

**STUDI EKSPERIMENTAL LENDUTAN MODEL PELAT TERPAKU
PADA TANAH GAMBUT DI BAWAH TIMBUNAN**

TUGAS AKHIR

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



Oleh

DIAN PRAMANA

153110794

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2020

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Puji dan syukur yang sedalam-dalamnya atas kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang yang telah melimpahkan nikmat iman dan islam, rahmat serta hidayah-Nya, sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini .

Dalam penyelesaian tugas akhir ini merupakan suatu tanggung jawab sebagai seorang mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya dibangku perkuliahan pada program studi Teknik Sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dengan judul **“Studi Eksperimental Lendutan Model Pelat Terpaku Pada Tanah Gambut Di Bawah Timbunan”** .

Banyak alasan yang ingin dikemukakan dalam pengambilan judul ini namun pada dasarnya penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana perilaku model pelat terpaku dan pelat polos pada tanah gambut sebelum dan sesudah diberi beban dan untuk mengetahui besar lendutan yang terjadi akibat pembeban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelat terpaku dengan 1 baris tiang lebih baik daripada pelat polos, karena penurunan yang terjadi pada pelat terpaku relatif lebih kecil dibandingkan pelat polos.

Terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Pekanbaru, September 2020

DIAN PRAMANA

UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Dengan segala kerendahan hati peneliti ingin menyampaikan dan mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu peneliti dengan memberikan dorongan dan dukungan yang tak terhingga terutama kepada :

1. Bapak Prof. DR. H. Syafrinaldi SH., M.C.L, sebagai Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si., M.Sc, sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST., MT. sebagai Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau Dan sebagai Dosen Pembimbing.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST.,M.Si, sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau .
7. Ibu Sapitri, ST.,MT, sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Ibu Roza Mildawati, ST.,MT, sebagai Dosen Penguji
9. Bapak Firman Syarif, ST., M.Eng, sebagai Dosen Penguji
10. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Seluruh karyawan dan karyawan fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

12. Teristimewa Bapak dan Mama tercinta Ruslan Pramono dan Ngatemi sebagai Orang Tua yang selalu memberikan dan mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
13. Teruntuk kak Windy Indri Yanti, Ery Rusmita, Arva Umaya, Abang Batara Hardi ,Adik saya Ghany Azh Haqq, Bang Taqin, Bang Ipul dan bang Anda yang selalu memberikan motivasi serta semangat kepada penulis.
14. Kepada kak Miswarti, ST., MT, Rachmat Hidayat ST, Nurul Hafiza, ST, Harits Fajri, Rafi Yulianda, yang ada di Laboratorium Teknik Sipil memberi bimbingan serta bantuan selama ini.
15. Teruntuk Teman-teman saya kelas C angkatan 2015, serta Cahyo, Putra, Indra, Jella, Irvan, Siti, Roby, Ali, Afdhi, Andre, Gian, Faiz Ikbar, Andre Hermanusa, Riza Nurrohim, Wenika yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
16. Buat teman-teman lainnya di Fakultas Teknik serta semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Terima kasih atas segala bantuannya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala amal baik kita mendapatkan balasan yang setimpal dari Allah SWT. Aamiin...

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, September 2020

DIAN PRAMANA

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan penulisan	2
1.4 Manfaat Penulisan	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum	4
2.2 Penelitian Terdahulu.....	4
2.3 Keaslian Penelitian	7
BAB III LANDASAN TEORI	10
3.1 Umum	10
3.2.1 Sifat Fisik Tanah Gambut	12
3.2.2 Sifat Kimia Tanah Gambut	16
3.2.3 Klasifikasi Tanah Gambut	16
3.3 Sistem Pelat Terpaku.....	17
3.4 Metode Perancangan Sistem Pelat Terpaku.....	20
3.5 Keuntungan dan Kekurangan Penggunaan Sistem Pelat Terpaku ...	21
3.6 Perbaikan Tanah.....	22
3.6.1 Tujuan Perbaikan Tanah	23

3.6.2	Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan metode perbaikan tanah	23
3.6.3	Stabilisasi Tanah	24
3.6.4	Klasifikasi Perbaikan Tanah	25
3.7	Pembebanan	26
3.8	Konsolidasi	26
3.9	Penurunan	28
3.10	Analisa Balik (<i>Back Analysis</i>) Dari Hasil Pengamatan.....	29
BAB IV METODE PENELITIAN		32
4.1	Umum	32
4.2	Lokasi Pengujian	32
4.3	Bahan Pengujian.....	33
4.4	Peralatan Pengujian	33
4.4.1	Peralatan untuk Uji Bahan	33
4.4.2	Alat untuk Uji Model.....	33
4.5	Model Percobaan dan Peralatan	34
4.6	Tahapan Penelitian	36
4.7	Prosedur Pengujian.....	39
4.7.1	Pengujian Pendahuluan.....	39
4.7.2	Pengujian Utama	39
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		43
5.1	Umum	43
5.2	Pengujian Pendahuluan.....	43
5.2.1	Kadar Air Tanah Asli	43
5.2.2	Berat Spesifik (Gs)	43
5.2.3	Pengujian Pemadatan.....	44
5.2.4	Sifat-sifat Tanah Gambut.....	45
5.3	Hasil Uji Pelat Permodelan.....	45
5.3.1	Lendutan Pelat Polos	46
5.3.2	Lendutan Pada Pelat Terpaku 3 Tiang.....	48
5.3.3	Lendutan Pada Pelat Terpaku 5 Tiang.....	50

5.4	Perbandingan Penurunan Pelat Polos dan Pelat Terpaku	52
5.4.1	Perbandingan Lendutan Pada Tengah Bentang Pelat	53
5.4.2	Perbandingan Lendutan Pada Tepi Pelat	53
5.5	Analisis Balik (<i>Back Analysis</i>) Dari Hasil Pengamatan	55
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		58
6.1	Kesimpulan	58
6.2	Saran	58
DAFTAR PUSTAKA		



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan peneliti terdahulu dengan penelitian ini.	7
Tabel 3. 1 Berat Jenis Tanah (Hardiyatmo, 2002).....	13
Tabel 5. 1 Sifat-sifat Tanah Gambut (Hasil Penelitian).....	45
Tabel 5. 2 Penurunan pelat polos, Pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Kurva Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Volume Kering (Hardiyatmo, 2002)	15
Gambar 3. 2 Tampang Sistem Pelat Terpaku dirancang untuk beban berat dan tanah dasar bermasalah (Hardiyatmo, 2011)	18
Gambar 3. 3 Grafik waktu-pemampatan selama konsolidasi untuk suatu penimbunan beban.....	27
Gambar 3. 4 Metode Asaoka (1978).....	31
Gambar 4. 1 Denah lokasi penelitian.....	32
Gambar 4. 2 Sketsa dan Tampak Atas <i>Box</i> Pengujian.....	34
Gambar 4. 3 Model pelat terpaku (Dokumentasi penelitian)	35
Gambar 4. 4 Skema Model Pelat Terpaku	35
Gambar 4. 5 Bagan Alir Penelitian.....	39
Gambar 4. 6 Pengujian model pelat.....	41
Gambar 4. 7 Sketsa letak <i>dial gauge</i>	41
Gambar 4. 8 Tampak atas letak <i>dial gauge</i>	42
Gambar 5.1 Grafik Pengujian Pemadatan dengan Proctor Standar (Hasil Penelitian).....	44
Gambar 5. 2 Uji penelitian model pelat terpaku (Dokumentasi Penelitian)	46
Gambar 5. 3 Grafik penurunan pelat polos tahap ke-1, tahap ke-2 dan tahap ke-3.....	48
Gambar 5. 4 Grafik penurunan pelat terpaku 3 tiang beban, (a) tahap ke-1, (b) tahap ke-2, (c) tahap ke-3	50
Gambar 5. 5 Grafik penurunan pelat terpaku 5 tiang beban, (a) lapis ke-1, (b) lapis ke-2, (c) lapis ke-3	52
Gambar 5. 6 Grafik penurunan pada tengah pelat akibat beban tahap ke-1, tahap ke-2 dan tahap ke- 3	53
Gambar 5. 7 Grafik penurunan pada tepi pelat akibat beban tahap ke-1, tahap ke-2 dan tahap ke-3	54
Gambar 5. 8 Grafik hubungan waktu - penurunan	57

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

1. Data Propertis Tanah Penelitian
2. Data Penurunan Pelat Polos
3. Data Penurunan Pelat Terpaku 3 Tiang
4. Data Penurunan Pelat Terpaku 5 Tiang
5. Data Berat Beban dan Pelat
6. Perhitungan Metoda Asaoka
7. Dokumentasi

LAMPIRAN B : SURAT-SURAT

STUDI EKSPERIMENTAL LENDUTAN MODEL PELAT TERPAKU PADA TANAH GAMBUT DI BAWAH TIMBUNAN

DIAN PRAMANA

153110794

ABSTRAK

Kondisi tanah di Provinsi Riau sebagian besar berupa tanah gambut. Tanah gambut dikenal sebagai tanah yang memiliki daya dukungnya sangat rendah, kemampuan mampatannya sangat tinggi dan penurunan berlebih dalam jangka waktu lama. Sistem pelat terpaku sebagai perkuatan diharapkan mampu mengurangi penurunan dan meningkatkan stabilitas tanah gambut. Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui perilaku pelat terpaku pada tanah gambut dibawah timbunan akibat pembebanan.

Ditinjau pelat terpaku dengan skala model 1:5 menyesuaikan dengan kotak pengujian. Dimensi yang digunakan adalah 80 cm x 20 cm pada pelat terpaku 3 tiang maupun pada pelat terpaku 5 tiang dengan tebal pelat 5 cm dan dibawahnya dipasang tiang tunggal berdiameter 3,5 cm dengan panjang 30 cm. Sedangkan dimensi yang digunakan untuk pelat polos yaitu 75 cm x 25 cm. Model beban yang digunakan dari besi *hollow* dengan ukuran 3 cm x 3 cm. Nilai lendutan didapat dari pengamatan pada *dial gauge* yang menunjukkan angka penurunan pada saat pembebanan.

Data yang didapat dari hasil pengujian kemudian diolah dalam bentuk tabel dan grafik lendutan. Hasil dari pengujian yang dilakukan selama 458 jam menunjukkan bahwa pada tengah bentang, pelat polos mengalami penurunan lebih besar yaitu 15 mm dibandingkan dengan pelat terpaku dengan 3 tiang dan 5 tiang yaitu 7,73 mm dan 7,01 mm. Sedangkan pada tepi pelat penurunan tertinggi yang terjadi pada pelat polos yaitu 12,87 mm, pada pelat terpaku dengan 3 tiang yaitu 6,55 mm dan pada pelat terpaku 5 tiang yaitu 5,89 mm. Pada tengah pelat terjadi reduksi penurunan sebesar 53,3 % pada pelat terpaku 5 tiang dan 48,47 % pada pelat terpaku 3 tiang terhadap pelat polos karena tiang-tiang pada pelat terpaku mampu mereduksi penurunan dan menahan pelat tetap kontak dengan tanah. Hal ini berlaku untuk pelat dengan 1 baris tiang.

Kata kunci : Gambut, sistem pelat terpaku, penurunan

**EXPERIMENTAL STUDY OF SLAB DEFLECTION OF THE NAILED-SLAB
SYSTEM UNDER THE EMBANKMENT ON PEAT SOIL**

DIAN PRAMANA

153110794

ABSTRAK

The soil classification in Riau Province is mostly peat soil. Peat soil is known as soil that has a very low bearing capacity, very high compressibility and long-term excessive settlement. The Nailed-slab system as a soil reinforcement is expected to reduce settlement and increase the stability of peat soil. This study aims to determine the behavior of Nailed-slab system on peat soil under embankments due to loading.

In this research a model scale 1 : 5 was used by considering the available test box dimension. The slab dimension was 80 cm x 20 cm and 5 cm in thickness for 3 or 5 piles numbers in a single row of pile. The pile dimension was 3.5 cm in diameter and 30 cm in length. While the plain slab was 75 cm x 25 cm and 5 cm in thickness. The load model used is made of hollow iron with a size of 3 cm x 3 cm. The deflection value is obtained from observations on the dial gauge which shows the rate of decline during loading.

The data obtained from the test results are then processed in tables and deflection graphs. The results of tests carried out for 458 hours show that at the center of the span, the plain plate experienced a greater decrease, namely 15 mm compared to the Nailed-slab system with 3 piles and 5 piles, namely 7.73 mm and 7.01 mm. Whereas on the edge of the plate the highest drop occurred on the plain plate, namely 12.87 mm, on the Nailed-slab system with 3 piles, namely 6.55 mm and on the Nailed-slab system with 5 piles, namely 5.89 mm. In the middle of the plate, there was a reduction of 53.3% on the 5 piles Nailed-slab system and 48.47% on the 3 piles Nailed-slab system to the plain plate because the pile on the Nailed-slab system were able to reduce the drop and keep the plate in contact with the ground. This applies to plates with 1 row of pile.

Kata kunci : *Peat, nailed slab system, settlement*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan yang terjadi di Indonesia semakin meningkat khususnya di daerah Pekanbaru. Tingginya pembangunan yang terjadi beberapa tahun belakangan ini dapat dilihat dari semakin banyaknya pembangunan mall, hotel, jembatan, gedung-gedung komersial, jalan dan lainnya. Dalam suatu pembangunan konstruksi pelaksanaan dan pekerjaan yang pertama dilakukan ialah penyelidikan tanah. Tanah dasar yang berada di bawah bangunan harus kuat dan mampu menopang bangunan yang ada di atasnya. Apabila karakteristik tanah tidak sesuai dengan perencanaan, maka perlu dilakukan adanya perbaikan tanah.

Pada umumnya kondisi tanah di Provinsi Riau sebagian besar berupa tanah gambut. Tanah gambut merupakan salah satu jenis tanah yang paling bermasalah pada tanah dasar ketika pelaksanaan proyek sipil (Kalantari, 2013). Tanah gambut dikenal sebagai tanah yang memiliki angka pori dan kadar airnya sangat tinggi, kemampuan mampatannya sangat tinggi, daya dukungnya sangat rendah dan penurunan yang berlebih dan dalam jangka waktu lama termasuk penurunan primer, pemampatan sekunder dan tersier (Priadi, 2008 ; Mochtar et al., 2014). Maka dari itu pembangunan di atas tanah gambut akan menimbulkan banyak masalah.

Menurut Carchedi et al. (2006) bahwa tanah organik seperti gambut sulit untuk distabilisasi dan pada umumnya untuk mengurangi penurunan dilakukan dengan penggunaan fondasi dalam sampai pada lapisan tanah keras. Akan tetapi penggunaan fondasi sampai tanah keras akan menjadi masalah jika lapisan tanah gambut cukup tebal.

Ada beberapa alternatif yang bisa digunakan di antaranya penggunaan tiang pada tanah lunak, penempatan Sistem Cakar Ayam Modifikasi dan Sistem Pelat

Terpaku (Hardiyatmo 2008, Puri 2015, Setiawan 2015). Sistem ini diharapkan mampu mengurangi penurunan dan dapat meningkatkan stabilitas dari tanah gambut.

Umumnya perkuatan yang digunakan untuk mendukung beban timbunan adalah geosintetk, tetapi pada penelitian ini digunakan perkuatan timbunan dengan sistem pelat terpaku yang terdiri atas pelat dengan tiang-tiang beton mini. Hardiyatmo (2008) menyebutkan bahwa sistem pelat terpaku sangat cocok jika digunakan pada tanah yang dipengaruhi oleh penurunan tidak seragam, karena tiang-tiang pada pelat terpaku mampu mengurangi beda penurunan atau ketidakrataan diantara pelat, sehingga menjadikan permukaan tanah yang lebih rata. Puri et al. (2011) menyatakan bahwa sistem pelat terpaku akan meningkatkan kekuatan pelat dan bisa mereduksi defleksi maksimum seiring dengan bertambahnya jumlah baris tiang. Tiang-tiang pada pelat terpaku berfungsi untuk menjaga agar dasar pelat tetap dalam kontak yang baik dengan tanah dasar (Hardiyatmo, 2011). Peningkatan diameter dan panjang tiang pada pelat terpaku meningkatkan kuat dukung sistem dalam memikul beban, sehingga membuat lendutan pada pelat menjadi berkurang (Puri dan Mildawati 2019)

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat dari latar belakang ialah:

1. Bagaimana perilaku model pelat terpaku akibat pembebanan
2. Berapa besarkah penurunan yang terjadi akibat beban yang bekerja pada model pelat terpaku dan pelat polos

1.3 Tujuan penulisan

Dari rumusan masalah yang ada, dapat diketahui tujuan penulisan antara lain:

1. Untuk mengetahui perilaku model pelat terpaku serta pelat polos akibat pembebanan.

2. Untuk mengetahui besar penurunan model pelat terpaku dan pelat polos akibat beban yang bekerja.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Memperdalam wawasan dan pemahaman tentang ilmu teknik sipil khususnya ilmu mengenai perbaikan tanah, serta sebagai sarana untuk menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh dari bangku perkuliahan.
2. Bagi pelaku konstruksi, memberi pengetahuan tentang perbaikan tanah gambut menggunakan model pelat terpaku.
3. Bagi akademisi, sebagai referensi dan pengetahuan mengenai penurunan dari model pelat terpaku pada tanah gambut..

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam karya ilmiah ini antara lain:

1. Perhitungan penurunan konsolidasi model pelat terpaku dan pelat polos pada tanah gambut
2. Beban yang di berikan pada pelat dilakukan dengan 3 tahapan
3. Model pelat terpaku yang digunakan yaitu pelat terpaku dengan 1 baris paku dengan 3 tiang dan 5 tiang
4. Model pelat terpaku diperlakukan untuk perkuatan tanah

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka adalah kegiatan yang meliputi mencari, membaca, dan mendengarkan laporan-laporan penelitian dan bahan pustaka yang memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan. Penelitian mengenai pelat terpaku sudah banyak dilakukan di berbagai tempat dan dengan metode-metode yang berbeda-beda. Maka dari itu, dalam bab ini memuat beberapa referensi dari penelitian sebelumnya.

2.2 Penelitian Terdahulu

Diana (2013), "Perilaku Model Sistem Pelat Terpaku (*Nailed Slab*) Terhadap Pengembangan Pada Tanah Dasar Ekspansif". Pada penelitian ini digunakan sebagai perkerasan jalan. Diketahui bahwa perpindahan vertikal terbesar terjadi pada pelat tanpa tiang, kemudian pelat dengan tiang dengan spasi tiang 20 cm, dan perpindahan vertikal terkecil pada pelat dengan tiang dengan spasi tiang 10 cm. Besarnya perpindahan vertikal terbesar yang terjadi pada bagian pinggir pelat untuk seluruh model pelat, karena air mengalir dari bagian pinggir ke bagian tengah. Tanah dibagian pinggir telah bereaksi lebih dahulu dengan air, sehingga telah terjadi pengembangan tanah dibagian pinggir pelat, kemudian merayap dari pinggir ke tengah. Semakin lama waktu pembasahan perpindahan vertikal pelat semakin besar. Dari hasil pengamatan, diketahui sampai waktu 312 jam, terlihat perpindahan vertikal di pinggir pelat masih cukup signifikan. Terjadi perubahan kadar air tanah dalam *box* pengujian, yang semula 15%, setelah proses pembasahan selama 312 jam bertambah menjadi 52,16% dibagian pinggir dan 21,94% dibagian tengah *box*. Hal ini menunjukkan bahwa bagian tengah *box*, perubahan kadar air tidak sebesar bagian pinggir, sehingga pengembangan yang terjadi dibagian tengah lebih kecil dari bagian pinggir. Akibatnya perpindahan vertikal bagian pinggir lebih besar daripada bagian

tengah. Pada akhir pembasahan diketahui bahwa dengan adanya pemasangan tiang panjang 20 cm dan spasi 20 cm dapat mereduksi perpindahan vertikal di pinggir pelat sebesar 23,52% dibanding pelat tanpa tiang, dengan pemasangan tiang 20 cm dengan spasi 10 cm, reduksi perpindahan vertikal yaitu sebesar 50,39%.

Puri et al. (2015), “Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Dasar Lempung Lunak”. Pada penelitian ini digunakan sebagai perkerasan jalan. Dikaji perilaku sistem pelat terpaku pada tanah lempung lunak akibat pembebanan, sehingga diketahui bagaimana kontribusi tiang-tiang dalam meningkatkan kekakuan sistem. Pelat terpaku skala model dan skala penuh memperlihatkan perilaku lendutan yang berbentuk mangkok. Hal ini menandakan bahwa semua tiang mampu memberi respon yang sama dalam 3D. Pelat terpaku memiliki kemampuan yang besar dalam memikul beban. Terbukti dari tebal pelat 15 cm beban sentris 160 kN memberikan respon lendutan yang masih elastik linier. Tiang-tiang pada pelat terpaku memobilisasi kapasitas daya dukung tekan dan juga berfungsi sebagai angkur mencegah pelat terjungkit pada bagian yang menerima jungkitan. Sistem ini mempunyai ketahanan tinggi terhadap vibrasi, dimana tiang-tiang memberikan respon yang baik, hal ini dapat dilihat pada saat setiap repetisi beban dikembalikan ke nol maka defleksi semua titik cenderung ke nol lagi. Pola lendutan hasil numerik 3D *plate bending* dan momen maksimum pelat bersesuaian dengan momen nominal penampang dan pengamatan lapangan menunjukkan bahwa pelat dalam keadaan aman, tidak terjadi adanya keretakan ataupun keruntuhan. Momen maksimum Plaxis 3D *over estimated* adalah 12,62%..

Syarif et al. (2017),” Studi Karakteristik Fondasi Pelat Tipis Dengan Pengaku Tiang “+” Pada Tanah Granuler Melalui Uji Eksperimen Dan Analisis Pemodelan Menggunakan Software *Abaqus*”. Pada penelitian ini digunakan sebagai perkerasan jalan. Hasil dari penelitian menyatakan bahwa jarak antar tiang mampu memberikan kontribusi yang cukup signifikan dalam mereduksi penurunan yang terjadi pada fondasi ketika diberi beban maksimum 20 kN. Pada pembebanan di pusat fondasi: fondasi 1 terjadi penurunan sebesar 7,48 mm,

fondasi 2 terjadi penurunan sebesar 12,22 mm dan fondasi 3 mengalami penurunan sebesar 10,29 mm. Pada pembebanan eksentris 1 ($e_x = 0$ cm dan $e_y = 15$ cm): fondasi 1 terjadi penurunan sebesar 6,96 mm, fondasi 2 terjadi penurunan sebesar 13,63 mm dan fondasi 3 mengalami penurunan sebesar 10,12 mm. Pada pembebanan eksentris 2 ($e_x = 15$ cm dan $e_y = 0$ cm) : fondasi 1 terjadi mengalami penurunan sebesar 7,41 mm, fondasi 2 terjadi penurunan sebesar 15,72 mm dan fondasi 3 mengalami penurunan sebesar 9,79 mm. Sedangkan pada pembebanan eksentris 3 ($e_x = 15$ cm dan $e_y = 15$ cm): fondasi 1 terjadi penurunan sebesar 8,8 mm, fondasi 2 mengalami penurunan sebesar 16,52 mm dan fondasi 3 mengalami penurunan sebesar 10,93 mm. Penurunan pada fondasi juga akan lebih kecil jika panjang tiang yang digunakan lebih panjang, hal ini terlihat dari fondasi 3 yang memiliki panjang tiang 20 cm penurunannya lebih kecil daripada fondasi 2 yang memiliki panjang tiang 10 cm.

Waruwu et al. (2018), “Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut”. Hasil penelitian ini menunjukkan hasil uji beban timbunan pada pelat beton tanpa tiang dan dengan tiang yang dibedakan berdasarkan panjang tiang. Dari hasil uji coba kuat tekan bebas, nilai kuat tekan yang didapat sebesar (q_u) = 11,78 kPa, dan dengan nilai kuat geser *undrained* (c_u) = 5,89 kPa. Untuk tanah gambut yang digunakan pada penelitian ini dikategorikan kedalam tanah sangat lunak. Beban timbunan dilakukan secara bertahap dengan tahapan pertama menghasilkan tekanan sebesar 4,08 kPa, pada tahapan kedua tekanan total sebesar 8,16 kPa, tahapan ketiga dengan tekanan total sebesar 12,25 kPa, dan tahapan keempat menghasilkan tekanan total sebesar 16,33 kPa. Rasio nilai kuat geser *undrained* dengan tekanan timbunan didapatkan sebesar $c_u/\sigma_{\text{timbunan}1} = 1,44$ untuk tahapan pertama, $c_u/\sigma_{\text{timbunan}2} = 0,72$ untuk tahapan kedua, $c_u/\sigma_{\text{timbunan}3} = 0,48$ untuk tahapan ketiga, dan $c_u/\sigma_{\text{timbunan}4} = 0,36$ untuk tahapan keempat. Panjang tiang yang digunakan terdiri dari tiang dengan panjang $L = 15$ cm dan $L = 35$ cm, sementara ikatan tiang dengan pelat dibedakan tiang monolit dan tidak monolit dengan pelat. Rerata reduksi tiang monolit terhadap tiang tidak monolit sebesar 9,24% untuk tiang jarak 15 cm dan 14,87% untuk tiang jarak 10 cm.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka yang di paparkan di atas maka penelitian tugas akhir ini memiliki kesamaan judul-judul penelitian terdahulu tetapi memiliki perbedaan pada penelitiannya seperti metode yang digunakan, jenis tanah, lokasi penelitian dan lain-lain. Oleh karena itu dilakukan penelitian pada kasus ini karena ingin melakukan penelitian seperti yang telah disebutkan diatas. Berikut perbedaan penelitian ini dengan peneliti terdahulu yang disajikan dalam bentuk tabel yang ditampilkan pada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Perbandingan peneliti terdahulu dengan penelitian ini.

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
Diana (2013)	Perilaku Model Sistem Pelat Terpaku (<i>Nailed Slab</i>) Terhadap Pengembangan Pada Tanah Dasar Ekspansif	Dari hasil pengamatan, diketahui sampai waktu 312 jam, terlihat perpindahan vertikal di pinggir pelat masih cukup signifikan. Terjadi perubahan kadar air tanah dalam box pengujian , yang semula 15%, setelah proses pembasahan selama 312 jam bertambah menjadi 52,16% dibagian pinggir dan 21,94% dibagian tengah box.	Penelitian penulis dilakukan pada tanah gambut sekitar 458 jam, sedangkan pada penelitian Diana dilakukan pada tanah ekspansif selama 312 jam.

<p>Puri et al. (2015)</p>	<p>Perilaku Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Lunak</p>	<p>Pada penelitian ini dikaji perilaku sistem pelat terpaku pada tanah lempung lunak akibat pembebanan, sehingga dapat diketahui bagaimana kontribusi tiang-tiang dalam meningkatkan kekakuan sistem. Pelat Terpaku mempunyai kekakuan yang besar dalam memikul beban. Untuk tebal pelat 15 cm, terbukti hingga beban sentris 160 kN memberikan respon lendutan yang masih elastik-linier.</p>	<p>Penelitian yang dilakukan penulis pada tanah gambut kemudian tebal pelat terpaku yaitu 20 cm sedangkan pada Puri et al. pada tanah lempung lunak dan tebal peklat 15cm</p>
<p>Syarif et al. (2017)</p>	<p>Studi Karakteristik Fondasi Pelat Tipis Dengan Pengaku Tiang “+” Pada Tanah Granuler Melalui Uji Eksperimen Dan Analisis Pemodelan Menggunakan</p>	<p>Hasil dari penelitian menyatakan bahwa jarak antar tiang memberikan kontribusi yang cukup signifikan dalam mereduksi penurunan yang terjadi pada fondasi saat diberi beban maksimum 20 kN. Penurunan pada fondasi juga akan lebih kecil jika panjang tiang yang</p>	<p>Perbedaan penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan Syarif et al. yaitu pada model pelat dan tanah yang digunakan. Penulis menggunakan pelat terpaku dan tanah</p>

	Software <i>Abaqus</i>	digunakan lebih panjang hal ini terlihat dari fondasi 3 yang memiliki panjang tiang 20 cm penurunannya lebih kecil dari pada fondasi 2 yang panjang tiangnya 10 cm.	gambutsedangkan Syarif menggunakan pelat tipis dengan pengaku tiang”+” dan tanah granuler.
Waruwu et al. (2018)	Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut	Hasil penelitian memaparkan hasil uji beban timbunan pada pelat beton tanpa tiang dan dengan tiang yang dibedakan berdasarkan panjang. Panjang tiang yang digunakan terdiri dari tiang dengan panjang $L = 15$ cm dan $L = 35$ cm, sementara ikatan tiang dengan pelat dibedakan tiang monolit dan tidak monolit dengan pelat.	Penelitian penulis menggunakan pelat terpaku dengan panjang tiang 30 cm sedangkan pada Waruwu et al. mdnggunakan tiang dengan panjang 15 cm dan 35 cm.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Fondasi suatu bangunan sangat erat hubungannya dengan struktur dan kualitas tanah yang menjadi dasar bangunan, serta menentukan usia dan kestabilannya. Menurut Suyono Sosrodarsono (1984) tanah adalah partikel partikel mineral yang tersemam maupun yang relatif lepas sebagai hasil pelapukan dari batuan, dimana rongga pori antar partikel terisi oleh udara dan atau air. Karena pengaruh dari cuaca dan pengaruh lainnya, tanah mengalami pelapukan sehingga terjadilah perubahan pada ukuran dan bentuk butirannya.

3.2 Tanah Gambut

Gambut dalam bahasa asing memiliki banyak istilah, diantaranya yaitu *peat, mire, fen, moor*, atau *bog*. Gambut merupakan jenis tanah yang berasal dari sisa-sisa tumbuhan yang tertimbun kemudian membusuk secara alami biasanya berasal dari lahan-lahan yang basah, bersifat tidak mampat dan kurang terdekomposisi. Namun dalam hal ini, tidak semua timbunan bahan organik yang basah itu dapat dikategorikan gambut.

Menurut Andriesse (1992) tanah gambut adalah tanah organik (*organic soils*), tetapi tidak berarti juga bahwa tanah organik adalah tanah gambut. *Soil Survey Staff* (1988) menyebutkan bahwa tanah gambut pada umumnya berwarna coklat tua sampai kehitaman, walaupun bahan asalnya berwarna kelabu, coklat atau kemerah-merahan, tetapi setelah tanah gambut mengalami dekomposisi, maka akan muncul senyawa-senyawa humik yang berwarna gelap. Gambut sering dihubungkan dengan material-material alam yang mempunyai kompresibilitas yang tinggi. Material tersebut terdiri dari jaringan tumbuhan yang memiliki warna. Sekitar 60% lahan basah di dunia ini adalah gambut dan sekitar 7% dari lahan-lahan gambut itu telah dibuka dan dimanfaatkan untuk kepentingan

kehutanan ataupun pertanian. Tanah gambut juga dapat berubah menjadi sejenis batu bara setelah melewati periode waktu tertentu. Tanah gambut yang sudah mengalami perombakan secara sempurna bagian tumbuhan aslinya tidak dapat dikenali lagi dan kandungan mineralnya tinggi disebut tanah bergambut (*muck, mucky, peatymuck*).

Menurut Hardjowigeno (1986) dalam Agus dan Subiksa (2008) menyebutkan bahwa tanah gambut terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Karena proses dekomposisi terhambat oleh kondisi anaerob atau kondisi lingkungan lainnya dapat menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. Tanah gambut terbentuk dari bagian-bagian tumbuhan yang terhambat pembusukannya, biasanya terjadi di daerah atau lahan yang berawa, karena tingkat keasaman yang tinggi atau kondisi anaerob di perairan tersebut.

Dalam kunci taksonomi tanah (Soil Survey Staff 1999) gambut dikelaskan dalam Order Histosol. Taksonomi tanah ini membedakan antara tanah mineral dan tanah organik. Horizon-horizon yang kandungan bahan organiknya kurang dari sekitar 20-35 persen, berdasarkan berat, mempunyai sifat-sifat yang lebih mendekati sifat-sifat dari tanah mineral daripada tanah organik. Bahan tanah mineral dalam diameter kurang dari 2,0 mm dan memenuhi salah satu sifat berikut:

1. Jenuh air kurang dari 30 hari (kumulatif) setiap tahun dalam tahun-tahun normal, dan mengandung 20 persen (berdasarkan berat) karbon organik, atau
2. Jenuh air selama 30 hari atau lebih (kumulatif) dalam tahun-tahun normal (atau telah didrainase) dan tidak termasuk perakaran hidup, memiliki kandungan karbon organik (berdasarkan berat) sebesar:
 - a) Kurang dari 18 persen atau lebih, apabila fraksi mineralnya mengandung liat 60 persen atau lebih, atau

- b) Kurang dari 12 persen, bila fraksi mineralnya tidak mengandung liat, atau
- c) Kurang dari 12 persen ditambah (persentase liat x 0,1) persen, apabila fraksi mineralnya mengandung kurang dari 60 persen liat.

3.2.1 Sifat Fisik Tanah Gambut

Tanah gambut memiliki sifat-sifat fisik. Ada beberapa sifat fisik gambut yang penting untuk diketahui yaitu seperti kadar air, berat jenis, berat isi (*bulk density*), daya menahan atau menyangga beban (*bearing capacity*) rendah, dan penurunan permukaan tanah (*subsidence*). Berikut ini adalah beberapa sifat fisik tanah yang akan diuji :

1. Kadar air (w)

Besarnya kandungan air didalam tanah disebut kadar air (w). Menurut Pusat Litbang Prasarana Transportasi adapun nilai kadar air gambut berkisar antara 200 % hingga 900 %. Kadar air tanah gambut yang tinggi mengakibatkan tanah gambut menjadi lembek dan daya tahan terhadap bebannya menjadi rendah. Kadar air didapat dari hasil perbandingan antara berat air dengan berat tanah dalam persen (%), dinyatakan dalam Persamaan 3.1 berikut ini.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.1)$$

dimana :

w = kadar air (%),

W_w = berat air, dan

W_s = berat tanah.

2. Berat Spesifik

Berat spesifik tanah adalah nilai perbandingan antara berat butiran tanah dengan air diudara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu.

Perhitungan berat spesifik dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.2 dan acuan untuk berat spesifik tanah gambut dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini.

$$Gs(t) = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \quad (3.2)$$

dimana :

W1 = berat piknometer (gr),

W2 = berat piknometer + tanah (gr),

W3 = berat piknometer + tanah + air penuh (gr), dan

W4 = berat piknometer + air penuh.

Tabel 3. 1 Berat Jenis Tanah (Hardiyatmo, 2002)

Macam Tanah	Berat Jenis
Kerikil	2,65-2,68
Pasir	2,65-2,68
Lanau tak organic	2,62-2,68
Lempung organic	2,58-2,65
Lempung tak organic	2,68-2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25-1,80

3. Berat Volume

Berat volume merupakan pengujian yang dilakukan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah, berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total. Perhitungan berat volume dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.3

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V} \quad (3.3)$$

dimana :

W1 = berat ring kosong (gr),

W2 = berat ring + tanah basah (gr),

V = volume ring (cm³), dan

γ = berat volume (gr/ cm³).

4. Angka Pori

Nilai angka pori pada tanah gambut umumnya berkisar antara 5-15. Pada tanah gambut granular angka pori cukup kecil, sedangkan pada tanah gambut berserat angka porinya bisa jauh lebih besar. Karena memiliki angka pori yang cukup besar, maka berat volume dari tanah gambut menjadi sangat kecil. Perhitungan untuk mencari nilai angka pori dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.4 berikut ini.

$$\text{angka pori } (e) = \frac{G_s}{\gamma_d} - 1 \quad (3.4)$$

dimana :

e = angka pori,

G_s = berat jenis, dan

γ_d = berat isi kering (gram/cm³).

5. Pemasatan Tanah

Pemasatan tanah adalah proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antar partikel sehingga terjadi reduksi volume udara. Pengujian pemasatan tanah dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat volume serta memperbaiki tanah agar sesuai persyaratan kepadatan tanah. Proctor (1933) dalam Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Hubungan antara berat volume tanah kering, berat volume tanah basah serta kadar air dinyatakan dalam Persamaan 3.5 berikut ini :

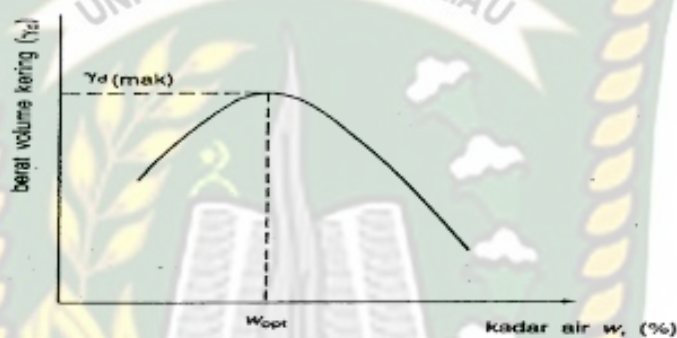
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \quad (3.5)$$

dengan :

w = kadar air (%),

γ = berat volume basah (kg/cm^3), dan

γ_d = berat volume tanah kering (kg/cm^3).



Gambar 3. 1 Kurva Hubungan Antara Kadar Air dan Berat Volume Kering (Hardiyatmo, 2002)

Tanah gambut bersifat mengering tidak balik artinya jika tanah gambut telah mengering (kadar air besar dari 100%) maka tanah gambut tidak akan mampu menyerap air jika dibasahi lagi (Agus dan Subiksa, 2008). Dalam tanah gambut hal utama yang harus diperhatikan adalah apabila tanah gambut diberi beban berlebih di atasnya, maka tanah gambut akan mengalami penurunan yang sangat besar, hal ini tentunya dipengaruhi oleh tebal dari lapisan tanah gambut sendiri, semakin tebal lapisan tanah gambut maka semakin tebal penurunan yang akan terjadi.

Tanah gambut memiliki kemampuan menyimpan dan menyerap air lebih besar dibandingkan dengan tanah mineral. Hal ini dikarenakan komposisi bahan organik yang ada pada tanah gambut. Kadar air yang tinggi pada tanah gambut mengakibatkan nilai dari berat volume menjadi rendah sehingga tanah gambut menjadi lembek dan daya tahan nya menjadi rendah.

3.2.2 Sifat Kimia Tanah Gambut

Tanah gambut mempunyai kandungan zat hara yang rendah mengandung berbagai macam asam-asam organik yang sebagian besarnya bersifat racun bagi tumbuhan. Karena faktor tersebutlah tanah gambut secara alamiah memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah. Asam-asam organik pada tanah gambut merupakan bagian dari tanah yang aktif dalam menentukan kemampuan tanah gambut dalam mempertahankan unsur haranya, sehingga sifat kimia pada tanah gambut dipengaruhi oleh karakteristik dari asam-asam organik.

3.2.3 Klasifikasi Tanah Gambut

Dalam ASTM D4427-92 (2002) diklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kandungan serat, kandungan abu (ASTM D2974), tingkat keasaman (ASTM D2976), tingkat absorsinya (ASTM D2980) dan tingkat humifikasinya (ASTM D5715) berdasarkan. Berikut ini klasifikasi tanah gambut berdasarkan kandungannya, yaitu:

1. *Fibric*, yaitu tanah gambut dengan kadar serat besar dari 67%,
2. *Hemic*, yaitu tanah gambut dengan kadar serat berkisar antara 33 % dan 67%
3. *Sapric*, yaitu tanah gambut dengan kadar serat kecil dari 33%.

Serat adalah material penyusun tanah gambut yang merupakan senyawa C, dapat berupa dalam bentuk lignin atau selulosa. Sedangkan untuk klasifikasi tanah gambut berdasarkan kandungan abunya, yaitu:

1. *Low ash*, yaitu tanah gambut dengan kadar abu kecil dari 5%,
2. *Medium ash*, yaitu tanah gambut dengan kadar abu antara 5% dan 15%,
3. *High ash*, yaitu tanah gambut dengan kadar abu besar dari 15%.

Sedangkan klasifikasi tanah gambut berdasarkan tingkat asamnya, yaitu:

1. *Highly acidic*, yaitu tanah gambut dengan pH kecil dari 4.5,
2. *Moderately acidic*, yaitu tanah gambut dengan pH antara 4.5-5.5,
3. *Slightly acidic*, yaitu tanah gambut dengan pH antara 5.5-7, dan

4. *Basic*, yaitu tanah gambut dengan pH besar dari 7.

Sedangkan klasifikasi tanah gambut berdasarkan tingkat absorpsinya, yaitu:

1. *Extremely absorbent*, ialah tanah gambut yang dapat menampung air besar dari 1500 persen (%).
2. *Higly absorbent*, ialah tanah gambut yang dapat menampung air 800 sampai 1500 persen (%).
3. *Moderately absorbent*, ialah tanah gambut yang dapat menampung air 300 sampai 800 persen (%).
4. *Slightly absorbent*, ialah tanah gambut yang dapat menampung air 300 persen (%).

Untuk tanah gambut berdasarkan lingkungan pembentukannya, dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Gambut ombrogen ialah tanah gambut yang terbentuk di lingkungan yang dipengaruhi oleh air hujan saja.
2. Gambut topogen ialah tanah gambut yang terbentuk pada lingkungan yang mendapat pengayaan air pasang. Dengan begitu tanah gambut topogen akan lebih kaya akan mineral dan lebih subur jika dibandingkan dengan gambut ombrogen.

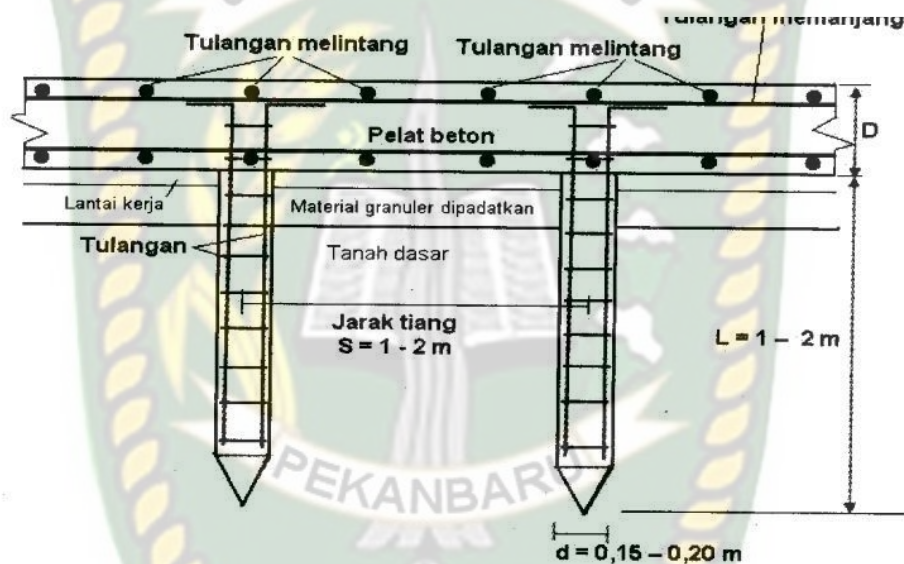
3.3 Sistem Pelat Terpaku

Sistem Pelat Terpaku atau dalam istilah dikenal *Nailed Slab System* yang diusulkan oleh Hardiyatmo merupakan perkerasan beton bertulang yang memiliki tebal berkisar antara 12-20 cm, didukung oleh tiang-tiang mini dengan panjang tiang antara 150-200 cm dan memiliki diameter tiang antara 15-20 cm. Tiang-tiang dan pelat dihubungkan dengan bantuan anyaman tulangan. Interaksi antara tiang dan pelat beton membuat perkerasan yang lebih kaku disekitarnya, yang lebih tahan terhadap perubahan atau deformasi tanah.

Menurut Puri (2018), dalam penelitiannya menyatakan bahwa tiang pipa baja berdiameter 20 cm dapat digunakan sebagai paku dalam perkerasan sistem

pelat terpaku, tetapi dengan dimensi yang lebih besar dibandingkan tiang beton masif.

Dalam rangka pengembangan Sistem Pelat Terpaku, telah dilakukan studi model laboratorium dan studi analitis (Hardiyatmo, 2008, 2009, 2011; Nasibu, 2009; Dewi, 2009; Taa, 2010; Puri, dkk., 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b). Berdasarkan hasil penelitian tersebut, menyatakan bahwa sistem pelat terpaku ini menjanjikan untuk aplikasi lapangan.



Gambar 3. 2 Tampang Sistem Pelat Terpaku dirancang untuk beban berat dan tanah dasar bermasalah (Hardiyatmo, 2011)

Dibandingkan dengan perkerasan model Cakar Ayam Modifikasi (CAM), pembangunan Sistem Pelat Terpaku dinilai lebih mudah karena pemasangan tiang pada pelat terpaku dapat dilakukan dengan menggunakan alat pancang atau alat bor ringan. Pelat terpaku juga memungkinkan digunakan pada jalan yang tanah dasarnya berpotensi kembang susut dan mengalami getaran yang kuat oleh beban lalu lintas berat.

Menurut Hardiyatmo (2009), hasil uji beban siklik pada pelat terpaku yang didukung oleh tiang-tiang menyatakan bahwa adanya reduksi penurunan yang

signifikan oleh pemasangan tiang-tiang yang memaku pelat ke tanah dasar. Pemasangan tiang monolit pada pelat beton dapat menaikkan modulus reaksi tanah dasar (k). Apabila tanah dasar mengalami penurunan yang tidak seragam (*differential settlement*), maka gerakan pada tanah dasar di sekitar tiang-tiang pada pelat terpaku akan mendapat perlawanan gesek tiang yang membuat beda penurunan menjadi lebih kecil ataupun ketidakrataan pada pelat akan terkendali.

Dasar pemikiran dari adanya fungsi tiang-tiang ini menurut Hardiyatmo dalam Sistem Pelat Terpaku sama seperti Cakar Ayam pada dasarnya. Sistem Pelat Terpaku merupakan suatu alternatif yang bisa digunakan untuk penyelesaian masalah mengenai pembangunan jalan di Indonesia yang memiliki tanah dasar yang tidak stabil. Ada beberapa manfaat dari penggunaan Sistem Pelat Terpaku diantaranya yaitu perancangan dapat didasarkan pada beban kendaraan maksimum yang diinginkan, dapat mendukung beban lalu lintas berat dengan volume yang tinggi. Adapun beberapa fungsi dari tiang-tiang pada Pelat Terpaku menurut Hardiyatmo (2011) :

1. Membuat daya dukung pada tanah dasar meningkat (meningkat kan koefisien reaksi subgrade), dengan adanya kenaikan kapasitas daya dukung pada tanah dasar akibat dukungan dari tiang-tiang pelat terpaku, maka akan mengurangi kebutuhan tebal perkerasan beton dan semakin memperkaku sistem perkerasan.
2. Membuat pelat beton tetap kontak dengan tanah baik pada lapis fondasi bawah atau pada tanah dasar dibawahnya, sehingga dapat mencegah timbulnya rongga-rongga dibawah pelat beton yang dapat mengurangi kekuatan dari struktur perkerasan. Dengan begitu kekuatan jangka panjang pada struktur lebih terjamin.
3. Penurunan tidak seragam (*differensial settlement*) yang terjadi membuat gerakan tanah dasar disekitar tiang-tiang mendapat perlawanan gesek tiang, sehingga beda penurunan menjadi kecil atau ketidakrataan pelat menjadi terkendalikan.

3.4 Metode Perancangan Sistem Pelat Terpaku

Ada dua cara perancangan Sistem Pelat Terpaku yang diusulkan oleh Hardiyatmo(2011) yaitu sebagai berikut:

1. Pada cara ini, tebal pada pelat beton didasarkan pada prosedur AASHTO (1993). Perancangan menggunakan metode AASHTO ini dapat dilakukan dengan cara yang sama dengan perancangan perkerasan kaku tipe bertulang kontinu dan tipe bertulang bersambungan. Perancangan menggunakan cara ini mengacu pada beban gandar standar yaitu 18 ton. Tulangan-tulangan pada pelat beton dalam cara ini dianggap hanya berfungsi untuk tulangan susut dan tiang-tiang berfungsi untuk menaikkan modulus reaksi tanah dasar (k).
2. Cara kedua, perancangan pelat beton sistem pelat terpaku dilakukan dengan cara yang lazim yaitu dilakukan perancangan pelat beton secara structural. Hitungan dilakukan dengan menggunakan metode BoEF (*Beam on Elastic Foundation*) atau dengan menggunakan metode elemen hingga (SAP 2000). Keuntungan menggunakan cara ini adalah besarnya beban gandar kendaraan rancangan bisa lebih besar daripada beban gandar AASTHO. Lendutan, gaya lintang, momen dan gaya geser pons dihitung, lalu dirancang tebal beton dan dimensi tulangan.

Hardiyatmo (2011) melakukan analisis mengenai kenaikan modulus reaksi tanah dasar akibat pengaruh tiang dengan mengkaji keseimbangan gaya-gaya yang bekerja pada pelat yang didukung oleh sebuah tiang. Adanya tambahan kekuatan oleh tanah tergantung pada tahanan tiang yang termobilisasi. Penentuan tiang yang termobilisasi relatif sulit hal ini dikarenakan tahanan gesek tiang tidak akan timbul jika ada gerakan antara tiang dengan tanah disekitarnya. Hardiyatmo (2010) telah melakukan penelitian uji beban pelat yang didukung tiang pada tanah lempung lunak. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa diameter pada pelat beban dan dimensi tiang berpengaruh besar dalam kenaikan modulus reaksi tanah dasar (k).

Penurunan pelat beban akan menjadi lebih besar daripada penurunan atau perpindahan antara tanah dan tiang karena ketika pelat turun, tanah disekitar tiang juga turun. Akan tetapi, turunnya tiang lebih besar jika dibandingkan dengan turunnya tanah disekitarnya. Hal ini terjadi dikarenakan penurunan relatif antara tanah dan tiang kecil, jadi tahanan gesek tiang belum sepenuhnya mencapai ultimit.

Untuk menghitung tahanan gesek yang termobilisasi Hardiyatmo (2011) mengusulkan persamaan-persamaan yang dikaitkan dengan besarnya perpindahan vertikal dari pelat ketika dibebani. Tahanan ujung dalam hitungan, dianggap tidak memberikan kontribusi pada tahanan tiang-tiang terhadap gaya-gaya kebawah karena tiang yang digunakan memiliki penampang yang kecil sekitar 20 cm dan untuk memobilisasi tahanan ujung tiang dibutuhkan perpindahan vertikal yang besar.

3.5 Keuntungan dan Kekurangan Penggunaan Sistem Pelat Terpaku

Adapun keuntungan dari penggunaan sistem pelat terpaku yaitu:

1. Sistem pelat terpaku dapat memberikan kekakuan tinggi yang kemudian membuat tahanan terhadap deformasi tanah dasar (penurunan tidak seragam dan getaran akibat kendaraan)
2. Sistem ini mampu mendukung berat lalu lintas dan volume tinggi.
3. Tiang-tiang pada pelat terpaku selalu menjaga agar pelat tetap dalam kontak baik dengan material yang ada dibawahnya, sehingga umur dari perkerasan semakin panjang.
4. Biaya pemeliharaan sangat kecil, sehingga dapat mengurangi biaya perawatan dikemudian hari.
5. Sistem pelat terpaku yang dibangun tanpa menggunakan sambungan-sambungan akan mengurangi biaya perawatan pada sambungan. Penetrasi air yang masuk ke dalam lapis fondasi ataupun tanah dasar sangat kecil karena tidak ada sambungan melintang dan retak yang terjadi selalu tertutup rapat oleh tulangan melintang dan juga memanjang.

6. Dapat menyelesaikan masalah yang ada pada perkerasan jalan di atas tanah dasar yang ekspansif (mudah mengembang).
7. Walaupun diawal biaya lebih tinggi dari perkerasan beton ataupun aspal sistem konvensional, tetapi biaya total selama masa pelayan lebih rendah.

Adapun beberapa kerugian dalam penggunaan sistem pelat terpaku jika dibandingkan dengan sistem perkerasan konvensional ialah:

1. Pembangunan memerlukan waktu yang relatif lebih lama.
2. Biaya pembangunan diawal lebih besar.

Pembangunan sistem pelat terpaku lebih mudah jika dibandingkan dengan Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM). Hal ini dikarenakan pemasangan tiang dapat dilakukan dengan menggunakan alat pancan atau alat bor ringan. Sistem pelat terpaku lebih cocok jika dibangun untuk perkerasan jalan pada daerah-daerah yang mengalami masalah pada tanah dasarnya karena biaya pembangunan lebih tinggi. Pada daerah-daerah yang tanahnya normal, makacukup dibangun dengan struktur perkerasan yang tahan lama dan sedikit biaya perawatannya. Sehingga apabila ditinjau dari harga pembangunan diawal memang lebih mahal. Namun, jika ditinjau terhadap biaya total struktur selama pelayanan, maka akan lebih murah.

3.6 Perbaikan Tanah

Tanah merupakan suatu bagian yang penting bagi kita ketika akan mendirikan suatu bangunan konstruksi. Tanah adalah tempat dimana fondasi suatu bangunan berpijak. Jika tanah yang akan digunakan untuk mendirikan suatu bangunan tidak memiliki daya dukung yang tinggi atau tanah yang labih, maka sekuat apapun konstruksi yang dibangun, tidak akan berguna karena akan hancur pada saat tanah mengalami perubahan yang bisa saja hal itu dikarenakan oleh gempa bumi ataupun adanya perubahan bentuk dari tanah itu sendiri.

Perbaikan tanah atau dalam istilah asing dikenal *soil improvement* merupakan upaya yang dilakukan untuk memperbaiki mutu atau karakteristik tanah yang bermutu rendah menjadi tanah yang memiliki karakteristik lebih layak

sehingga baik untuk digunakan dalam membangun konstruksi di atasnya. Prinsip dasar perbaikan tanah adalah memperbaiki atau mempertahankan kinerja tanah yang sesuai dengan syarat serta untuk menambah kekuatan (*strength*) dan mengontrol permeabilitas.

3.6.1 Tujuan Perbaikan Tanah

Adapun tujuan dari perbaikan tanah antara lain:

1. Meningkatkan daya dukung tanah
2. Meningkatkan kuat geser
3. Mereduksi atau memperkecil kompresibilitas
4. Mengontrol permeabilitas tanah dan memperkecil tekanan air pori
5. Mereduksi kerentanan terhadap likuifaksi .
6. Mengontrol kembang-susut (*shrinking* dan *swelling*)
7. Mencegah perubahan fisik dan kimia berkenaan dengan kondisi lingkungan.

3.6.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan metode perbaikan tanah

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan metode perbaikan tanah yaitu:

1. Tipe dan tingkat perbaikan yang dibutuhkan.
2. Biaya (*cost*)
3. Waktu konstruksi yang tersedia
4. Keberadaan alat dan material serta kualitas pekerjaan yang diperlukan
5. Tipe tanah, struktur geologi dan kondisi rembesan (*seepage*)
6. Ketahanan material yang diperbaiki, serta
7. Kemungkinan adanya kerusakan yang terjadi akibat struktur yang bersangkutan atau polusi dari air tanah.

3.6.3 Stabilisasi Tanah

Tanah gambut memiliki daya dukung yang rendah, sehingga menjadi salah satu masalah pembangunan perkerasan jalan yang sering dijumpai di lapangan, baik pada saat pembangunan maupun saat ketika jalan dioperasikan. Karena itu maka pada tanah dasar perlu dilakukan adanya penanganan lebih lanjut untuk memberikan landasan yang kuat sehingga mampu menopang beban yang ada di atasnya.

Stabilisasi tanah merupakan usaha yang dilakukan agar sifat-sifat teknis tanah dapat diperbaiki dengan cara mencampur tanah dengan bahan-bahan tertentu sehingga dapat memenuhi syarat teknis tertentu. Stabilisasi tanah dalam pembangunan jalan raya diartikan sebagai perbaikan material jalan lokal yang ada, dengan cara stabilisasi mekanis atau dengan cara menambahkan suatu bahan tambah (*additive*) kedalam tanah (Hardiyatmo, 2010). Stabilisasi akan memperbaiki kapasitas daya dukung tanah, sehingga dapat mengurangi tebal perkerasan. Adapun metode-metode stabilisasi yang dikenal adalah sebagai berikut:

1. Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi mekanis adalah salah satu metode untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan cara perbaikan struktur dan perbaikan sifat-sifat mekanis tanah. Tujuan stabilisasi ini adalah untuk mendapatkan tanah yang berdaya dukung baik. Metode ini biasanya digunakan pada tanah yang berbutir kasar dimana mempunyai fraksi tanah (lolos saringan no.200) paling besar 25%.

2. Stabilisasi Kimiawi

Stabilisasi secara kimiawi merupakan penambahan bahan kimiawi yang dapat memperbaiki sifat teknis tanah dengan cara mencampurkan tanah dengan bahan tambah. Bahan tambah (*addictives*) merupakan bahan tambah yang berasal dari hasil olahan dari pabrik yang apabila ditambahkan kedalam tanah dengan perbandingan yang tepat, maka dapat mengubah sifat-sifat yang kurang

menguntungkan dari tanah atau dapat memperbaiki sifat-sifat teknis tanah tersebut.

3.6.4 Klasifikasi Perbaikan Tanah

Adapun klasifikasi perbaikan tanah dapat dibedakan menjadi 4 yaitu:

a. *Mechanical modification*

Dalam teknik perbaikan ini mengupayakan agar kepadatan tanah meningkat dengan menggunakan gaya mekanis eksternal dan dalam jangka waktu yang singkat. Seperti misalnya penggunaan kompaksi dalam (*vibroflotation dan vibroreplacement*), penggunaan *roller*, teknik vibrasi.

b. *Physical and Chemical Modification*

Untuk perbaikan tanah dengan teknik ini yaitu menggunakan bahan tambah zat additif yang kemudian dicampurkan dengan material tanah sehingga terjadilah reaksi kimiawi yang akan mengarah pada terbentuknya material dengan komponen teknik yang lebih baik atau lebih layak. Contohnya misal pada penambahan kapur terhadap tanah ekspansif yang dapat mereduksi sifat kembang-susut (*shringking dan swelling*).

c. *Hydroulic modification*

Perbaikan tanah pada teknik ini dilakukan dengan mengeluarkan air pori yang ada dari dalam tanah melalui sumur atau drainase. Contohnya misal:

- a) Pada yang berbutir kasar, dilakukan dengan cara menurunkan muka air dengan memompa air keluar dari *borehole*.
- b) Sedangkan pada tanah yang berbutir halus (*clay*), dilakukan dengan cara memberikan beban awal (*preloading*).
- c) Melakukan pembuatan *impermeable barriers* (*sheet pile, dan geomembrane*).

d. *Modification by Inclusions and Confinement*

Perbaikan tanah dengan teknik ini serupa halnya dengan penyisipan tulangan baja pada mortar beton. Penyisipan material perkuatan (seperti: *steel mesh*, *steel bar*, *geosintetik*), akan membentuk material yang kuat terhadap kuat tarik dan kuat tekan. Fungsi perkuatan menggunakan sistem perbaikan tanah ini yaitu sebagai “*tensile member*”.

3.7 Pembebanan

Pembangunan merupakan faktor yang sangat penting dalam merancang suatu bangunan. Untuk itu perlu adanya identifikasi beban-beban yang bekerja pada sistem struktural. Beban yang bekerja pada struktur sangat bergantung pada jenis struktur. Berikut ini merupakan jenis-jenis beban yang secara umum bangunan dikatakan aman dan stabil apabila mampu menahan beban gravitasi (beban mati dan beban hidup) dan kombinasi pembebanan yang digunakan sebagai dasar acuan untuk perhitungan struktur.

1. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati ialah beban yang bekerja akibat adanya gravitasi yang bekerja pada posisinya yang secara menerus dengan arah kebumi tempat struktur didirikan. Contohnya misal yang termasuk beban mati adalah berat struktur sendiri serta beban yang terpasang seperti dinding, lantai, atap, tangga, plafon dan struktur lainnya.

2. Beban Hidup (*Live Load*)

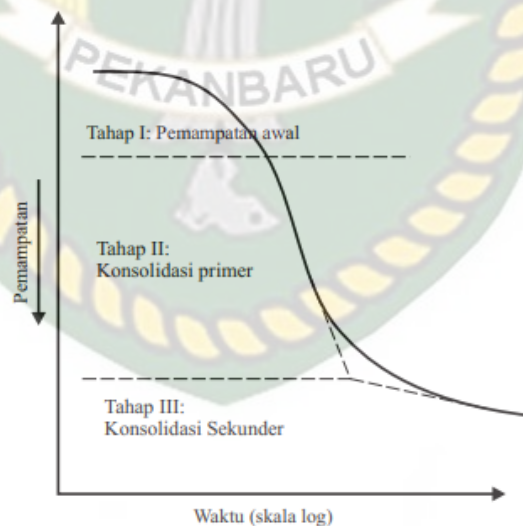
Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh penghuni atau penggunaan suatu gedung dan barang-barang yang dapat berpindah, mesin dan peralatan lainnya yang terjadi sepanjang waktu baik dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

3.8 Konsolidasi

Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh dengan permeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh hilangnya air pori yang keluar dari rongga tanah. Hal ini dapat menghasilkan bertambahnya daya dukung tanah. Namun, selama proses

ini biasanya memakan waktu yang cukup lama bahkan tahunan. Dikarenakan durasi yang terlalu lama, hal ini tentunya sangat tidak akan menguntungkan untuk melakukan kegiatan konstruksi. Apabila tetap dilakukan konstruksi sebelum konsolidasi terjadi, maka kemungkinan besar akan terjadi keruntuhan bangunan akibat proses konsolidasi. Secara umum, Das, Braja M (1985) menjelaskan bahwa penurunan pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibedakan menjadi 2 yaitu:

1. Penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*) yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keurnya air yang melompati pori-pori tanah.
2. Penurunan segera (*immediately settlement*), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Perhitungan segera umumnya didasarkan pada penurunan yang diturunkan dari teori elastisitas.



Gambar 3. 3 Grafik waktu-pemampatan selama konsolidasi untuk suatu penimbunan beban

Pada gambar grafik diatas menunjukkan bahwa, pada tahap pertama merupakan bagian dari kompresi awal yang disebabkan oleh pembebanan awal

dari benda uji. Pada tahap kedua, menunjukkan proses konsolidasi primer. Dan pada tahap ketiga merupakan konsolidasi skunder.

3.9 Penurunan

Tanah akan mengalami penurunan (*settlement*) jika lapisan tanahnya diberi beban. Penurunan konsolidasi merupakan perpindahan vertikal permukaan tanah sehubungan dengan perpindahan volume pada proses konsolidasi. Penjumlahan dari regangan yang ada pada seluruh kadalaman lapisan tanah, disebut penurunan total tanah (Hardiyatmo, 2010).

Menurut Leonard (1962) dalam Hardiyatmo (2010) menyatakan bahwa, bila tanah mengalami pembebanan dan kemudian berkonsolidasi, maka penurunan tersebut berlangsung dalam 3 fase, yaitu sebagai berikut:

1. Fase awal

Fase awal merupakan fase dimana penurunan terjadi segera setelah beban bekerja. Penurunan ini terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori-pori tanah.

2. Fase konsolidasi primer atau konsolidasi hidrodinamis

Pada fase ini, penurunan cenderung dipengaruhi oleh kecepatan aliran yang meninggalkan rongga pori tanah akibat dari tambahan tekanan. Proses konsolidasi primer sangat dipengaruhi oleh sifat tanah, yaitu angka pori, permeabilitas, kompresibilitas, bentuk geometri tanah termasuk tebal dari lapisannya, pengembangan arah horizontal dari zona mampat, dan batas lolos air, dimana air keluar menuju ke lapisan lolos air.

3. Fase konsolidasi sekunder

Fase ini merupakan lanjutan dari fase sebelumnya, dimana prosesnya berjalan sangat lambat. Untuk tanah anorganik penurunan konsolidasi skundernya jarang diperhitungkan, dikarenakan pengaruhnya sangat kecil. Kecuali, pada tanah

organik tinggi dan beberapa tanah lempung anorganik kemampuan mampatnya sangat mudah.

Ada beberapa penyebab terjadinya penurunan fondasi akibat pembebanan yang berkerja diatas tanah (Hardiyatmo, 2010), yaitu :

1. Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas daya dukung tanah.
2. Turunnya tanah akibat adanya perubahan angka pori.
3. Distorsi geser atau *shear distortion* dari tanah pendukungnya.
4. Terjadinya kerusakan atau defleksi yang besar pada fondasi.

3.10 Analisa Balik (*Back Analysis*) Dari Hasil Pengamatan

Prediksi kecepatan penurunan konsolidasi dari hitungan yang didasarkan pada parameter-parameter dari tanah hasil uji konsolidasi di laboratorium umumnya menghasilkan nilai lebih kecil. Kenyataanya , ada lapisan-lapisan tipis material lolos air, ketidakmenerusan dan sifat permeabilitas tanah yang anisotropik akan menghasilkan penurunan konsolidasi yang lebih cepat dari hasil hitungan. Selain itu, kemungkinan adanya kerusakan contoh benda uji di laboratorium juga menghasilkan parameter koefisien konsolidasi (C_v) tanah yang lebih kecil dibandingkan dengan yang ada di lapangan untuk menangani keterbatasan ini, maka kecepatan penurunan diprediksi dari data yang ada dari hasil pengamatan penurunan di lapangan seperti yang diusulkan asaoka (1978).

Metode asaoka adalah salah satu metode yang digunakan untuk memprediksi besarnya penurunan akhir (*final settlement*). Dengan metode ini besarnya penurunan tanah aktual dapat diprediksi tanpa membutuhkan parameter-parameter lain seperti data-data laboratorium, namun yang digunakan pada analisis konsolidasi ini yaitu hasil observasi atau pengamatan di lapangan, seperti data tekanan air pori, panjang drainase, regangan maksimum tanah dan koefisien konsolidasi. Metode ini akan menghasilkan kurva linier, bila tanah memenuhi

asumsi dari Terzaghi. Berikut adalah langkah-langkah prediksi penurunan menggunakan Metode Asaoka:

1. Gambar kurva hubungan penurunan terhadap waktu pengamatan, kemudian bagi bagian yang melengkung menjadi berupa jarak dengan besaran tegangan waktu yang sama (Δt), diperoleh waktu penurunan ($t_1, t_2, t_3, \dots, t_n, t_{n+1}$).
2. Tarik garis tegak lurus dari titik-titik waktu hingga berpotongan dengan kurva beban – penurunan yang ada sehingga diperoleh besarnya penurunan ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_n, S_{n+1}$)
3. Penurunan yang diperoleh dalam S_n diplot terhadap S_{n+1} dalam satu grafik.
4. Tarik garis lurus yang mewakili titik-titik penurunan (S_n vs S_{n+1}) tersebut sehingga berpotongan dengan garis 45° . Maka akan diperoleh hasil penurunan pada waktu yang tidak terhingga. Sudut β adalah sudut yang terbentuk oleh garis horisontal, besarnya sudut digunakan untuk menentukan koefisien konsolidasi arah vertikal (C_V).

Berikut ini cara untuk menentukan koefisien konsolidasi arah vertikal (C_V) yang dinyatakan dengan Persamaan 3.6 berikut ini.

$$C_V = - \frac{5 H_t \ln \beta}{12 \Delta t} \quad (3.6)$$

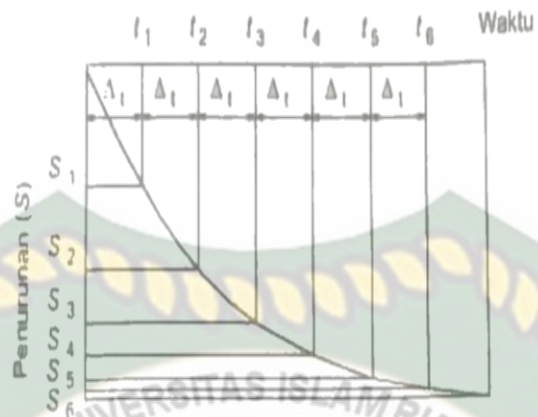
dengan :

C_V = koefisien konsolidasi arah vertikal

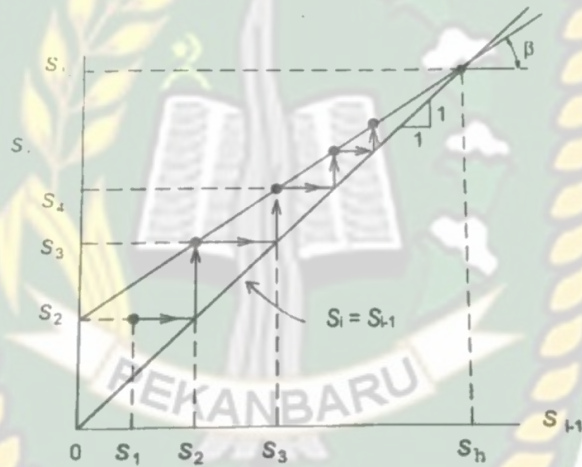
H_t = $H/2$ = lintasan drainase terpanjang (m)

β = sudut yang didefinisikan pada **Gambar 3.3** (radian)

Δt = interval waktu (hari)



(a) Kurva hubungan waktu - penurunan



(b) Kurva hubungan S_1 terhadap S_{t-1}

Gambar 3. 4 Metode Asaoka (1978)

Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB IV

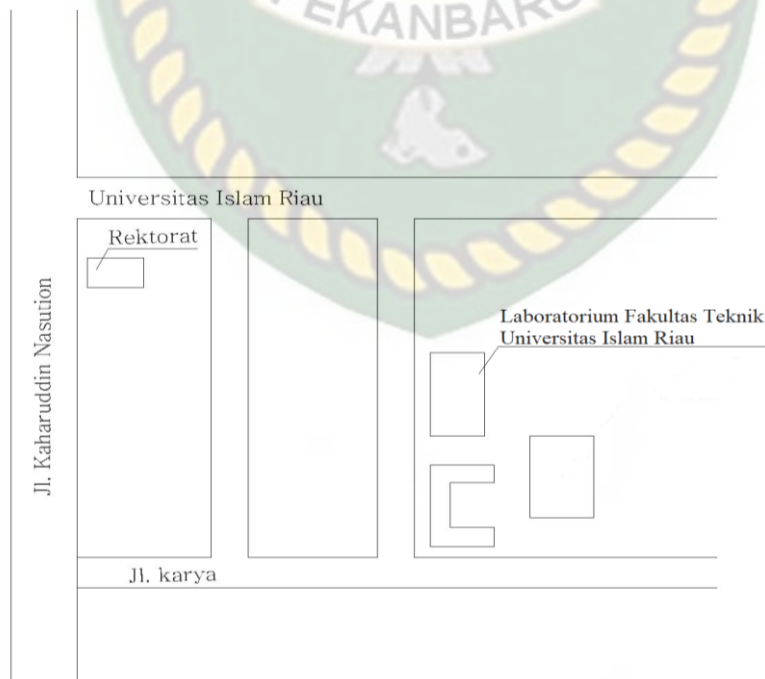
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Pada bab ini dijelaskan mengenai metode penelitian yang mencakup lokasi, bahan, alat, prosedur, analisis penelitian serta dua tahap pengujian yaitu pengujian pendahuluan yaitu uji sifat fisik dan mekanis tanah dan pengujian utama yaitu pengujian pelat model, hal ini dilakukan agar hasil yang didapat lebih terperinci dan mendetail.

4.2 Lokasi Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau yang berlokasi di jalan Kaharuddin Nasution No.113 Pekanbaru, Riau, dari awal hingga akhir penelitian.



Gambar 4. 1 Denah lokasi penelitian

4.3 Bahan Pengujian

Ada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Tanah yang di gunakan berupa tanah gambut homogen yang diambil di Langgam Kabupaten Pelalawan.
2. Model yang digunakan adalah model pelat pracetak. Untuk dimensi pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang sama yaitu 80 cm x 20 cm.
3. Model pelat polos pracetak dengan dimensi 75 cm x 25 cm.
4. Model beban dari besi hollow dengan ukuran 3 cm x 3 cm sepanjang lebar model pelat, diisi dengan campuran mortar menggunakan perbandingan 1:3 antara pasir dengan semen.

4.4 Peralatan Pengujian

Dalam penelitian ini tentunya ada alat bantu yang digunakan untuk penelitian. Peralatan yang digunakan pada pengujian disesuaikan dengan ketersediaan peralatan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

4.4.1 Peralatan untuk Uji Bahan

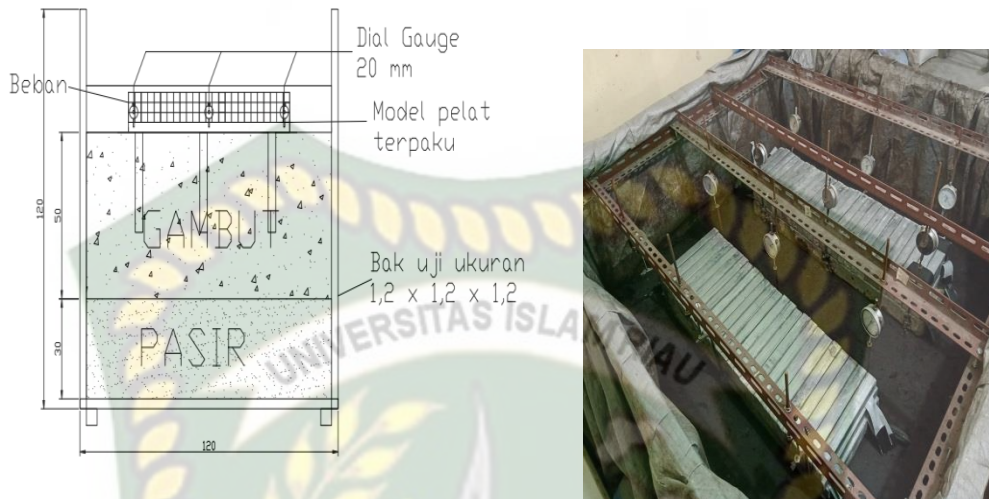
Peralatan-peralatan untuk uji sifat-sifat tanah:

- a) peralatan uji kadar air,
- b) peralatan uji berat spesifik,
- c) peralatan uji berat isi,
- d) peralatan uji pemadatan/*proctor*,
- e) alat-alat bantu seperti sendok, timbangan, wadah untuk tanah, *oven*, dan lain-lain.

4.4.2 Alat untuk Uji Model

1. Kotak (*box*) yang terbuat dari setebal 5 mm yang diperkaku dengan baja siku disudut dan sisi-sisinya dengan ukuran 120 cm x 120 cm x 120 cm. dapat dilihat pada gambar 4.2.
2. *Dial gauge*, dengan kapasitas 20 mm dengan ketelitian 0,01 mm

3. *Waterpass*, digunakan untuk mengukur kerataan permukaan tanah.



Gambar 4. 2 Sketsa dan Tampak Atas *Box* Pengujian

4.5 Model Percobaan dan Peralatan

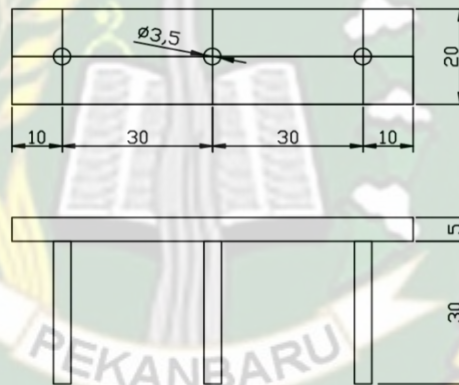
Model percobaan yang dipakai dalam penelitian ini seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 tentang skema alat uji pembebanan. Pada gambar tersebut material deposit tanah gambut di tempatkan pada kotak (*box*) yang terbuat dari pelat besi setebal 5 mm yang diperkaku dengan baja siku disudut dan sisi-sisinya dengan ukuran panjang = 120 cm, lebar = 120 cm dan tinggi =120 cm. Untuk bahan model pelat dilakukan dengan cara *trial*, dengan material pasir yang berasal dari Sungai Kampar dan semen PCC (*Portland Pozzolanis Cement*) dengan perbandingan berat antara 1 :3, dan 1 : 4 yang dicampur dengan air.

Sistem pelat terpaku dan pelat polos yang akan di uji berupa pelat beton pracetak. Pelat terpaku dengan tebal 5 cm dibuat dari mortar semen dengan tulangan dari kawat anyam 2 mm. Tiang-tiang dari beton dengan panjang 30 cm berdiameter 3,5 cm. Tiang-tiang dan pelat dari beton ini dihubungkan secara monolit dengan tulangan- tulangan. Dimensi yang digunakan pada pelat polos yaitu 75 cm x 25 cm sedangkan pada pelat terpaku 80 cm x 20 cm baik pada 3 tiang maupun 5 tiang Alat-alat yang digunakan untuk perancangan model pelat

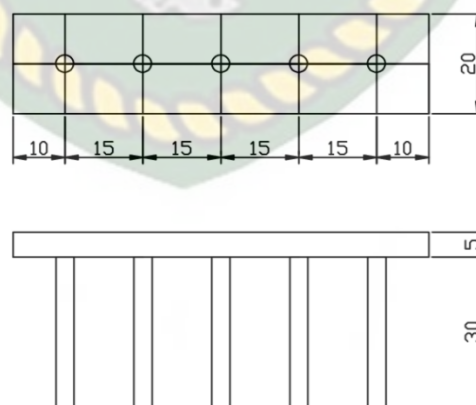
yaitu seperti *tang*, *bekisting* yang terbuat dari triplek, gergaji besi dan peralatan lainnya yang menunjang dalam pembuatan model percobaan. Model pelat terpaku dapat dilihat pada gambar 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 4. 3 Model pelat terpaku (Dokumentasi penelitian)



a) Skema model pelat terpaku 3 tiang



b) Skema model pelat terpaku 5 tiang

Gambar 4. 4 Skema Model Pelat Terpaku

4.6 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian ini jelaskan tahapan-tahapan yang harus dilakukan pada saat penelitian dari awal hingga akhir penelitian yaitu sebagai berikut:

A. Izin Penelitian dan Persiapan Alat dan Bahan

Izin penelitian dilakukan sebelum melakukan penelitian dengan meminta izin ke Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau. Kemudian tahap persiapan, segala sesuatu yang digunakan (alat dan bahan) harus dipersiapkan terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian. Alat dan bahan yang dibutuhkan seperti *box* pengujian, *dial gauge*, *waterpass*, tanah gambut, semen, pasir, air dan lainnya yang mendukung penelitian.

B. Perancangan Benda Uji

Perancangan benda uji yang dilakukan yaitu perancangan model pelat terpaku dengan 3 tiang maupun 5 tiang dengan ukuran 80 cm x 20 cm dan perancangan pelat polos 75 cm x 25 cm serta pembuatan beban untuk pembebanan yang terbuat dari besi *hollow* yang diisi dengan campuran mortar 1:3. Untuk perancangan model pelat, dimensinya menyesuaikan dengan luas *box* pengujian.

C. Pengujian Pendahuluan

Pada pengujian pendahuluan, yang pertama dilakukan yaitu pengujian untuk mendapatkan sifat-sifat fisis tanah. Pengujian ini bertujuan untuk mengecek kondisi tanah agar sesuai dengan kondisi tanah lapangan. Berikut pengujian-pengujian pendahuluan pada penelitian ini :

1. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-98), didapat dari persentase berat air terhadap berat tanah kering.
2. Berat Isi dan angka Pori, didapat nilai kepadatan serta perbandingan pori-pori dalam tanah. Lalu kondisi berat isi tanah asli yang diperoleh dari tanah lapangan digunakan sebagai acuan kepadatan pada *box* uji.

3. Pemeriksaan berat jenis (ASTM D 854-02), didapat berat spesifik tanah yang merupakan perbandingan berat butiran tanah terhadap berat air.
4. Uji sifat mekanis tanah dilakukan dengan Uji Pemadatan/*Proctor test* (ASTM D 698) untuk menentukan hubungan antara kadar air dan berat volume kering, kemudian didapatlah kadar air optimum dan kepadatan maksimum. Data tersebut digunakan sebagai pembanding terhadap kepadatan tanah dalam pengujian.

D. Pengujian Utama

Pengujian pelat model adalah pengujian utama yang dilakukan setelah pengujian pendahuluan. Pengujian dilakukan pada pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang dengan ukuran yang sama yaitu 80 cm x 20 cm. Kemudian pengujian pelat polos dengan ukuran 75cm x 25 cm. Pembacaan penurunan dilakukan setelah beban diletakkan. Beban yang ada di sejajarkan kemudian direkatkan dengan menggunakan lakban. Sebelum memasukkan beban kedalam kotak pengujian terlebih dahulu setel *dial gauge* ke angka nol, lalu angkatlah beban tahap ke-1 dan masukkan kedalam kotak pengujian tepat diatas pelat model. Amati penurunannya dan lakukan hingga beban tahap ke-3.

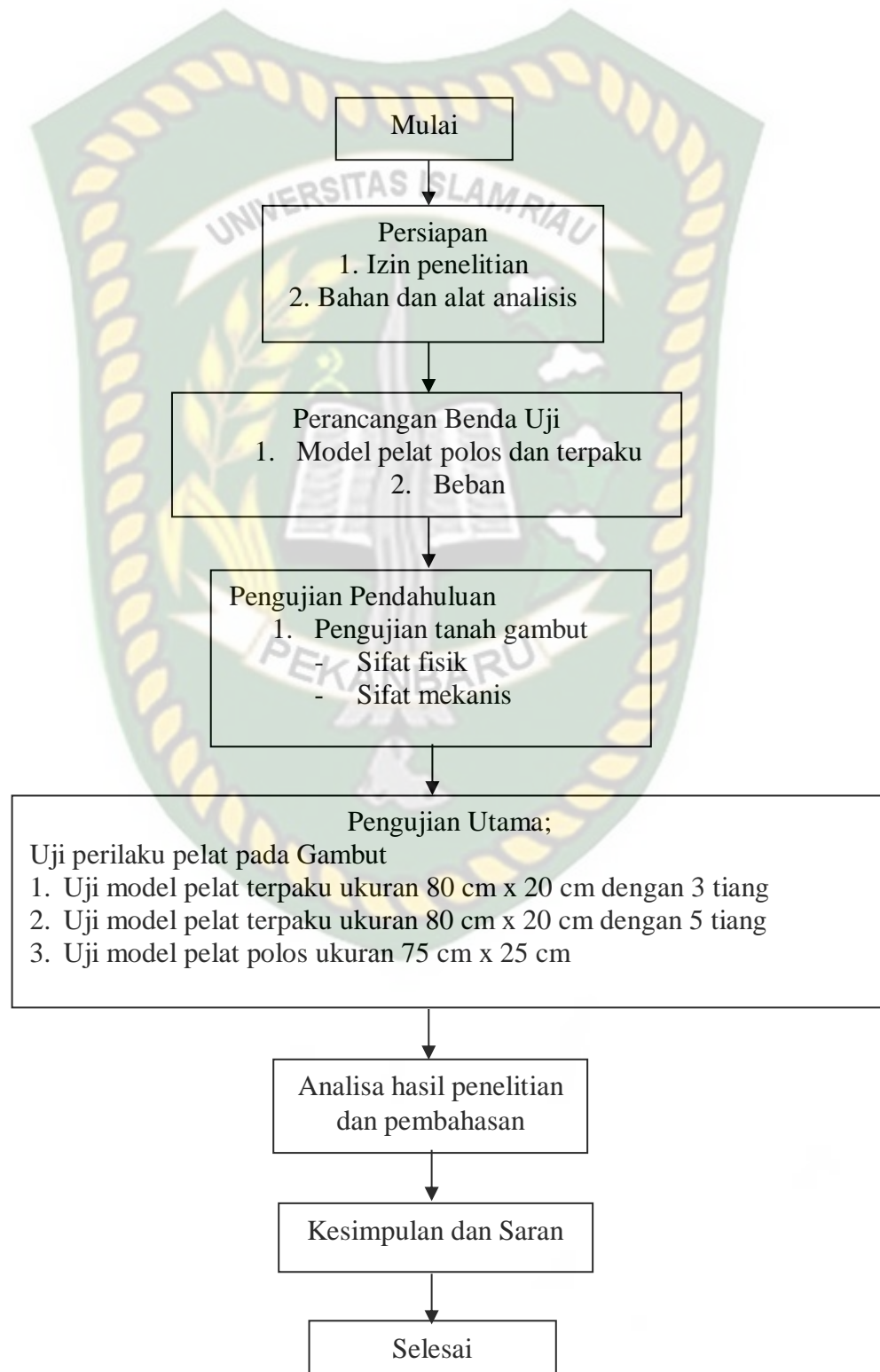
E. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang didapatkan yaitu dari penelitian pendahuluan yang mencakup uji kadar air, angka pori, berat jenis dan hasil pengujian utama yang didapatkan dari pengujian model pelat polos dan pelat terpaku dengan 3 tiang maupun 5 tiang .

F. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka didapatlah kesimpulan sesuai dengan tujuan penelitian. Setelah itu memberikan saran terkait dengan penelitian yang telah dilakukan.

Dari tahapan-tahapan yang telah diuraikan diatas, maka dapat rangkum dalam bentuk bagan alir. Bagan alir berfungsi sebagai alur dalam penelitian, proses ini digambarkan seperti *flowchart* pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Bagan Alir Penelitian

4.7 Prosedur Pengujian

Pada prosedur pengujian ini ada dua pengujian yang dilakukan yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian utama.

4.7.1 Pengujian Pendahuluan

Pada bagian pengujian material tanah gambut dilakukan dengan mengambil sampel tanah gambut yang telah tersedia atau yang akan digunakan sesuai keperluan pengujian, dengan penelitian yang dilakukan terdiri dari :

1. Pengujian sifat fisik tanah gambut ataupun index properties tanah gambut yang meliputi pengujian kadar air (ASTM D 2216-98), Berat Isi dan angka Pori, Pemeriksaan berat jenis (ASTM D 854-02). Kondisi berat isi tanah asli yang diperoleh dilapangan di gunakan sebagai acuan kepadatan pada box uji.
2. Uji sifat mekanis tanah dilakukan dengan uji pemadatan/*proctor test* di Laboratorium (ASTM D 698).

4.7.2 Pengujian Utama

Pengujian pelat model merupakan pengujian utama dilakukan setelah semua pengujian pendahuluan untuk mengetahui properties dari tanah gambut diketahui.

- a. Penentuan dimensi model

Asumsi ukuran struktur di lapangan dan model dalam pengujian seperti dengan skala geometri 1 : 5 menyesuaikan dengan *box* pengujian yang ada di Laboratorium dan diperkuat dengan usulan Hardiyatmo.

- b. Lapisan Pasir

Pasir di masukkan ke dalam *box* pengujian hingga ketinggian mencapai 30 cm, diaplikasikan sebagai pasir padat lapangan. Pasir dimasukkan kedalam *box* pengujian secara bertahap yaitu sebanyak 3 tahapan yang dilakukan peneliti. Pasir yang telah disediakan dimasukkan kedalam *box* uji kemudian

diratakan menggunakan papan yang lurus. Setelah diratakan kemudian dipadatkan menggunakan balok kayu. Begitu seterusnya hingga tahap pelapisan pasir ke-3 sampai tinggi pasir mencapai 30 cm. Setelah itu bagian atas pasir dilapisi terpal kedap air sebagai pemisah dengan tanah gambut.

c. Penyesuaian Kondisi Tanah

Tanah gambut terlebih dahulu dicek kadar airnya, setelah itu ditimbang dan diamparkan dalam sebuah wadah, lalu ditambahkan air dan diaduk di wadah tersebut. Setelah itu tanah kemudian dimasukkan kedalam *box* uji dan didiamkan hingga tanah tidak lagi mengalami pemadatan. Tanah dalam *box* uji kemudian diukur kerataannya menggunakan *waterpass*.

d. Uji Pembebanan

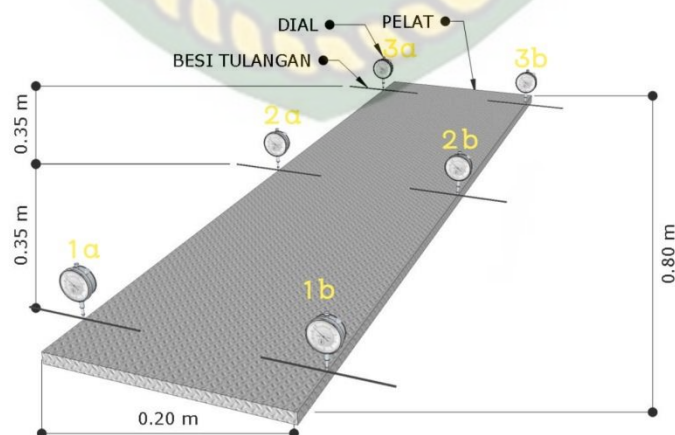
Uji Pembebanan merupakan pengujian utama yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengamati dan menganalisa perilaku pelat beton yang didukung oleh tiang-tiang dengan memberikan beban merata. Pada kasus ini beban di berikan secara bertahap sebanyak 3 tahapan karena kondisi tanah tidak mampu menerima beban sekaligus dan untuk mencapai konsolidasi optimum. Beban sendiri terbuat besi hollow yang diisi dengan campuran mortar menggunakan perbandingan 1:3. Beban disusun sesuai dengan panjang pelat, lalu beban direkatkan dengan selotip agar beban menyatu dan memudahkan untuk meletakkan beban di atas pelat pengujian. Pembacaan penurunan tiap tahapan dihentikan ketika bacaan penurunan mendekati konstan yaitu dibawah 0,2 mm.



Gambar 4. 6 Pengujian model pelat

e. Pembacaan Penurunan

Nilai penurunan didapat dari pembacaan *dial*. Sebanyak 6 buah *dial* diletakkan ditepi pelat di atas besi yang direkatkan di pelat model pengujian. Kemudian *dial* tersebut dibagi menjadi dua, a (kiri) dan b (kanan), maka ada *dial* 1a, 1b, 2a, 2b, 3a dan 3b. Untuk pembacaan penurunan pada tengah bentang dilakukan pembacaan pada dial 2a dan 2b, sedangkan untuk tepi pelat dilakukan pembacaan pada dial 1a, 1b, 3a, dan 3b yang kemudian nilai a dan b dicari reratanya untuk menentukan nilai tengah penurunan. Nantinya nilai tengah inilah yang akan digunakan sebagai nilai penurunan baik pada dial 1, 2 dan 3. Berikut sketsa letak *dial* pada pelat pengujian.



Gambar 4. 7 Sketsa letak *dial gauge*



Gambar 4. 8 Tampak atas letak *dial gauge*

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Pengujian dilakukan di laboratorium Universitas Islam Riau. Hasil penelitian berupa pengujian pendahuluan yaitu karakteristik sifat-sifat fisik tanah gambut dan sifat-sifat mekanik tanah gambut, serta pengujian utama lendutan yang dihasilkan pada pengujian sistem pelat terpaku berdasarkan jumlah tiang serta perbandingan lendutannya dengan pelat polos.

5.2 Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan adalah pengujian yang dilakukan sebelum prosedur pengujian model pelat dilakukan, pengujian ini dilakukan terhadap tanah yang digunakan sebagai media pengujian yaitu gambut. Beberapa pengujian yang dilakukan yang meliputi pengujian kadar air tanah asli, berat spesifik (Gs), pengujian pemadatan/*proctor*.

5.2.1 Kadar Air Tanah Asli

Prosedur pengujian kadar air yang dilakukan sesuai dengan prosedur pada ASTM D2216. Dari pengujian kadar air yang dilakukan pada tanah asli di dapatkan nilai kadar air sebesar 351,1%, dapat dilihat pad lampiran A-1. Tingginya kadar air ini disebabkan karena tanah asli terdiri dari kandungan serat organik (gambut) yang dapat menyerap air sangat banyak, menurut Pusat Litbang Prasarana Transportasi adapun nilai kadar air gambut berkisar antara 200 % hingga 900 % .

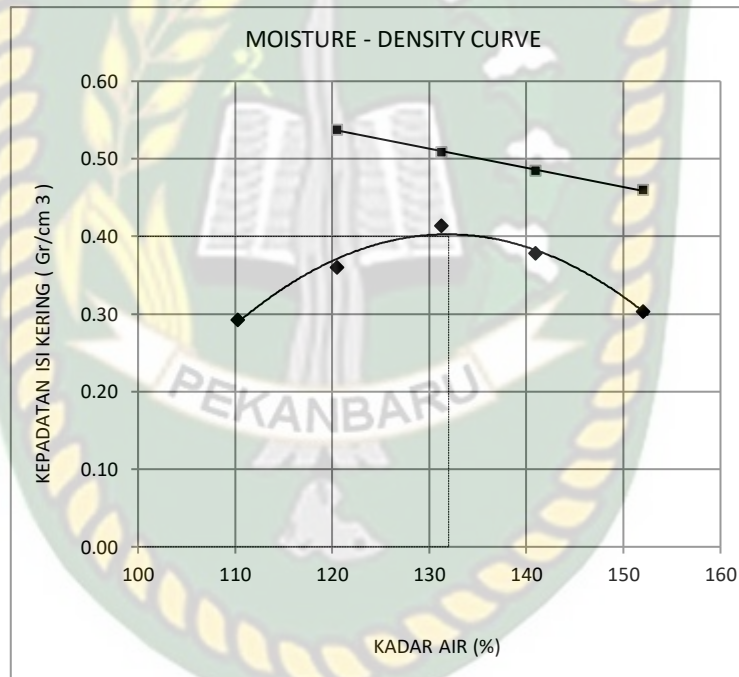
5.2.2 Berat Spesifik (Gs)

Prosedur pengujian Berat Spesifik (*Specific Gravity*) yang dilakukan sesuai dengan ASTM D 854. Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap tanah asli,

nilai berat spesifik (G_s) tanah yang yang digunakan adalah sebesar 1,53, dapat dilihat pada lampiran A-3. Nilai berat spesifik (G_s) terpengaruh dari serat-serat kayu dan organik lainnya.

5.2.3 Pengujian Pemadatan

Pengujian pemadatan dilakukan dengan cara proctor standar sesuai dengan prosedur standar ASTM D 698. Dari hasil pengujian pemadatan didapatkan nilai berat isi kering maksimum ($\gamma_d maks$) tanah asli sebesar $0,40 \text{ gr/cm}^3$ dan kadar air optimum (OMC) tanah asli sebesar 132 %, dapat dilihat pada lampiran A-4. Grafik pengujian pemadatan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Grafik Pengujian Pemadatan dengan Proctor Standar (Hasil Penelitian)

Tingginya nilai kadar air optimum (OMC) disebabkan besarnya pori-pori tanah karena tanah terdiri dari serat-serat tumbuhan (organik) menyebabkan tanah menyerap banyak air untuk mencapai kepadatan yang optimum. Kadar air optimum (OMC) yang didapat dari pengujian pemadatan pada tanah asli ini dijadikan pembanding terhadap kondisi tanah yang digunakan pada pengujian permodelan.

5.2.4 Sifat-sifat Tanah Gambut

Bahan tanah gambut pada penelitian ini menggunakan tanah gambut yang diambil dari daerah Langgam Provinsi Riau dengan sifat-sifat seperti yang dapat dilihat pada table 5.1.

Tabel 5. 1 Sifat-sifat Tanah Gambut (Hasil Penelitian)

No	Sifat-sifat	Besaran	Satuan
1	Berat Spesifik, G_s	1,53	-
2	Kadar air, w	344	%
3	Berat volume basah, γ	1,43	kN/m^3
4	Berat volume kering, γ_d	0,323	kN/m^3
5	Berat Isi Kering Maksimum (γ_d maks)	1.40	Gr/cm^3
6	Kadar Air optimum (OMC)	132	%

5.3 Hasil Uji Pelat Permodelan

Pada penelitian ini dilakukan uji dua model pelat yaitu pelat polos dan pelat terpaku. Pada pelat terpaku terdiri dari 3 tiang dan 5 tiang. Pengujian model pelat dilakukan pada kondisi yang sama, sehingga ditemukan perbandingan lendutan diantara pelat yang ada. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban sebanyak tiga tahapan, dilakukan pembacaan penurunan setiap 24 jam hingga penurunan mulai konstan. Berat beban disesuaikan dengan berat tanah timbunan yaitu 1,6 -1,8 ton/m^3 (Hardiyatmo, 2001). Pada pengujian pelat ini, berat beban tiap tahapan untuk pelat polos dan terpaku yaitu, tahap pertama 10.492,9 gram, tahap kedua 11.268,7 gram, dan tahap ketiga 11.125,7 gram.

Kondisi tanah pada saat uji permodelan disesuaikan dengan kondisi tanah yang diambil dari lapangan. Sebelum pengujian pelat model, maka terlebih dahulu dilakukan pengujian kadar air dan kepadatan tanah. Kadar air tanah yang didapat untuk uji permodelan ini adalah 344 %, serta kepadatan (berat isi) tanah yang didapat adalah 1,43 kN/m^3 .

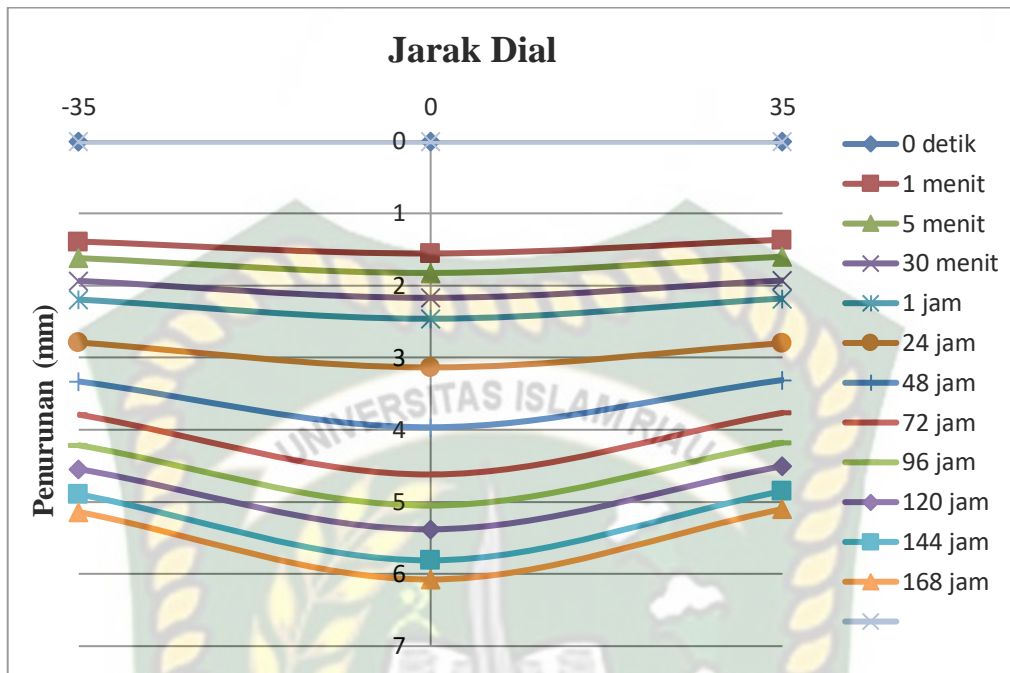


Gambar 5. 2 Uji penelitian model pelat terpaku (Dokumentasi Penelitian)

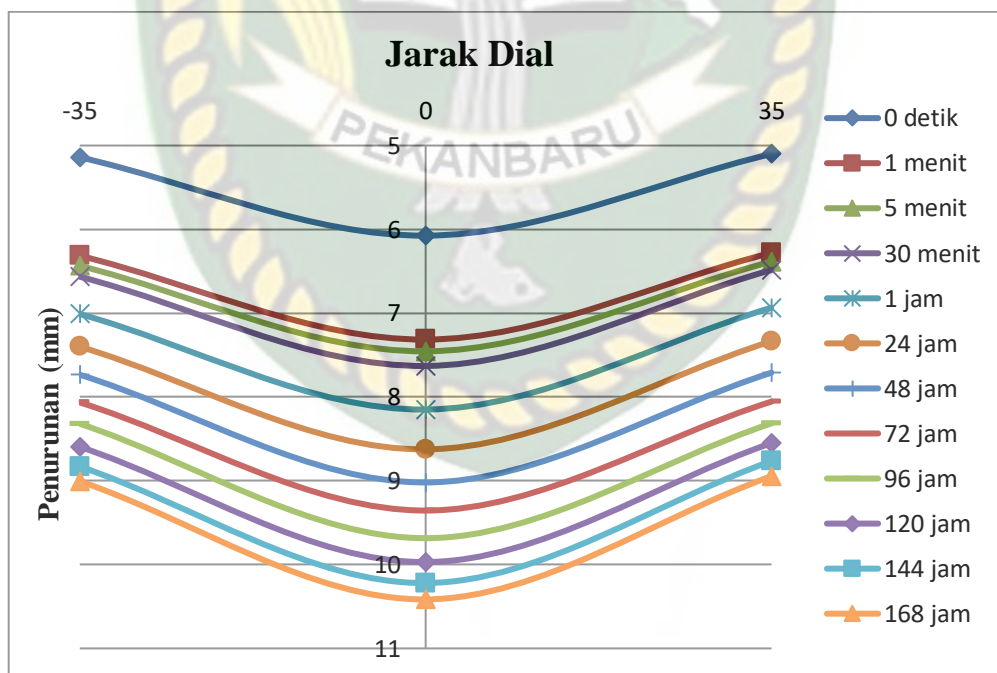
Pada gambar 5.2 merupakan pengujian utama permodelan pelat, pembebanan dilakukan sebanyak 3 tahapan. Dengan tiap tahapan dilakukan pembacaan hingga penurunan mendekati angka konstan yaitu 0,2 mm. Pembacaan dilakukan dengan cara meletakkan dial pada tepi pelat sebanyak 6 buah yang dikaitkan pada besi yang telah di lekatkan terlebih dahulu pada pelat model.

5.3.1 Lendutan Pelat Polos

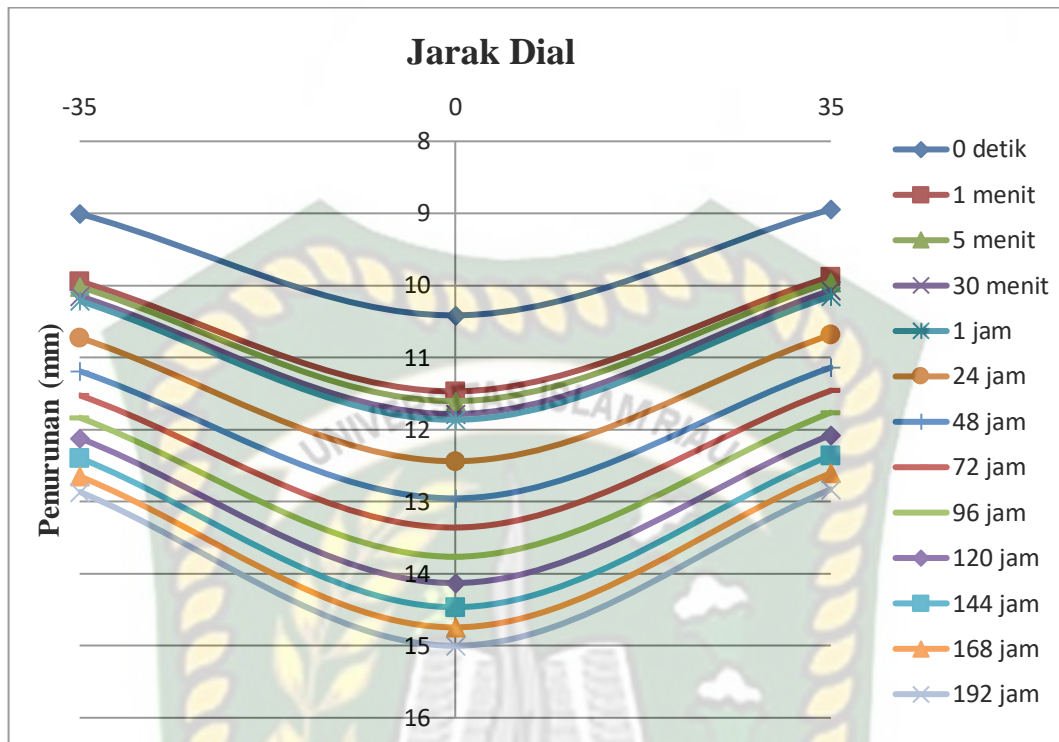
Pengujian ini dilakukan dengan 3 tahapan beban. Berat beban tahap pertama yaitu 10.492,9 gram, tahap kedua 11.268,7 gram, dan tahap ketiga 11.125,7 gram. Beban tahap pertama diletakkan hingga penurunan menunjukkan angka konstan yaitu 0,2 mm atau selama 7 hari. Kemudian diletakkan beban tahap kedua dan setelah itu beban tahap ketiga. Berikut grafik hasil pembacaan tahapan pembeban pada pelat polos.



(a) Penurunan akibat beban tahap pertama



(b) Penurunan akibat beban tahap kedua



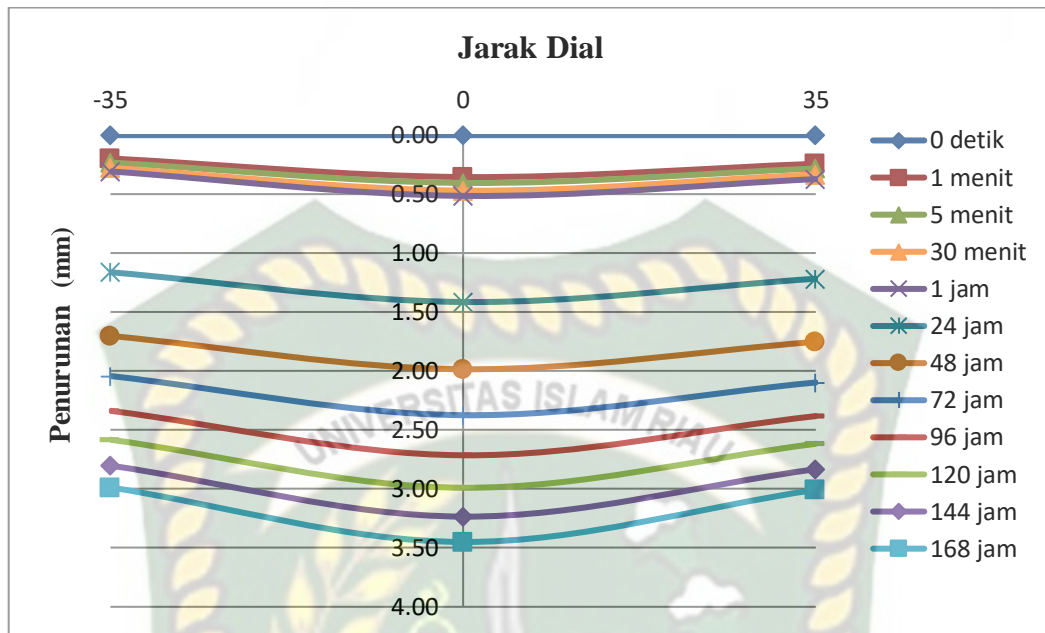
(c) Penurunan akibat beban tahap ketiga

Gambar 5. 3 Grafik penurunan pelat polos tahap ke-1, tahap ke-2 dan tahap ke-3

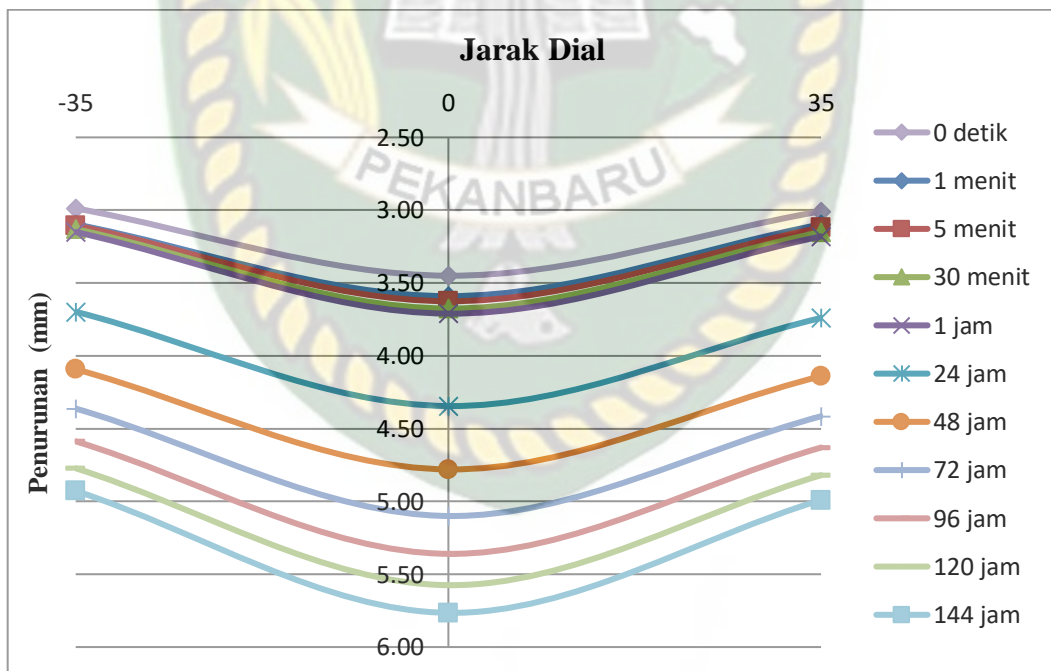
Pada Gambar 5.3 menunjukkan perilaku lendutan pada pelat polos. Setelah pemberian beban secara bertahap yaitu 3 tahapan, penurunan tertinggi yang terjadi pada dial 1 yaitu 12,87 mm, pada dial 2 penurunan yang terjadi sebesar 15 mm sedangkan, pada dial 3 penurunan tertinggi yang terjadi yaitu sebesar 12,83 mm. Dengan demikian penurunan tertinggi terjadi pada tengah pelat atau pada dial 2 yaitu 12,87 mm, karena merupakan sentris dari beban.

5.3.2 Lendutan Pada Pelat Terpaku 3 Tiang

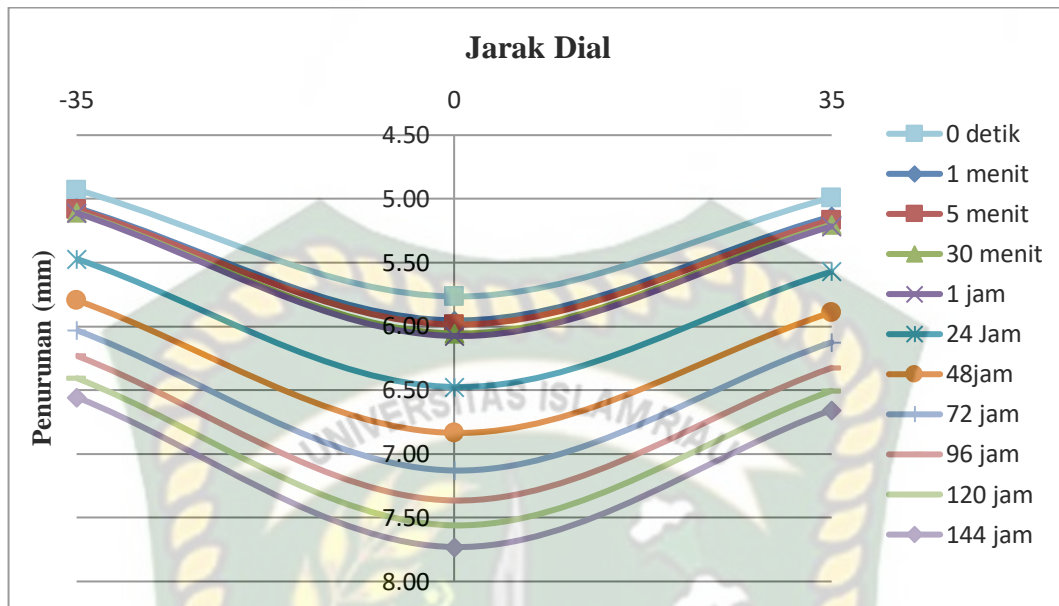
Pada pengujian pelat terpaku 3 tiang ini juga dilakukan dengan 3 tahapan beban. Berat beban tahap pertama yaitu 10.492,9 gram, tahap kedua 11.268,7 gram, dan tahap ketiga 11.125,7 gram. Beban tahap pertama diletakkan hingga penurunan menunjukkan angka konstan yaitu 0,2 mm atau selama 7 hari. Kemudian diletakkan beban tahap kedua dan setelah itu beban tahap ketiga. Berikut grafik hasil pembacaan tahapan pembeban.



(a) Penurunan akibat beban tahap pertama



(b) Penurunan akibat beban tahap kedua



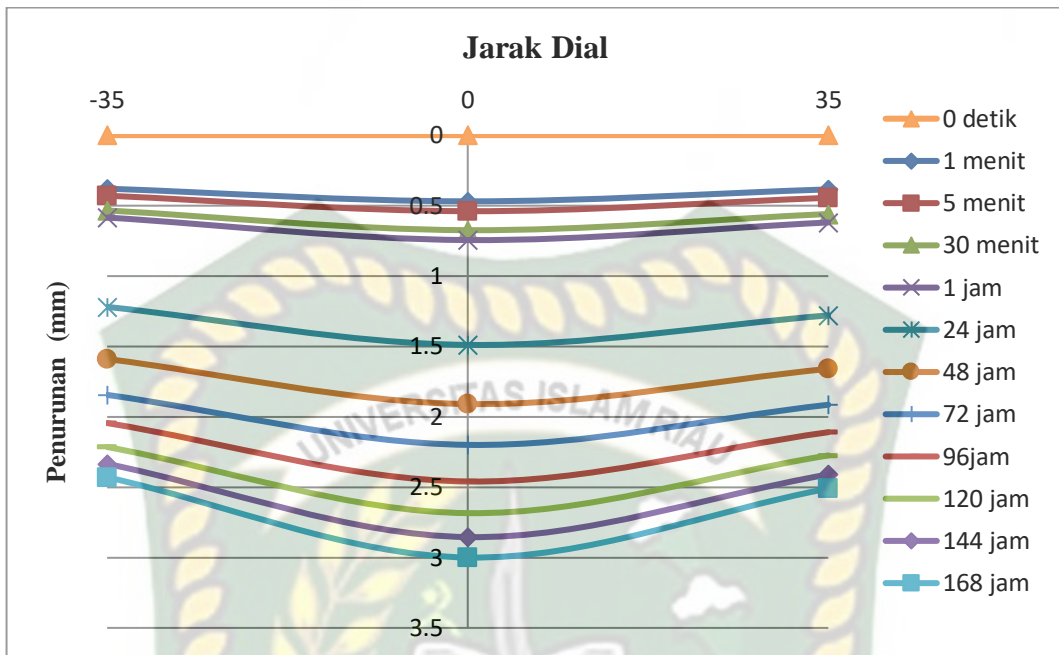
(c) Penurunan akibat beban tahap ketiga

Gambar 5. 4 Grafik penurunan pelat terpaku 3 tiang beban, (a) tahap ke-1, (b) tahap ke-2, (c) tahap ke-3

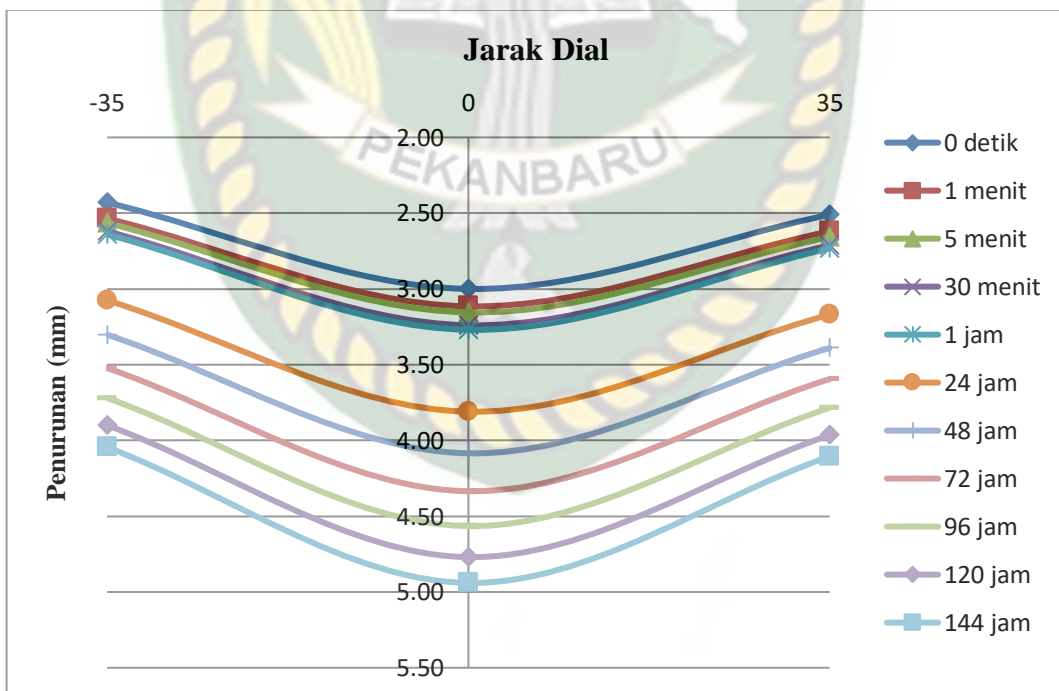
Gambar 5.4 menunjukkan perilaku lendutan pada pelat terpaku dengan 3 tiang. Setelah pemberian beban secara bertahap yaitu 3 tahapan, penurunan tertinggi yang terjadi pada dial 1 yaitu 6,56 mm, pada dial 2 penurunan yang terjadi sebesar 7,73 mm sedangkan, pada dial 3 penurunan tertinggi yang terjadi yaitu sebesar 6,66 mm. Dengan demikian penurunan tertinggi terjadi pada tengah pelat atau pada dial 2 yaitu 7,73 mm, karena merupakan sentris dari beban.

5.3.3 Lendutan Pada Pelat Terpaku 5 Tiang

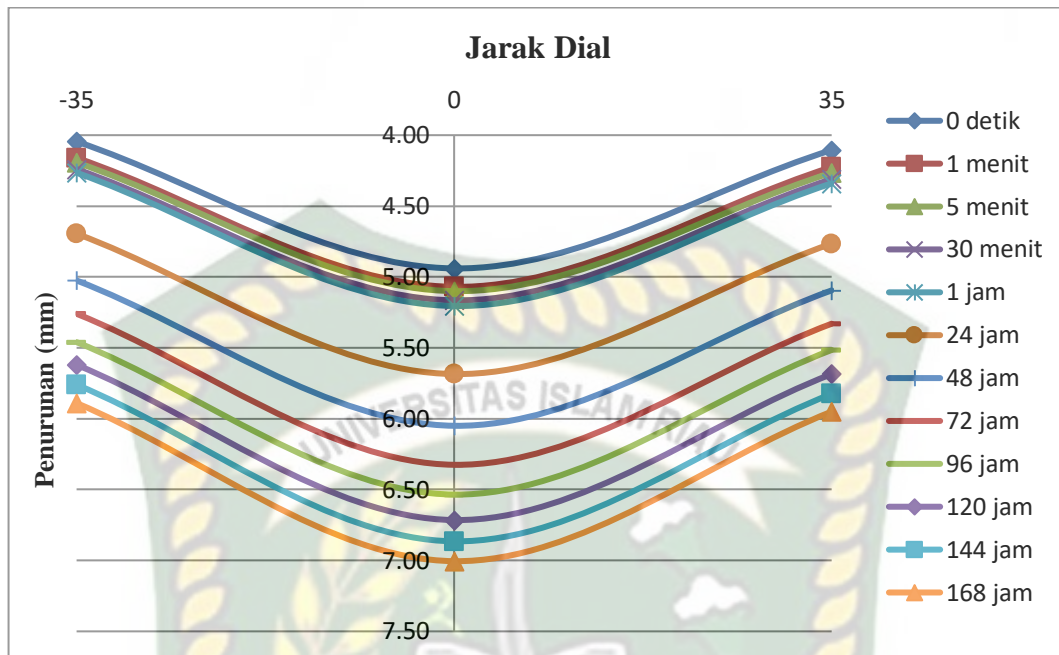
Pengujian ini juga dilakukan dengan 3 tahapan beban. Berat beban tahap pertama yaitu 10.492,9 gram, tahap kedua 11.268,7 gram, dan tahap ketiga 11.125,7 gram. Beban tahap pertama diletakkan hingga penurunan menunjukkan angka konstan yaitu 0,2 mm atau selama 7 hari. Kemudian diletakkan beban tahap kedua dan setelah itu beban tahap ketiga. Berikut grafik hasil pembacaan tahapan pembebanan.



(a) Penurunan akibat beban tahap pertama



(b) Penurunan akibat beban tahap kedua



(c) Penurunan akibat beban tahap ketiga

Gambar 5.5 Grafik penurunan pelat terpaku 5 tiang beban, (a) lapis ke-1, (b) lapis ke-2, (c) lapis ke-3

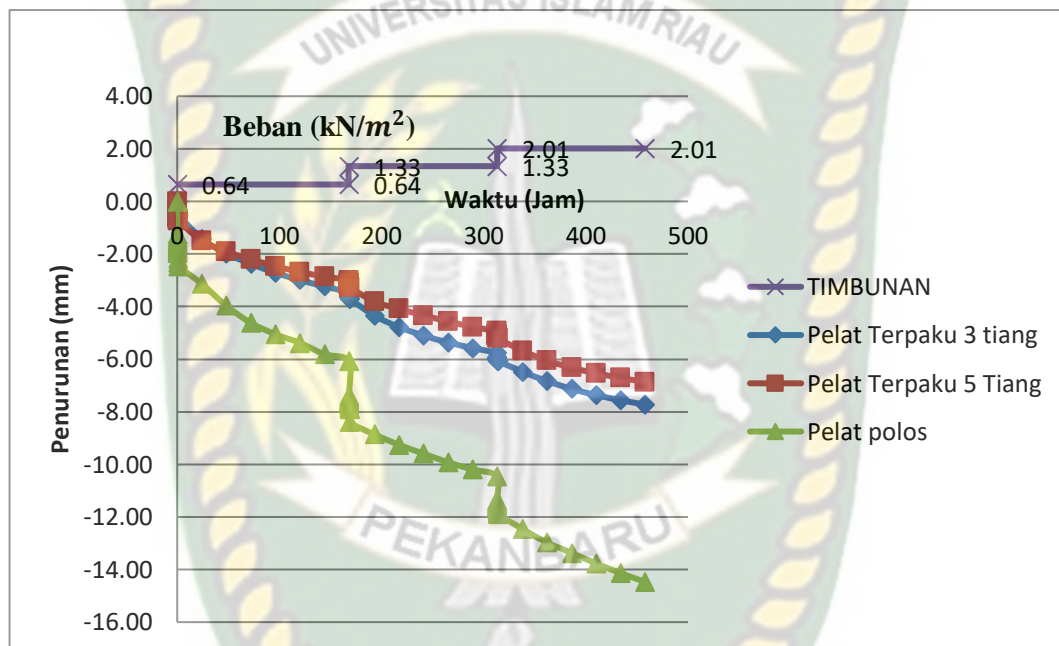
Gambar 5.5 menunjukkan perilaku lendutan pada pelat terpaku dengan 5 tiang. Setelah pemberian beban secara bertahap yaitu 3 tahapan, penurunan tertinggi yang terjadi pada dial 1 yaitu 5,89 mm, pada dial 2 penurunan yang terjadi sebesar 7,01 mm sedangkan, pada dial 3 penurunan tertinggi yang terjadi yaitu sebesar 5,95 mm. Dengan demikian penurunan tertinggi terjadi pada tengah pelat atau pada dial 2 yaitu 7,01 mm, karena merupakan sentris dari beban.

5.4 Perbandingan Penurunan Pelat Polos dan Pelat Terpaku

Berdasarkan dari data yang telah didapatkan pada percobaan seperti yang terlampir pada lampiran A-7 samapai A-15, maka dapat diambil perbandingan lendutan antara pelat polos dan pelat terpaku. Perbandingan lendutan dilihat pada dua titik, yaitu pada tengah bentang pelat dan di ujung pelat. Lalu diperhatikan perbedaan penurunan antara di tengah bentang dan di ujung pelat.

5.4.1 Perbandingan Lendutan Pada Tengah Bentang Pelat

Pada gambar 5.3 , gambar 5.4 dan gambar 5.5 diperlihatkan hasil penurunan pada pelat polos serta pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang. Grafik yang akan diberikan merupakan perbandingan antara waktu dan penurunan. Berikut perbandingan hasil lendutan pada tengah bentang pelat polos, pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang dari 3 tahapan beban yang diberikan.



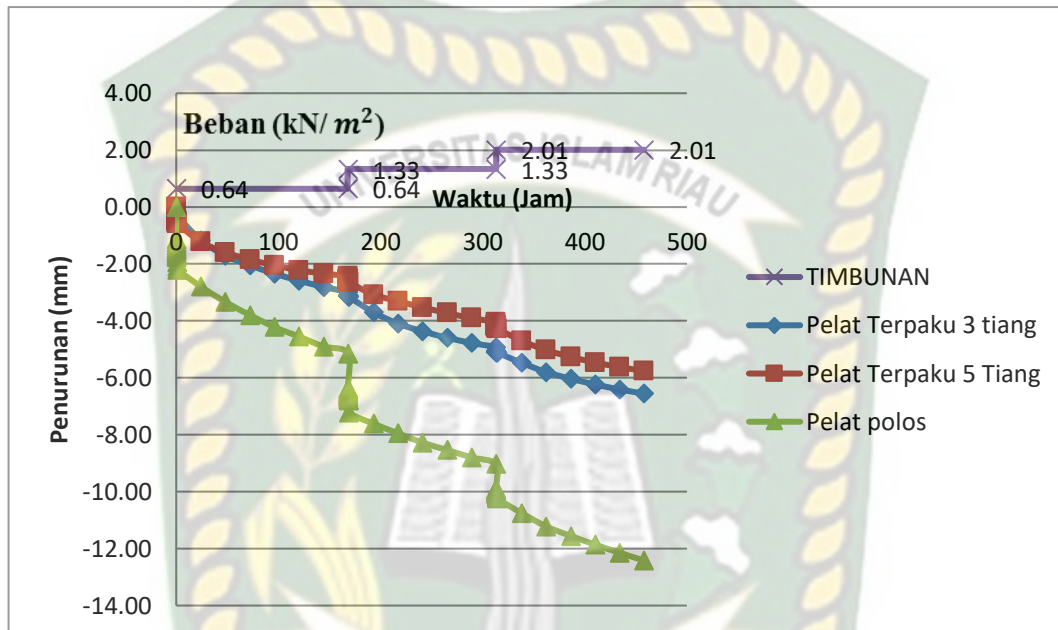
Gambar 5. 6 Grafik penurunan pada tengah pelat akibat beban tahap ke-1, tahap ke-2 dan tahap ke- 3

Perhitungan penurunan dilakukan selama 458 jam, setelah itu maka didapatkan penurunan tertinggi pada masing-masing pelat. Penurunan tertinggi yang terjadi pada pelat polos yaitu 15 mm, pada pelat terpaku 3 tiang sebesar 7,73 mm dan pada pelat terpaku 5 tiang sebesar 7,01 mm. Dari hasil tersebut, terlihat pada tengah bentang, pelat polos mengalami penurunan yang signifikan terhadap pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang

5.4.2 Perbandingan Lendutan Pada Tepi Pelat

Penurunan pada tepi pelat dikedua sisi pelat tidak memiliki perbedaan yang signifikan, sehingga diambil perbandingan pada pembacaan dial 1. Berdasarkan

data dari hasil pembacaan, maka didapatkan perbandingan penurunan pelat polos dan pelat terpaku 3 tiang serta pelat terpaku 5 tiang pada tepi pelat. Berikut perbandingan penurunan pada tepi pelat antara pelat polos dan pelat terpaku 3 tiang serta pelat terpaku 5 tiang dari 3 tahapan beban yang diberikan.



Gambar 5. 7 Grafik penurunan pada tepi pelat akibat beban tahap ke-1, tahap ke-2 dan tahap ke-3

Perhitungan penurunan dilakukan selama 458 jam, setelah itu maka didapatkan penurunan tertinggi pada masing-masing pelat. Penurunan tertinggi pada pelat polos yaitu 12,87 mm, pada pelat terpaku 3 tiang sebesar 6,56 mm dan pada pelat terpaku 5 tiang sebesar 5,89 mm. Dari hasil tersebut, terlihat pada tepi pelat, pelat polos mengalami penurunan yang signifikan pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang

Dari gambar 5.6 dan gambar 5.7 tersebut diperlihatkan perbandingan penurunan pada pelat polos, pelat terpaku 3 tiang dan pelat terpaku 5 tiang, baik pada tengah pelat maupun pada tepi pelat. Pada pelat polos penurunan tertinggi yang terjadi di tengah pelat yaitu sebesar 15 mm, sedangkan pada tepi pelat sebesar 12,87 mm. Pada pelat terpaku 3 tiang penurunan tertinggi yang terjadi di tengah pelat yaitu sebesar 7,73 mm, sedangkan pada tepi pelat sebesar 6,56 mm.

Untuk pelat terpaku 5 tiang penurunan tertinggi yang terjadi di tengah pelat yaitu sebesar 7,01 mm, sedangkan pada tepi pelat sebesar 5,89 mm.

5.5 Analisis Balik (*Back Analysis*) Dari Hasil Pengamatan

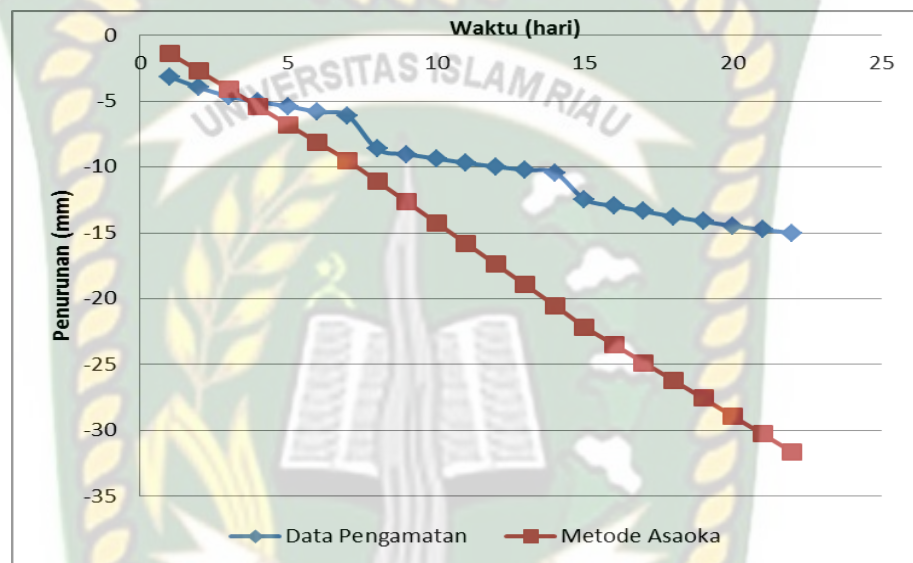
Setelah penelitian uji permodelan dilakukan, kemudian diambil hasil penurunan pelat dan waktu penurunan yang didapat. Data penurunan yang diambil yaitu data penurunan pelat polos, pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang yang digunakan untuk membuat grafik hubungan S_i dan S_{i-1} . Berikut ini merupakan hasil pengamatan penurunan pelat polos, pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang yang dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Penurunan pelat polos, Pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang

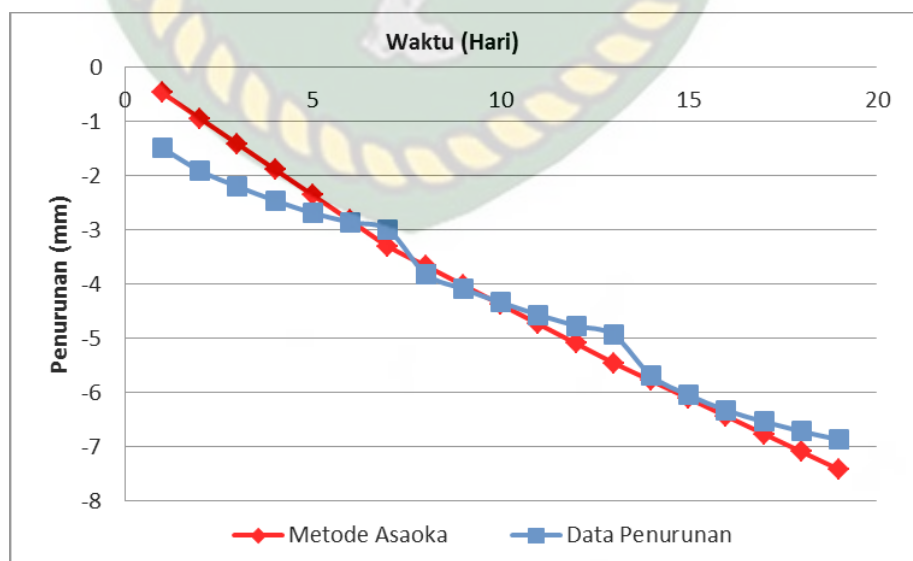
Waktu t_i (hari)	Penurunan Pelat Polos (mm)	Penurunan Pelat Terpaku 3 Tiang (mm)	Penurunan Pelat Terpaku 5 tiang (mm)
1	3,14	1,42	1,49
2	3,97	1,99	1,91
3	4,62	2,38	2,20
4	5,05	2,72	2,46
5	5,38	2,99	2,69
6	5,81	3,24	2,86
7	6,08	3,45	3,00
8	8,63	4,35	3,81
9	9,02	4,78	4,09
10	9,36	5,10	4,34
11	9,69	5,36	4,57
12	9,97	5,58	4,77
13	10,22	5,77	4,94
14	10,42	6,48	5,69
15	12,44	6,84	6,05
16	12,96	7,13	6,33
17	13,36	7,37	6,54
18	13,77	7,56	6,72
19	14,13	7,73	6,87
20	14,47		
21	14,75		

Dari data hasil pengamatan penurunan pelat polos, pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang tersebut, kemudian disajikan ke dalam bentuk grafik penurunan dan

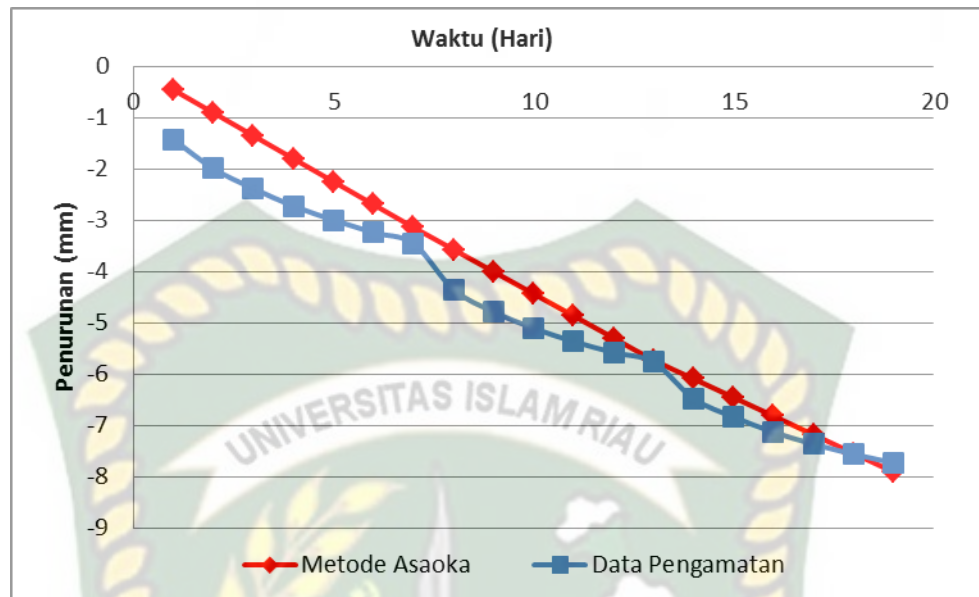
waktu agar dapat dilihat bentuk garis yang terbentuk dari penurunan pelat. Waktu penurunan dibuat dalam hari mengikuti satuan koefisien konsolidasi (C_v) yaitu $m^2/hari$. Diambil pembacaan penurunan pada tiap 24 jam atau per hari, lalu dibandingkan terhadap waktu dalam hari. Berikut ini merupakan grafik dari penurunan dan waktu pada pelat polos (Gambar 5.8).



a) Grafik hubungan waktu - penurunan pelat polos



b) Grafik hubungan waktu - penurunan pelat terpaku 3 tiang



c) Grafik hubungan waktu - penurunan pelat terpaku 5 tiang

Gambar 5.8 Grafik hubungan waktu - penurunan

Penurunan maksimum yang terjadi pada pelat polos sebesar 15 mm, pada pelat terpaku 3 tiang sebesar 7,73 dan pada pelat terpaku 5 tiang sebesar 6,87 mm seperti yang diperlihatkan pada tabel 5.2 dan gambar 5.8 . Selanjutnya ditentukan nilai dari S_i dan S_{i-1} yang disajikan dalam tabel, dapat dilihat pada Lampiran A-18 sampai A-22.

Dari hasil perhitungan metode Asaoka (Lampiran A-16 sampai A-21), didapat koefisien konsolidasi (C_v) sebesar $2,888 \text{ m}^2/\text{tahun}$ untuk pelat polos, $2,812 \text{ m}^2/\text{tahun}$ untuk pelat terpaku 3 tiang dan $2,844 \text{ m}^2/\text{tahun}$ untuk pelat terpaku 5 tiang. Koefisien ini didapatkan dari data penurunan pelat polos, pelat terpaku 3 tiang dan 5 tiang pada tanah gambut yang di dasarkan pada uji model di laboratorium.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Tiang yang dipasang pada pelat terpaku mampu mereduksi penurunan serta mengurangi lendutan pelat, sehingga meningkatkan kemampuan tanah gambut dalam menerima beban timbunan maupun beban-beban lainnya.
2. Pelat polos mengalami penurunan tertinggi pada tengah pelat yaitu sebesar 15 mm, sedangkan pada tepi pelat yaitu 12,87 mm. Untuk pelat terpaku dengan 5 tiang penurunan tertinggi yang terjadi pada tengah pelat yaitu 7,01 mm, sedangkan pada tepi pelat 5,89 mm. Pada pelat terpaku 3 tiang penurunan tertinggi yang terjadi pada tengah pelat yaitu sebesar 7,73 mm, sedangkan pada tepi pelat yaitu 6,56 mm. Dengan hasil tersebut, terjadi reduksi penurunan sebesar 53,3 % pada pelat terpaku 5 tiang dan 48,47% pada pelat terpaku 3 tiang terhadap pelat polos. Hal ini berlaku untuk pelat dengan 1 baris tiang.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka saran yang diberikan yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mahasiswa yang akan melakukan penelitian tugas akhir, dapat melakukan penelitian serupa dengan pembebanan yang berbeda.
2. Untuk mahasiswa yang akan melakukan penelitian serupa dapat menentukan penurunan dengan lebih dari satu baris tiang ataupun dengan panjang tiang yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- American Society for Testing and Material 2002. *Standar Clasification of Peat Samples by Laboratiry Testing*. ASTM designation: D 4427-92. United State.
- Asaoka, A. 1978. *Observational Procedure of Settlement Prediction*. Soil and Foundation, No.4.
- ASTM Standart 1994, *Section 4, Construction* : Volume 04.08 dan 04.09, Soils and Rock, American Society for Testing and Materials, Philadelphia,USA.
- Carchedi, D. R., Monaghan, J., dan Parra, J. 2006. *Innovative Stabilization of Peat Soils for Railroad Foundation Using Rammed Aggregate Piers*. Ground Modification and Seismic Mitigation (GSP 152) © ASCE : 127-134.
- Das, Braja M. 1985. *Mekanika Tanah (Jilid 1) Terjemahan*. Jakarta. Erlangga.
- Diana, W. 2013. *Perilaku Model Pelat Terpaku (Naileb Slab) Terhadap Pengembangan Pada Tanah Dasar Ekspansif*. Seminar Nasional III Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Diana W., Hardiyatmo, H. C., dan Suhendro, B. 2015. *Uji Model Sistem Pelat Terpaku (Soil Nailing System) pada Tanah Dasar Ekspansif*. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) - HATTI 2015.
- Hardiyatmo, Hary Chridtady. 1996. *Mekanika Tanah I* .Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Hardiyatmo, Hary Chridtady. 2002. *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Chridtady. 2008. *Sistem Pelat Terpaku (Nailed Slab) untuk Perkuatan Pelat Beton pada Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Tepat Guna Penanganan Sarana Prasarana, MPSP-FT-UGM, April 2008. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Chridtady. 2010. *Mekanika Tanah II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Chridtady. 2011. *Cakar Ayam Modifikasi*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Chridtady. 2011. *Method to Analyzethe Deflection of the Nailed-Slab System*. International Journal of Civil & Environmental Engineering, 11(4), 22-28.
- Hardiyatmo, Hary Chridtady. 2018. *Mekanika Tanah II Edisi Keenam*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Kalantari, B. 2013. *Civil Engineering Significant of Peat*. Global Journal of Researche in Engineering Civil and Structural Engineering, 13(2): 24-28.
- Lisananda, A. A.(2018). *Pengaruh Portland Cement Dan Gypsum Terhadap Stabilitas Lereng Dan Penurunan Timbunan Pada Tanah Gambut (The Effect Of Portland Cement And Gypsum On The Slope Stability And Settlement Of Peat Soil Embankment)*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Mochtar, N. E., Yulinato, F. E., dan Rendy T. 2014. *Pengaruh Usia Stabilisasi pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO₃ dan Pozolan*. Jurnal Teknik Sipil, 21(1): 57-63.
- Nugroho, U. 2008. *Stabilisasi Tanah Gambut Rawapening dengan Menggunakan Campuran Portland Cement dan Gypsum Sintetis (CaSO₄.2H₂O) Ditinjau dari Nilai California Bearing Ratio (CBR)*. Jurnal Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Semarang.

- Priadi, E. 2008. *Behaviour of Tiang Tongkang Foundation over Pontianak Soft Organik Soil Using 3D – Finite Element Analysis*. DR.-ING Dissertation, Technischen Universität Bergakademie Freiberg.
- Puri, Anas, dkk. 2011. *Studi Eksperimental Lendutan Pelat yang Diperkuat Tiang-Tiang Friksi Pendek pada Lempung Lunak*. Pertemuan Ilmiah Tahunan XIV HATTI, Yogyakarta, (pp: 317-321).
- Puri, Anas, dkk. 2015. *Perilaku Perkerasan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Dasar Lempung Lunak (sofy clay)*. Disertasi. Yogyakarta: Ilmu Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Puri, A. 2015. *Studi Parametrik Perkerasan Jalan Beton Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Dasar Lunak*. Annual Civil Engineering Seminar. Pekanbaru.
- Puri, Anas. 2018. *Studi Parametrik Perkerasan Sistem Pelat Terpaku Tiang Tunggal Menggunakan Tiang Pipa Baja Berdiameter 20 Cm Pada Tanah Lunak*. Prosding Seminar Nasional Pasca Sarjana, Departemen Teknik Sipil. Fakultas Teknik, Univeristas Indonesia. Depok.
- Puri, Anas. 2019. *Uji Beban Horizontal Perkerasan Jalan Sistem Pelat Terpaku Tiang Tunggal Pada Lempung Lunak*. Jurnal Spektran, Vol. 7 No. 2, pp.155 – 161.
- Puri, A., dan Mildawati, R. 2019. *Investigasi Numerik Perkerasan Jalan Sistem Pelat Terpaku terhadap Variasi Dimensi struktur*. Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil, Vol.7 No.1.
- Puri, A., dan Mildawati, R. 2019. *Studi Parametrik Perkerasan Jalan Sistem Pelat Terpaku Terhadap Variasi Dimensi Struktur*. Jurnal Bentang, Vol. 7 No. 1, pp. 1-7.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2001, *Panduan Geoteknik 3*, Edisi Pertama, Bandung – Indonesia.

- Setiawan B. 2015. *Perilaku Sistem Cakar Ayam Modifikasi pada Tanah Ekspansif*. Disertasi. Ilmu Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Soil Survey Staff. 1999. *Kunci Taksonomi Tanah*. Edisi Kedua Bahasa Indonesia, 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
- Sosrodarsono, Suyono. 1984. *Bendungan Type Urugan*. Jakarta: Pradnya Paramita
- Sukiman, N. 2011. *Analisis Perubahan Kadar Air dan Kuat Geser Tanah Gambut Lalombi Akibat Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan*. Jurnal SMARTek. Fakultas Teknik, Universitas Tadulako. Palu.
- Syarif, Firman, dkk. 2017. *Studi Karakteristik Fondasi Pelat Tipis Dengan Pengaku Tiang “+” Pada Tanah Granuler Melalui Uji Eksperimen Dan Analisis Pemodelan Menggunakan Software Abaqus*. Jurnal Saintis, Volume 17 Nomor 2, pp 66-78.
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., dan Rifa’i, A. 2018. *Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut*. Media Komunikasi Teknik Sipil, Vol. 25 No. 2, pp 152-159.