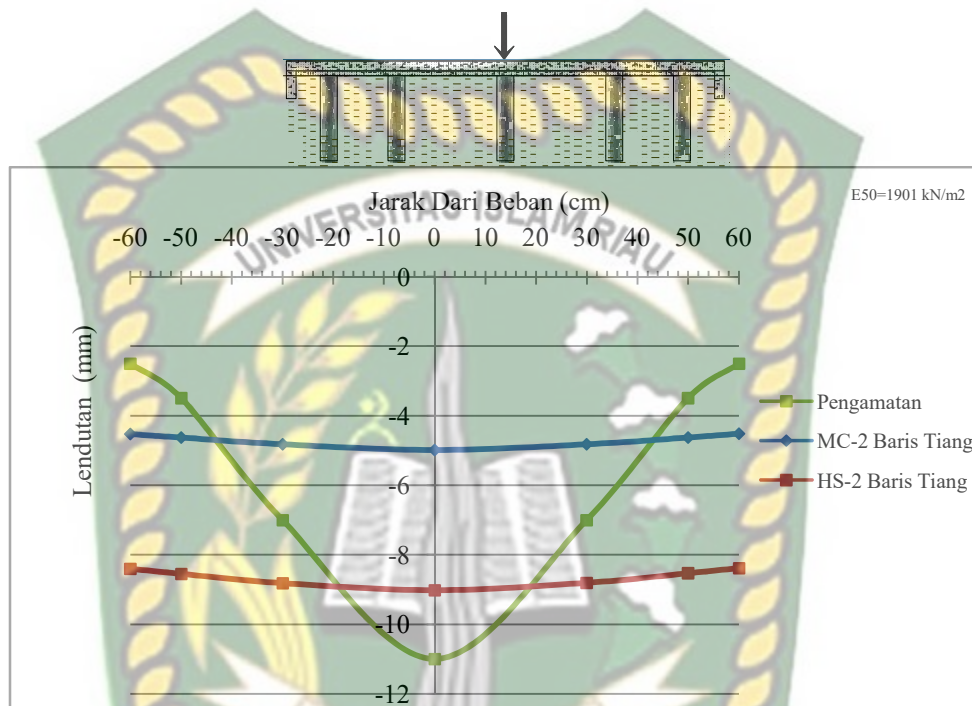
Sedangkan hasil pengamatan dapat dilihat lendutan Pelat yang telah diberikan beban dengan beban maksimal 1kN untuk beban (P) terpusat di tepi pelat terjadi lendutan sebesar (5,25mm), untuk perbandingan analisis Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb*, Model *Hardening Soil* dan pengamatan pada pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dapat dilihat pada **gambar 5.19**



Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Analisis Metode Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan Pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak (P) di Tengah

C.6 Lendutan Sepanjang Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Model *Mohr-coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan

a. Beban di Tengah Pelat



Gambar 5.20 Grafik Lendutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan (*P*) di Tengah

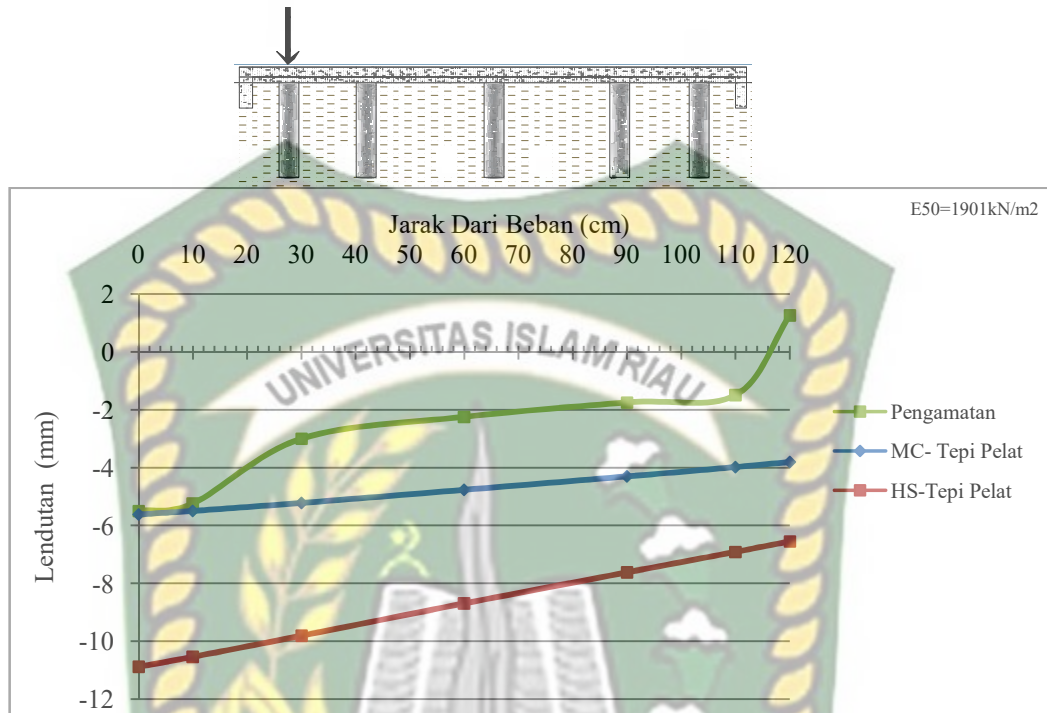
Pada **gambar 5.20** menunjukkan bahwa dari hasil analisis Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb* didapat hasil lendutan sepanjang pelat pada beban (*P*) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (4,98mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah

gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut.

Dari hasil analisis Elemen Hingga Model *Hardening Soil* didapat hasil lendutan sepanjang pelat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (9,02mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut.

Dari hasil pengamatan didapat hasil lendutan sepanjang pelat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (11mm) dan perbedaan antara analisis dan pengamatan tidak terlalu jauh.

b. Beban di Tepi Pelat



Gambar 5.21 Grafik Lendutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan (P) di Tepi

Pada gambar 5.21 menunjukkan bahwa dari hasil analisis Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb* didapat hasil lendutan sepanjang pelat pada beban (P) di tepi pelat terjadi lendutan sebesar (5,50mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut.

Dari hasil analisis Elemen Hingga Model *Hardening Soil* didapat hasil lendutan sepanjang pelat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (10,54mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut.

Dari hasil pengamatan didapat hasil lendutan sepanjang pelat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (5,25mm), dan pada **gambar 5.20** dapat dilihat hasil analisis Model *Mohr-Coulomb* dan Model *Hardening Soil* (\geq) hasil dari pengamatan hasil analisis dan pengamatan pada Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dapat dilihat pada **Tabel 5.5**

Tabel 5.5 Lendutan Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak

Model Pelat	Posisi (P)	Lendutan (mm)		
		Pengamatan	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Hardening Soil</i>
Dua Baris Tiang Variasi Jarak	Tengah Pelat	11	4.98	9.02
	Tepi Pelat	5,25	5.50	10.54

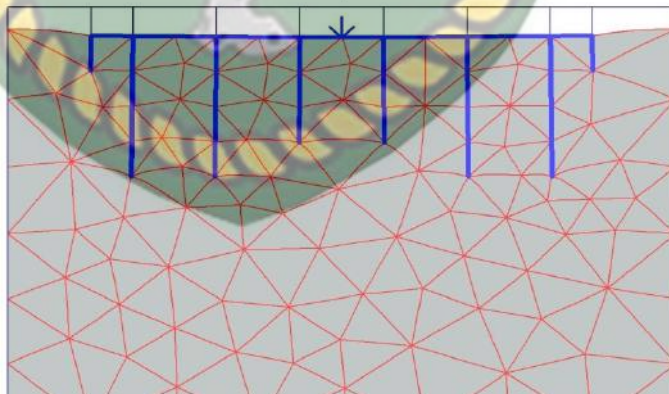
C.7 Hasil Analisis Lendutan Pelat Menggunakan Metode Elemen Hingga Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang Nilai $E_{50}=1.901\text{kN/m}^2$

C.7.1 Metode Elemen Hingga Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

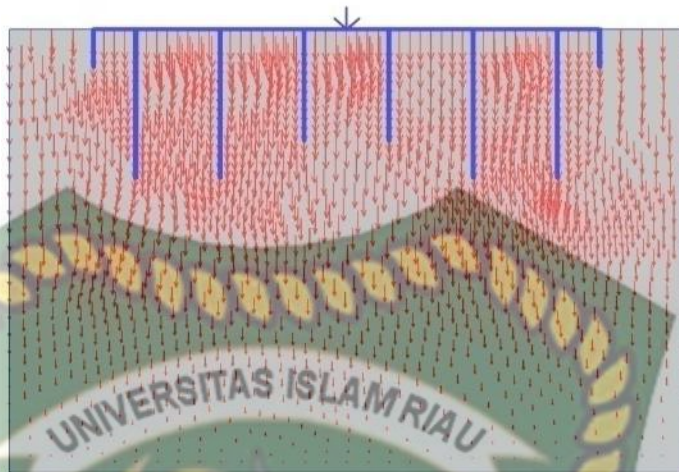
C.7.1.1 Model *Mohr-Coulomb*

a. Beban di Tengah Pelat

Hasil uji Analisis Elemen Hingga Model Material *Mohr-Coulomb* uji tekan yang dilakukan pada Pelat Tiang Tiga Baris Variasi Panjang dengan posisi beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (8,59mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi Pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut dapat dilihat pada **gambar 5.22**

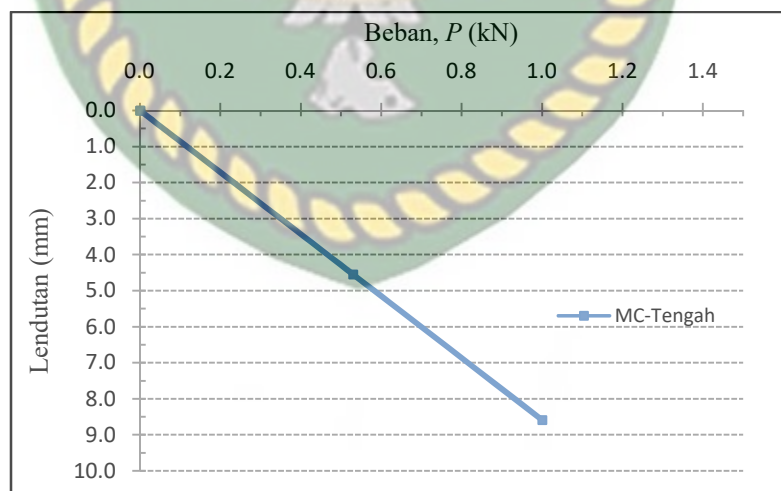


Gambar 5.22 Lendutan Model *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah



Gambar 5.23 Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah

Pada gambar 5.23 dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tengah pelat terlihat tanah yang ada di sisi sisi pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung turun, kemudian pelatnya terbenam yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan tanah.

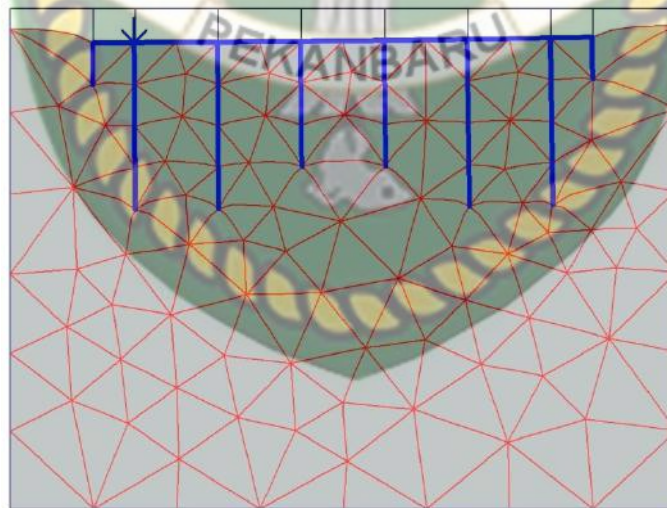


Gambar 5.24 Grafik Lendutan *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah

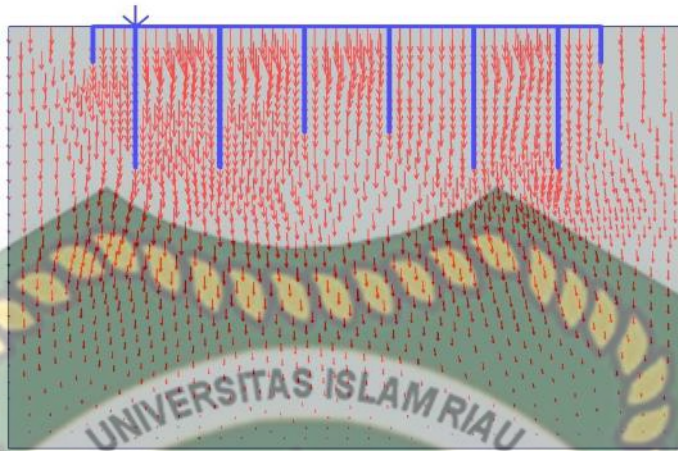
Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis *mohr- Coulomb* lendutan yang terjadi terhadap pelat dengan beban 1kN sebesar (8,59mm), dapat dilihat pada **gambar 5.24**

b. Beban di Tepi Pelat

Hasil uji Analisis Elemen Hingga Model Material *Mohr-Coulomb* tekan yang dilakukan pada Pelat Tiang Tiga Baris Variasi Panjang Baris dengan posisi beban (P) di tepi pelat terjadi lendutan sebesar (8,69mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan pada tengah pelat tersebut dapat dilihat pada **gambar 5.25**

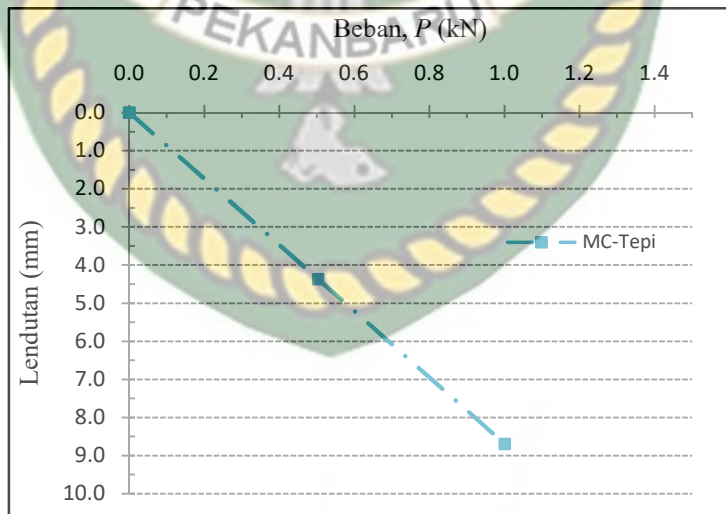


Gambar 5.25 Lendutan Model *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi



Gambar 5.26 Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi

Pada Gambar 5.26 dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tepi pelat terlihat tanah yang ada di sisi sisi pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung turun, kemudian pelat terbenam yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan tanah.



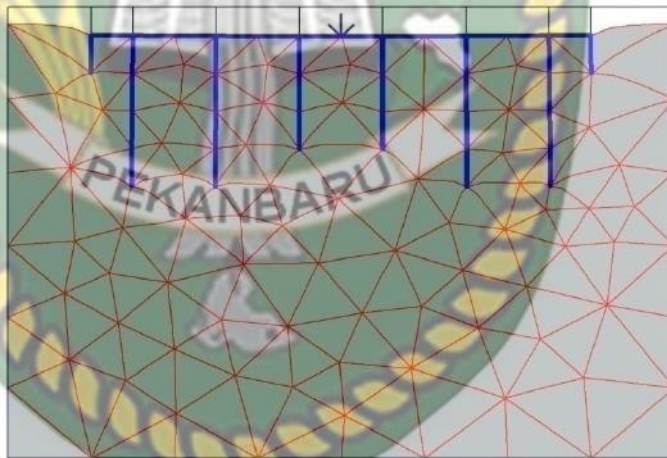
Gambar 5.27 Grafik Lendutan *Mohr-Coulomb* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi

Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis *mohr- Coulomb* lendutan yang terjadi terhadap pelat dengan beban 1kN sebesar (8,69mm), dapat dilihat pada **gambar 5.27**

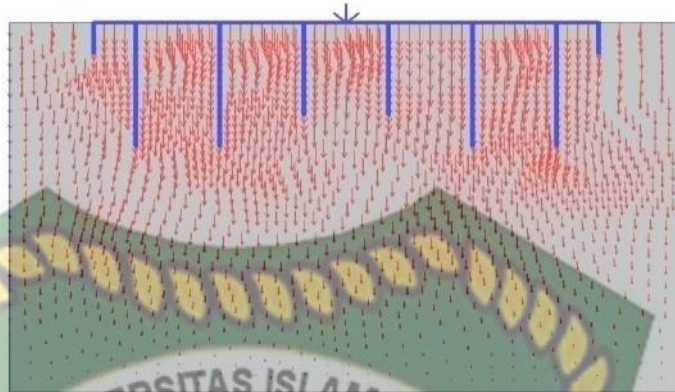
C.7.1.2 Model *Hardening Soil*

a. Beban di Tengah Pelat

Dari hasil Analisis Elemen Hingga Model Material *Hardening Soil* pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang didapat hasil perhitungan untuk beban (P) di tengah pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (15,68mm), dapat dilihat pada **gambar 5.28**

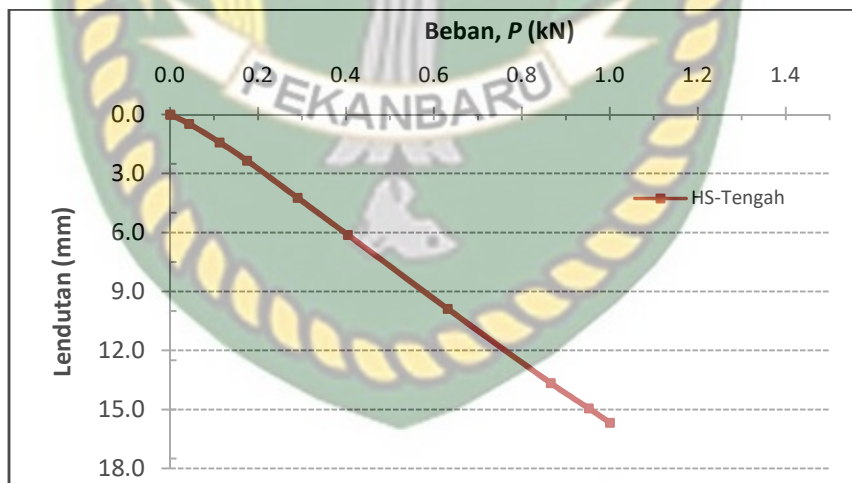


Gambar 5.28 Lendutan Model *Hardening Soil* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah



Gambar 5.29 Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah

Pada Gambar 5.29 dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan Pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tengah pelat terlihat tanah yang ada di sisi sisi pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung turun, kemudian pelat terbenam yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan tanah.



Gambar 5.30 Grafik Lendutan Model *hardening Soil* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah

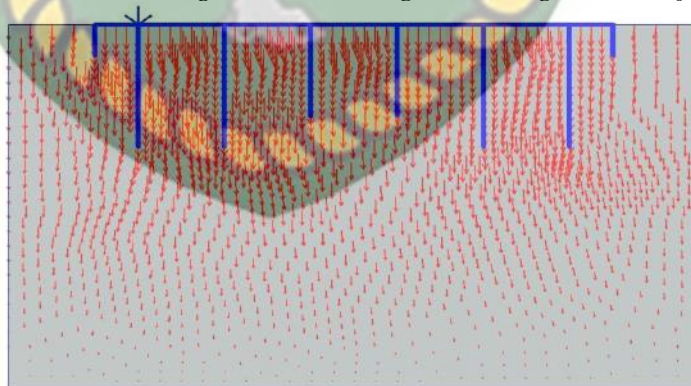
Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis *Hardening Soil* lendutan yang terjadi terhadap pelat dengan beban 1kN sebesar (15,68mm), dapat dilihat pada **gambar 5.30**

b. Beban di Tepi Pelat

Sedangkan hasil analisis Elemen Hingga Model Material *Hardening Soil* pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang didapat hasil perhitungan untuk beban (P) terpusat pada tepi pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (16,39mm), dapat dilihat pada **gambar 5.31**

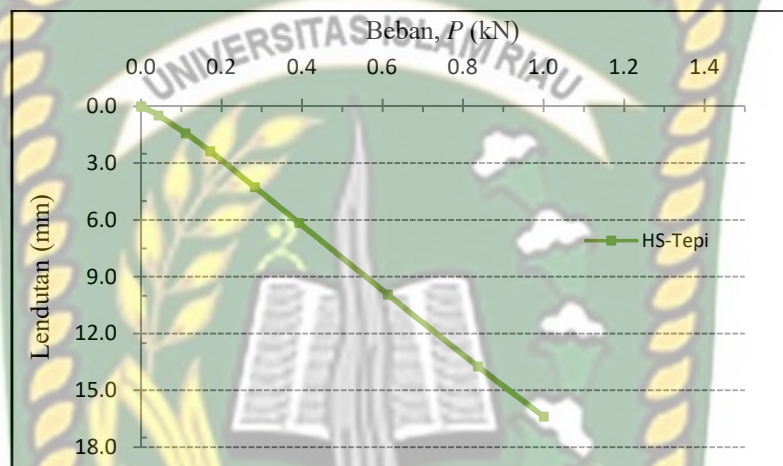


Gambar 5.31 Lendutan Model *Hardening Soil* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi



Gambar 5.32 Arah Pergerakan Tanah Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tepi

Pada **Gambar 5.32** dapat dilihat arah pergerakan tanah yang telah diberikan Pelat di atasnya dan ditambahkan beban di tepi pelat terlihat tanah yang ada di sisi pelat mengalami regangan akibat pelat beton yang menyimpannya dan tanah cenderung turun, kemudian pelat terbenam yang menandakan bahwa tanah tersebut lunak dan tidak mampu menahan beban secara total dan terjadi regangan tanah.



Gambar 5.33 Grafik Lendutan Model *hardening Soil* Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang (P) di

Grafik diatas menunjukkan terjadinya lendutan terhadap pelat dimana pada perhitungan analisis *Hardening Soil* lendutan yang terjadi terhadap pelat dengan beban 1kN sebesar (16,39mm), dapat dilihat pada **gambar 5.33**

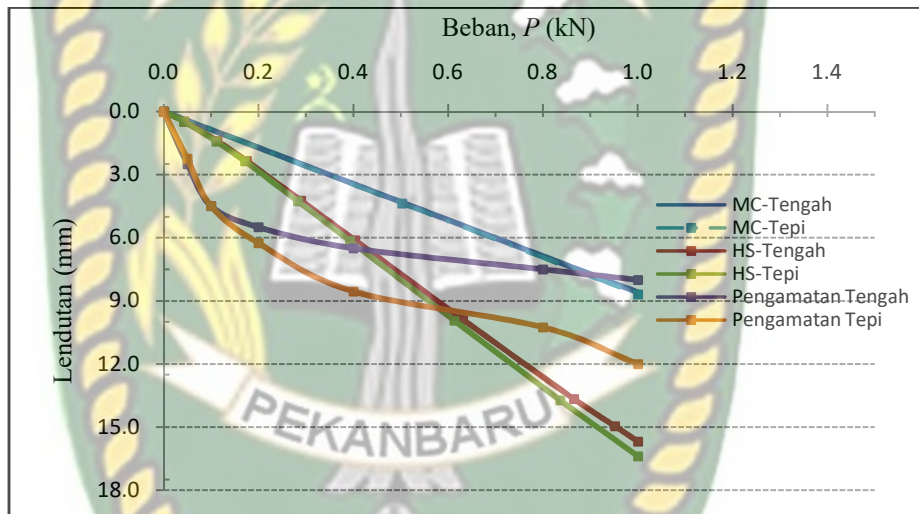
C.8 Perbandingan Analisis Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb*, Model *Hardening Soil* dan Hasil Pengamatan Pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

Hasil Analisis Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb* uji tekan yang dilakukan pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang dengan posisi beban (P) di tengah Pelat terjadi lendutan sebesar (8,59mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikandi tengah pelat.

Hasil analisis Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb* uji tekan yang dilakukan pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang dengan posisi beban (P) di tepi pelat terjadi lendutan sebesar (8,69mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada di sekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan di tengah pelat.

Dari hasil Analisis Elemen Hingga Model Material *Hardening Soil* pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang didapat hasil perhitungan analisis untuk beban (P) di tengah pelat diperoleh hasil Lendutan Pelat sebesar (15,68mm).

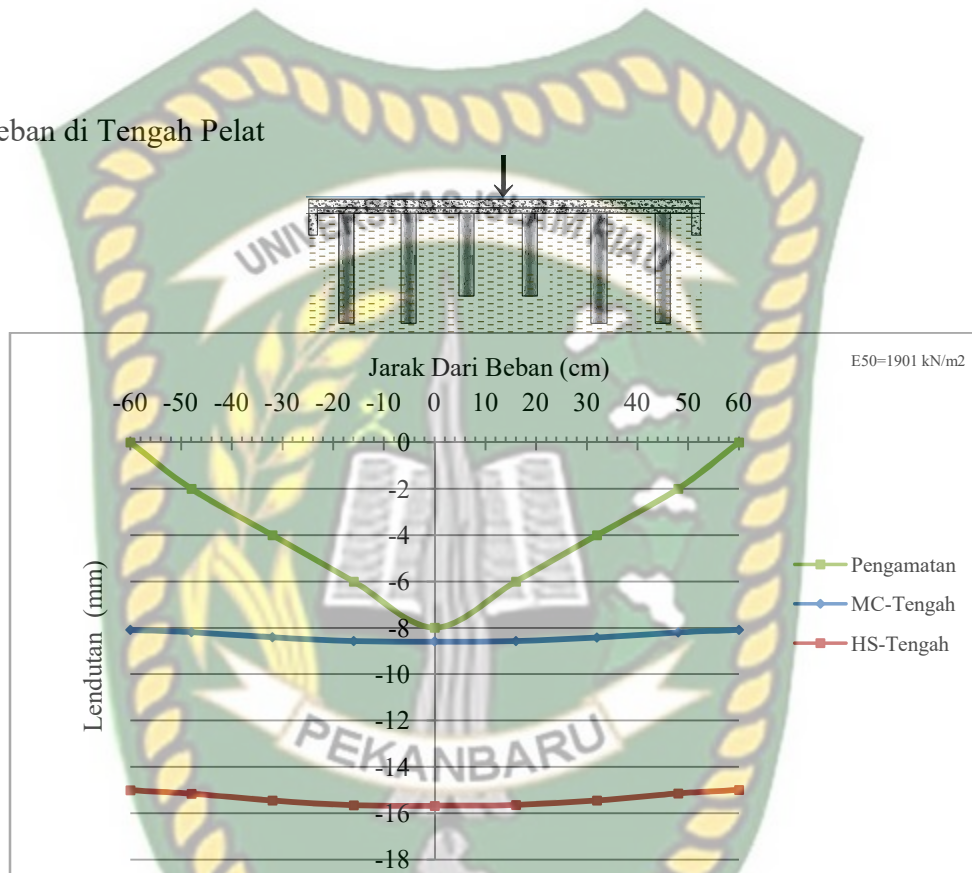
Sedangkan hasil analisis Elemen Hingga Model Material *Hardening Soil* pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang didapat hasil perhitungan untuk beban (P) terpusat pada tepi pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (16,39mm), dapat dilihat pada **Gambar 5.34**



Grafik 5.34 Grafik Perbandingan Analisis Metode Elemen Hingga Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan Pada Pelat Tiga baris Tiang Variasi Panjang (P) di Tengah

C.9 Lentutan Sepanjang Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang Model *Mohr-Coulomb*, Model *Hardening Soil* dan Pengamatan dengan Nilai $E_{50}=1.901\text{kN/m}^2$

a. Beban di Tengah Pelat



Gambar 5.35 Grafik Lentutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan (P) di Tepi

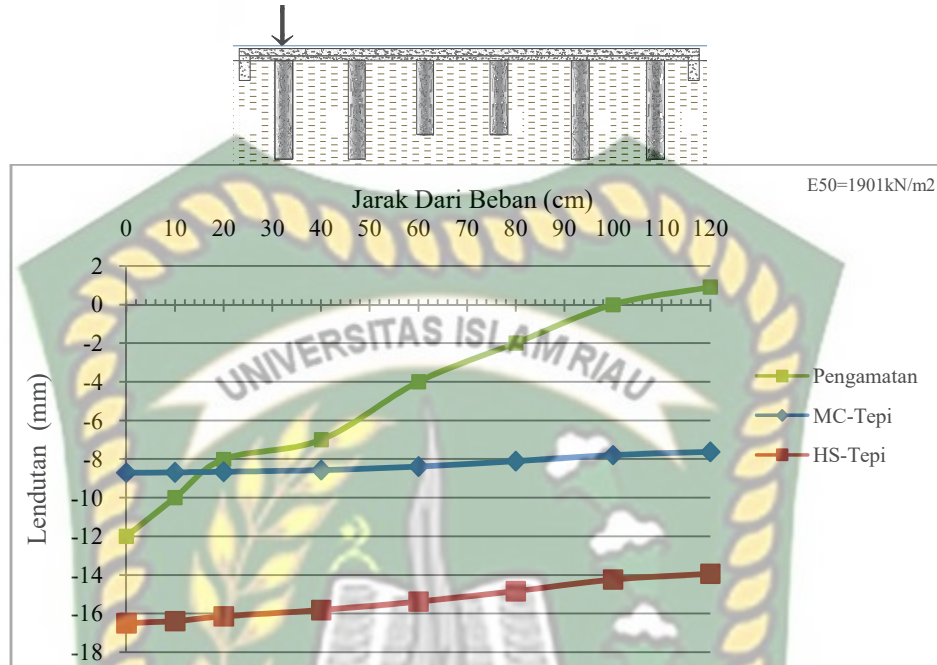
Dari hasil analisis metode *Mohr-Coulomb* didapat hasil lentutan sepanjang pelat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lentutan sebesar (8,59mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lentutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang

diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan di tengah pelat.

Dari hasil analisis metode *Hardening Soil* didapat hasil lendutan sepanjang Pelat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (15,68mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban yang diberikan di tengah pelat.

Dari hasil pengamatan didapat hasil lendutan sepanjang [elat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (8mm), dan pada **gambar 5.35** dapat dilihat hasil perhitungan analisis Model *mohr-Coulomb* dan Model *Hardening Soil* \geq hasil pengamatan

b. Beban di Tepi Pelat



Gambar 5.36 Grafik Lendutan Sepanjang Pelat Untuk Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang Model *Mohr-Coulomb*, *Hardening Soil* dan Pengamatan (*P*) di Tepi

Pada dilihat pada gambar 5.36 Hasil uji Analisis Elemen Hingga Model Material *Mohr-Coulomb* yang dilakukan pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang dengan posisi beban (*P*) di tepi pelat terjadi lendutan sebesar (8,69mm), dimana beban mempengaruhi terhadap deformasi pelat yang dibuktikan dengan terjadinya deformasi berbentuk lendutan terhadap pelat yang diberi beban dan keberadaan tiang yang ada di bawah pelat mempengaruhi daya tahan pelat terhadap beban yang diberikan dan tanah gambut yang ada disekeliling tiang juga terjadi pergerakan akibat beban di tepi pelat.

Sedangkan hasil analisis Elemen Hingga Model Material *Hardening Soil* pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang didapat hasil perhitungan untuk beban (P) terpusat pada tepi pelat diperoleh hasil lendutan pelat sebesar (16,39mm).

Dari hasil pengamatan didapat hasil lendutan sepanjang pelat pada beban (P) di tengah pelat terjadi lendutan sebesar (12mm), dan pada gambar 5.50 dapat dilihat hasil perhitungan analisis Model *Mohr-Coulomb* dan Model *Hardening Soil* (\geq) hasil dari pengamatan. Hasil analisis dan pengamatan pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang dapat dilihat pada **Tabel 5.6**

Tabel 5.6 Lendutan Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang

Model Pelat	Posisi (P)	Lendutan (mm)		
		Pengamatan	<i>Mohr-Coulomb</i>	<i>Hardening Soil</i>
Tiga Baris Tiang Variasi Panjang	Tengah Pelat	8	8,59	15,68
	Tepi Pelat	12	8,69	16,39

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Sebagai penutup dari tesis ini akan disajikan kesimpulan dari hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya. Kemudian, akan disampaikan pula saran yang didasarkan pada hasil kesimpulan. Saran dalam hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi peneliti selanjutnya dan beberapa pihak sebagai masukan atau dasar dalam pengambilan keputusan dalam penelitian ataupun pelaksanaan.

A. Kesimpulan

1. Pelat dan Tiang dapat mempengaruhi terhadap gaya dukung beban yang diberikan, pada penelitian ini beban maksimal yang diberikan terhadap masing – masing pelat sebesar 1 kN.
2. Penurunan Terhadap Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak dan Tiga Baris Tiang Variasi Panjang terjadi perbedaan penurunan yang diakibatkan oleh jumlah tiang dan baris yang berbeda.
3. Berdasarkan hasil Pengamatan, Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Penurunan di Tepi Pelat > dari Tengah Pelat, hal ini karena jarak antar tiang ditengah pelat lebih lebar yaitu (26cm) dari tepi pelat sebesar (16cm), sehingga kekuatan tiang sebagai pengaku pelat tereduksi dan Posisi beban terpusat (P) tidak tepat berada diatas tiang.

4. Sebaliknya pada Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang dengan jarak Tiang yang sama diperoleh lendutan ditengah pelat lebih kecil dari tepi pelat. Pelat Variasi panjang tiang tidak mempengaruhi dalam menahan lendutan tetapi dengan jarak antar tiang yang sama, tiang sebagai pengaku pelat mampu mengurangi lendutan.
5. Perhitungan Metode Elemen Hingga model *Mohr Coulomb* dan Model *Hardening Soil* sangat Membantu penelitian ini untuk mendapatkan pendekatan Antara Analisis dengan Pengamatan.
6. Berdasarkan hasil Pengamatan dari dua variasi pelat terpaku di atas tanah gambut didapat perilaku lendutan pelat yang berbeda.

B. Saran

Berdasarkan hasil perhitungan dan kesimpulan diatas, maka Penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian yang didapat, sebaiknya ada pengujian lain yang sama dengan menambahkan jumlah tiang, baris dan dimensi yang berbeda dengan pengujian ini.
2. Sebaiknya untuk pengujian berikutnya ditambahkan beban lebih besar lagi dari penelitian ini dan jumlah bebannya di variasikan, karena pada penelitian ini beban yang diberikan terhadap pelat nilainya sama antara Pelat Dua Baris Tiang Variasi Jarak Dengan Pelat Tiga Baris Tiang Variasi Panjang adalah Beban Maksimal (1kN).

3. Penggunaan Pelat terpaku di atas Tanah gambut memerlukan biaya yang lumayan besar dan sebaiknya dilakukan lagi pengujian lain dengan menggunakan pelat terpaku dengan melakukan stabilisasi tanah dasarnya sehingga dapat bermanfaat dan efisien terhadap waktu serta daya tahannya lebih panjang jika dibandingkan dengan perkerasan jenis lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, 1993, *Guide for Design of Pavement Structure*, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, USA.
- Dewi, D.A., 2009, Kajian Pengaruh Tiang Tunggal Terhadap Nilai koefisien Reaksi Subgrade Ekvivalen Pada Uji Beban Skala Penuh, *Tesis*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta, Indonesia.
- Hardiyatmo, H.C., 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, H.C., 2009, Metode Hitungan Lendutan Pelat Dengan Menggunakan Modulus Reaksi Tanah Dasar Ekvivalen Untuk Struktur Pelat Fleksibel, *Dinamika Teknik Sipil*, Vol.9 No.2, pp. 149-154.
- Hardiyatmo, H. C. 2012. *Mekanika Tanah 1 Edisi VI*. Gadjah Mada University Press.
- Nasibu, R., 2009, Kajian Modulus Reaksi Tanah Dasar Akibat Pengaruh Tiang (Uji Beban Pada Skala Penuh), *Tesis*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta, Indonesia
- Puri, A., 2015. *Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Dasar Lempung Lunak (soft Clay)*, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2012a. *Determining Additional Modulus of Subgrade Reaction Based on Tolerable Settlement for Nailed-slab System Resting on Soft Clay*. IJCEE-IJENS, pp. 32-40.
- Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2011. *Kontribusi Koperan dalam mereduksi Lendutan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Lempung Lunak*. Jakarta, HATTI, pp. 299-306.
- Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2011. *Studi Eksperimental Defleksi Pelat yang Diperkuat Dengan Tiang-tiang Friksi Pendek pada Tanah Lempung Lunak*. Yogyakarta, HATTI, pp. 317-321.
- Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifai, A., 2013c. *Behavior of Fullscale Nailed-slab System with Variation on Load Position*. Solo, Universitas Muhammadiyah Solo.
- Puri, A., Hardiyatmo, H. C., Suhendro, B. & Rifa'i, A., 2013d. *Penerapan Metode Analisis Lendutan Pelat Terpaku Pada Model Skala Penuh dan Komparasi dengan Uji Pembebanan*. Surakarta, Universitas Sebelas Maret, pp. G-201 - G-211.

- Puri, A., 2016. *Behavior of Uplift Resistance of Single Pile Row Nailed-slab Pavement System on Soft Clay Sub Grade. Proc. The 3rd Asia Future Conference (AFC)*. Kitakyushu Japan. 29 September – 3 Oktober 2016.
- Puri, A., 2014. *Prospek Aplikasi Perkerasan Sistem Pelat Terpaku untuk Jalan pada Tanah Lunak. Seminar Triwulan Teknik Sipil, Edisi 1*. Program Magister Teknik Sipil Universitas Islam Riau, 31 Oktober 2014.
- Puri, A., 2017. *Infrastruktur Jalan Beton Sistem Pelat Terpaku untuk Pembangunan Jalan Berkelanjutan pada Tanah Dasar Lunak dan Ekspansif. Prosiding Konferensi Nasional Teknik Sipil dan Perencanaan (KN-TSP) 2017*. Universitas Islam Riau. Pekanbaru 9 Februari 2017.
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., Rifa'i, A., 2016. *Compressive Behavior of Bagansiapiapi- Riau Peat in Indonesia. Electronik Journal of Geotechnical Engineering*.
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., Rifa'i, A., (2017) *Journal of Applied Engineering Science Gadjah Mada University, Department of Civil and Environmental Engineering, Indonesia "Deflection behavior of the nailed slab system-supported embankment on peat soil"*
- Puspasari, V., 2013. *Analisis Lendutan, Momen, dan Gaya Lintang pada sistem Pelat Terpaku menggunakan SAP 2000, Yogyakarta: Program Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil dan Lingkungan*.
- Bujang B.K Huat., (2014). *Foundation and Embankment Construction in Peat: An Overview*
- Bujang B.K Huat.,(2014). *Geotechnics of organic soils and peat*