

**Studi Eksperimental Penurunan Model Cakar Ayam Modifikasi
(CAM) Pada Tanah Gambut Di Bawah Timbunan**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil*

Universitas Islam Riau

Pekanbaru



OLEH

FAIZ IKBAR

153110445

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

2020

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga selesainya tugas akhir ini mengenai "Studi Eksperimental Penurunan Model Cakar Ayam Modifikasi (CAM) Pada Tanah Gambut Di Bawah Timbunan". Tugas akhir ini berupa skripsi sebagai syarat untuk meraih gelar sarjana pada program studi strata 1 (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.

Tugas akhir ini berisi tentang rangkuman dan kesimpulan selama penulis melakukan penelitian dan analisa. Rangkuman dan kesimpulan ini disusun dalam bab-bab, bab tersebut terdiri dari bab I yang berisi tentang latar belakang, bab II berisi tentang tinjauan pustaka, bab III berisi tentang landasan teori, bab IV berisi tentang metodologi penelitian, bab V berisi tentang hasil dan pembahasan, dan bab VI berisi tentang kesimpulan dan saran.

Harapan untuk tugas akhir ini agar bisa bermanfaat mahasiswa/i Teknik Sipil, masih terdapat kekurangan dalam menyusun tugas akhir ini, maka dari itu kritik dan saran sangat diharapkan dari pembaca agar kedepannya bisa lebih baik lagi.

Pekanbaru, September 2020

Faiz Ikbar

UCAPAN TERIMA KASIH

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini dengan baik. Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik Universitas Islam Riau. Penelitian ini tidak akan terwujud tanpa adanya dorongan dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam penulisan dan penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lupa penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si.,M.Sc, Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sebagai Dosen Pembimbing.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST.,M.Si, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau .
7. Ibu Sapitri, ST.,MT, 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 Ayahanda dan Ibunda tercinta Ir. Suriono dan Dewi Rosita, S.Ag, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan dan mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
13. Kepada nenek saya Daiman, yang selalu berkorban dan memberi yang terbaik kepada penulis.
14. Adik saya Ratu Fiola yang memberikan motivasi serta semangat kepada penulis.
15. My best partner yang setia Siti Khozidah.
16. Teruntuk sahabat saya Jella, Irvan, Oby, Mas Ali, Afdhi, Andre, Gian, Dian Pramana, Andre Hermanusa ST, Riza Nurrohim ST, yang menemani dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
17. Kepada kak Miswarti, ST., MT, bang Rachmat Hidayat ST, kak Nurul Hafizha, ST, Harits Fajri, Rafi Yulianda, yang ada di Laboratorium Teknik Sipil memberi bimbingan serta bantuan selama ini.
18. Buat teman-teman lainnya di Fakultas Teknik serta semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, 2020
Penulis

FAIZ IKBAR

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.....	2
1.5 Batasan Masalah	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Umum	3
2.2 Penelitian Terdahulu	3
2.3 Keaslian Penelitian.....	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	8
3.1 Umum	8
3.2 Gambut.....	9
3.2.1 Klasifikasi Tanah Gambut	9
3.2.2 Faktor yang mempengaruhi perilaku gambut	10
3.2.3 Karakterisasi Daerah Gambut Yang Dikembangkan oleh Pusat Litbang Transportasi	14
3.3 Penurunan Tanah	16
3.4 Fondasi Cakar Ayam Prof. Sedyatmo.....	17
3.5 Sistem Cakar Ayam Modifikasi.....	19
3.6 Metode Perancangan Sistem Cakar Ayam.....	21

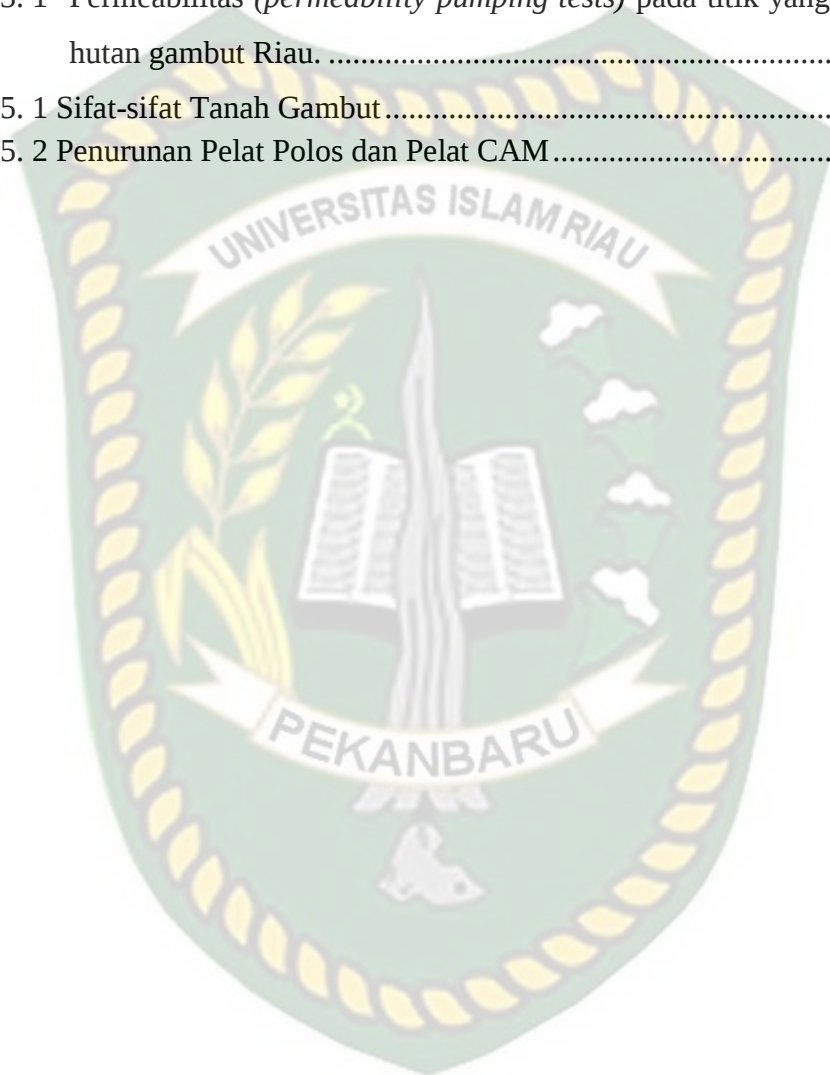
3.7	Aplikasi sistem Cakar Ayam	22
3.8	Pengaruh pembebanan pada system Cakar Ayam Modifikasi.....	24
3.7.1	Beban Statis	24
3.7.2	Beban Dinamis.....	25
3.9	Kelebihan dan Kekurangan Sisten Cakar Ayam Modifikasi	25
3.9	Analisa Metode Asaoka Dari Hasil Pengamatan	26
BAB IV METODE PENELITIAN.....		29
4.1	Umum	29
4.2	Lokasi Pengujian.....	29
4.3	Bahan Pengujian	30
4.4	Peralatan Pengujian.....	30
4.4.1	Peralatan Pengujian Bahan	30
4.4.2	Alat Pengujian Model	30
4.5	Model Percobaan	31
4.6	Tahapan Penelitian.....	32
4.7	Prosedur Pengujian	35
4.6.1	Pengujian Pendahuluan.....	35
4.6.2	Pengujian Utama.....	36
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		40
5.1	Umum	40
5.2	Pengujian Pendahuluan.....	40
5.2.1	Kadar Air Tanah Asli.....	40
5.2.2	Berat Spesifik (Gs).....	40
5.2.3	Sifat-sifat Tanah Gambut.....	41
5.3	Hasil Uji Permodelan Pelat.....	41
5.3.1	Penurunan Pelat Polos	42
5.3.2	Penurunan Pelat Cakar Ayam Modifikasi	43
5.4	Perbandingan Penurunan Pelat Polos dan Pelat CAM.....	45
5.5.1	Perbandingan Penurunan Pada Tengah Bentang Pelat	45
5.5.2	Perbandingan Penurunan Pada Tepi Pelat	46

5.5	Perilaku Pelat	47
5.5.1	Perilaku Pelat Polos	47
5.5.2	Perilaku Pelat CAM	48
5.6	Analisis Balik (<i>Back Analysis</i>) Dari Hasil Pengamatan	49
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		52
6.1.	Kesimpulan	52
6.2.	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Keaslian Penelitian.....	5
Tabel 3. 1 Permeabilitas (<i>permeability pumping tests</i>) pada titik yang dangkal di hutan gambut Riau.	14
Tabel 5. 1 Sifat-sifat Tanah Gambut.....	41
Tabel 5. 2 Penurunan Pelat Polos dan Pelat CAM.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Hubungan antara batas cair dan kadar organik	11
Gambar 3. 2 Data tes Odeometer dari Berengbengkel	12
Gambar 3. 3 Prinsip dasar fondasi Cakar Ayam Sedyatmo	18
Gambar 3. 4 Sistem Cakar Ayam di Bandara Internasional, Cengkareng–Jakarta.	23
Gambar 3. 5 Pelaksanaan Sistem CAM Untuk Perkerasan Jalan Raya	23
Gambar 3. 6 Kurva hubungan waktu – penurunan	27
Gambar 3. 7 Metode Asaoka (1978)	28
Gambar 4. 1 Denah Lokasi Penelitian.....	29
Gambar 4. 2 Skema Alat Uji Pembebanan, Sampel dan Alat.....	31
Gambar 4. 3 Model Cakar Ayam Modifikasi.....	32
Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4. 5 Posisi <i>dial gauge</i>	37
Gambar 4. 6 Peletakan beban dengan selotip.....	38
Gambar 4. 7 Sketsa posisi <i>dial gauge</i>	38
Gambar 5. 1 Pengujian beban pada model.....	42
Gambar 5. 2 Grafik penurunan pelat polos	42
Gambar 5. 3 Grafik penurunan pelat CAM.....	44
Gambar 5. 4 Graik perbandingan penurunan pada tengah pelat	45
Gambar 5. 5 Grafik perbandingan penurunan pada tepi pelat	46
Gambar 5. 6 Grafik Perbandingan Penurunan Pelat Polos	47
Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan Penurunan Pada Pelat CAM	48
Gambar 5. 8 Grafik Perbandingan Penurunan Dari Data Pengamatan dan Menurut metode Asaoka.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

1. Data Propertis Tanah
2. Data Penurunan Pelat Polos
3. Data Penurunan Pelat CAM
4. Data Berat Beban dan Pelat
5. Dokumentasi

LAMPIRAN B : SURAT-SURAT

Studi Eksperimental Penurunan Model Cakar Ayam Modifikasi (CAM) Pada Tanah Gambut Di Bawah Timbunan

FAIZ IKBAR
153110445

ABSTRAK

Banyak wilayah di provinsi Riau yang memiliki tanah gambut. Tanah gambut merupakan tanah lunak, sehingga perlu perbaikan untuk mencapai kuat dukung yang diinginkan. Sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) merupakan salah satu metode telah diterapkan sebagai perkuatan pada tanah lunak. Lalu penelitian ini mencari bagaimana perilaku sistem cakar ayam modifikasi pada tanah gambut di bawah timbunan.

Pengujian dilakukan dengan skala 1 : 10 di laboratorium. Model yang digunakan adalah pelat cakar ayam modifikasi (CAM) dengan dimensi 75 cm x 25 cm dengan tebal 3 cm. Model pelat polos dan pelat cakar ayam modifikasi (CAM) dibuat dari campuran mortar dengan tambahan besi kawat sebagai tulangnya. Susunan cakar model yaitu satu baris cakar dengan 3 buah cakar. Pembebanan dilakukan dengan meletakkan beban timbunan di atas model pelat. Pembebanan dilakukan sebanyak 3 tahapan, dengan beban yang sama. Setelah pembebanan dilakukan diamati penurunan konsolidasi yang terjadi hingga penurunan mendekati konstan. Data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian diolah dalam bentuk tabel serta grafik penurunan dan waktu sesuai lama waktu penurunan.

Hasil pengujian pembebanan pada pelat polos dan pelat CAM memiliki waktu penurunan yang hampir serupa selama 528 jam. Penurunan maksimum pelat polos mencapai 15 mm, lalu pada pelat CAM penurunan maksimum mencapai 12 mm pada akhir pembacaan tahap ketiga. Penurunan pelat terjadi karena berkurangnya pori dalam tanah yang membuat terjadinya proses penurunan konsolidasi. Dengan cakar yang mereduksi penurunan 14,1% maka cakar tidak terlalu efektif dalam mengurangi penurunan pelat terhadap beban merata di atas tanah gambut.

Kata kunci : Cakar Ayam Modifikasi, Gambut, Penurunan.

EXPERIMENTAL STUDY OF CAKAR AYAM (CAM) DEFLECTION ON PEAT SOIL BELOW THE PILE

FAIZ IKBAR
153110445

ABSTRAK

Many areas in Riau province have peat soils. Peat soil classified as soft soil, so it needs improvement to achieve the desired bearing strength. Cakar Ayam (CAM) has been applied as reinforcement in soft soil. Then this research looks at the behavior of the modified chicken claw system on the peat soil under the heap.

The test was carried out at a scale of 1:10 in the laboratory. The model used is a Cakar Ayam plate (CAM) with dimensions of 75 cm x 25 cm with a thickness of 3 cm. The plain plate and Cakar Ayam (CAM) models are made from a mortar mixture with the addition of wire iron as reinforcement. The arrangement of the model claws is one row of claws with 3 claws. Loading is done by placing the load on the plate model. The loading is carried out in 3 stages, with the same load. After the loading is carried out, it is observed that the consolidation settlement occurs until the decrease is almost constant. The data obtained from the test results are then processed in the form of tables and graphs of settlement and time according to the length of time of decline.

The results of the loading test on the plain plate and the CAM plate have almost the same reduction time. The settlement of the plain plate reaches 15 mm, then on the CAM plate the settlement reaches 12 mm at the end of the reading. In the CAM model, settlement occurs due to differences in the decrease between the edge of the plate and the center of the plate which occurs due to the initial loading. With claws that reduce the settlement amount to 14.1%, claws are not very effective in reducing plate settlement against even loads on peat soil.

Keyword : Cakar Ayam, Peat, Settlement

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan pembangunan di provinsi Riau sudah sangat pesat. Pembangunan tersebut terdiri dari pembangunan jembatan, gedung-gedung, jalan raya, dan lainnya guna meningkatkan sarana dan prasarana fisik di provinsi Riau. Dalam suatu pembangunan konstruksi pelaksanaan dan pekerjaan yang pertama dilakukan ialah penyelidikan tanah. Tanah dasar di bawah bangunan harus kuat menopang bangunan yang ada di atasnya. Bila tanah tidak sesuai dengan kriteria pada perencanaan, maka perlu dilakukan perbaikan. Seperti pada tanah gambut yang daya dukungnya cukup rendah, maka diperlukan perbaikan sebelum melakukan pembangunan konstruksi.

Banyak wilayah di Provinsi Riau yang memiliki tanah gambut, sekitar 4,04 juta Ha. (Mubekti., 2011) sehingga perlu perbaikan untuk mencapai kuat dukung yang diinginkan. Kebanyakan metode perbaikan yang digunakan adalah penimbunan tanah dasar. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang metode yang lainnya yang sesuai dengan sifat tanah gambut yang ada di Riau.

Perbaikan tanah pada masa kini sudah beragam dan bisa dipilih sesuai kebutuhan. Terutama pada konstruksi jalan raya, harus dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu. Terdapat salah satu metode perbaikan tanah dengan sistem Cakar Ayam yang ditemukan oleh Prof. Ir. R. M. Sedyatmo. Model cakar ayam sudah banyak di gunakan pada jalan-jalan di pulau jawa. Sistem cakar ayam Prof. Sedyatmo pernah diaplikasikan pada bandara Soekarno Hatta, pelat cakar ayam digunakan pada landasan pacu, *taxi way* dan apron pada lapangan terbang. Bangunan tersebut mempunyai masa layanan hingga 30 tahun dan termasuk kinerja yang cukup baik (Suhendro, 2018). Sistem cakar ayam juga pernah digunakan pada perbaikan untuk jalan tol di Jakarta, dan juga menunjukkan hasil yang bagus. Sehingga banyak penelitian lebih lanjut tentang metode cakar ayam ini dan yang terbaru muncul cakar ayam modifikasi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang didapat dari latar belakang ialah:

1. Bagaimana perilaku model cakar ayam modifikasi jika diberi beban,
2. Berapa besar penurunan yang terjadi akibat beban timbunan pada model cakar ayam modifikasi menurut uji laboratorium.

1.3 Tujuan penulisan

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

1. Untuk mengetahui perilaku model cakar ayam modifikasi jika diberi beban timbunan,
2. Untuk mengetahui besar penurunan model cakar ayam modifikasi akibat beban timbunan menurut uji laboratorium.

1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat penulisan yang bisa diambil ialah:

1. Manfaat yang didapat yaitu mendalami ilmu teknik sipil khususnya ilmu mengenai perbaikan tanah.
2. Bagi pelaku usaha jasa kontruksi memberi pengetahuan tentang perbaikan tanah gambut menggunakan model cakar ayam modifikasi.
3. Bagi mahasiswa sebagai referensi mengenai penurunan dari model cakar ayam modifikasi pada tanah gambut.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam karya ilmiah ini antara lain:

1. Perhitungan penurunan konsolidasi model cakar ayam modifikasi dan model pelat polos pada tanah gambut,
2. Beban yang diberi hanya beban timbunan di atas model dengan 3 tahapan,
3. Model CAM digunakan satu baris cakar,
4. Model CAM diperlakukan sebagai perkuatan tanah.
5. Tanah gambut yang digunakan berasal dari Kecamatan Langgam, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka memuat tentang hasil penelitian yang terdahulu sebagai landasan bagi peneliti untuk melakukan suatu penelitian dengan teori-teori yang relevan. Tujuan dari penulisan tinjauan pustaka ialah menguatkan penelitian yang sedang dilakukan dengan berlandaskan penelitian yang sudah ada. Penelitian mengenai pondasi tiang pancang sudah banyak dilakukan di berbagai tempat dengan metode-metode yang berbeda-beda. Maka dari itu, dalam bab ini memuat beberapa referensi dari penelitian sebelumnya antara lain Agustin (2017), Waruwu (2018), Hamdan (2018) dan Miswarti (2018).

2.2 Penelitian Terdahulu

Agustin (2017), dalam penelitiannya tentang "Perhitungan Penurunan Perkerasan Jalan Sistem Cakar Ayam Modifikasi dengan Variasi Faktor Aman Pada Tambahan Modulus Reaksi Subgrade". Pada penelitian ini diterapkan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen metode Puri, dkk (2012) untuk menghitung Penurunan sistem CAM, dimana nilai faktor aman divariasikan. Pada penelitian ini sistem CAM diperlakukan sebagai perkerasan jalan. Input Penurunan pada metode tersebut digunakan Penurunan pengamatan. Penurunan pelat dihitung menggunakan metode BoEF (*Beams on Elastic Foundation*). Hasil hitungan Penurunan kemudian divalidasi dengan Penurunan pengamatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa besaran faktor aman mempengaruhi nilai Penurunan hitungan. Penurunan hitungan meningkat dengan peningkatan faktor aman. Faktor aman 1,0 sudah mencukupi untuk analisis oleh karena Penurunan hitungan sangat mendekati pengamatan. Penurunan hitungan didasarkan pada tinjauan satu baris cakar, sedangkan Penurunan pengamatan adalah untuk 3 baris cakar. Dengan demikian hasil hitungan pada zona aman. Metode hitungan menggunakan modulus reaksi *subgrade* ekuivalen dapat digunakan untuk perencanaan perkerasan sistem CAM.

Waruwu (2018), dalam penelitiannya tentang "Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut". Penelitian ini bertujuan mencari penurunan pada pelat terpaku terhadap beban timbunan. Sistem pelat terpaku sebagai perkuatan tanah diharapkan dapat mengurangi penurunan dan meningkatkan stabilitas timbunan di atas tanah gambut. Tujuan makalah ini untuk mempelajari pengaruh panjang dan jarak tiang terhadap reduksi penurunan baik pada tiang monolit maupun tidak monolit. Uji beban timbunan dilakukan pada pelat ukuran 70 cm x 120 cm yang diperkuat tiang dengan panjang dan jarak yang berbeda pada tahapan tanah gambut. Analisis dilakukan pada reduksi penurunan dari perkuatan tiang monolit dan tidak monolit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang dan jarak tiang berpengaruh pada reduksi penurunan. Perubahan panjang tiang lebih dominan mereduksi penurunan dibandingkan perubahan jarak tiang. Ikatan tiang dengan pelat berpengaruh secara signifikan pada tiang dengan panjang yang berbeda daripada tiang dengan jarak yang berbeda.

Hamdan (2019), dalam penelitiannya tentang "Pengaruh Lantai Kerja Terhadap Penurunan Pelat Perkerasan Sistem Cakar Ayam Modifikasi Pada Tanah Gambut". Penelitian ini menggunakan beban aksial mengacu pada uji pembebanan (ASTM D 1143 81 *pile under static axial compressive load*). Pada penelitian ini sistem CAM diperlakukan sebagai perkerasan jalan. Pengujian dilakukan bertujuan mengetahui kontribusi lantai kerja dan pengaruh ketebalan lantai kerja jika diterapkan pada sistem perkerasan cakar ayam uji model di laboratorium dengan skala 1:5. Tebal lantai kerja yang digunakan dibawah pelat perkerasan cakar ayam adalah 1 cm, 1,5 cm, dan 2 cm. Pembebanan dilakukan secara sentris dan eksentris menggunakan hidrolik *jack*. Data yang diperoleh dari pengujian kemudian diolah dalam bentuk tabel dan grafik Penurunan s beban sesuai dengan variasi pengujian yang dilakukan. Hasil pengujian pembebanan yang diberikan melalui alat hidrolik dengan kecepatan 1 mm / menit, pada tiap model pelat menunjukkan hasil bahwa semakin tebal lantai kerja maka semakin

kecil Penurunan yang terjadi. Hal ini berlaku untuk beban di titik A dan di titik B. Pola distribusi Penurunan yang terjadi pada sepanjang pelat akibat beban di titik A menunjukkan Penurunan terbesar terjadi pada titik beban, seluruh pelat tetap kontak dengan tanah berbeda halnya dengan Penurunan di titik B, sisi pelat terjauh dari beban mengalami jungkgitan.

Miswarti (2019), dalam penelitiannya tentang “Pengaruh Konfigurasi Cakar Terhadap Penurunan Pelat Perkerasan Sistem Cakar Ayam Modifikasi Pada Tanah Gambut”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi susunan cakar yang ditimbulkan akibat beban tengah dan beban tepi pelat. Pada penelitian ini sistem CAM diperlakukan sebagai perkerasan jalan. Pengujian dilakukan dengan model skala kecil di laboratorium. Susunan pola cakar yang diuji adalah tipe bujur sangkar, persegi panjang, dan segi tiga. Pengujian utama mengikuti uji pembebanan pada ASTM D 1143 81. Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisa tidak berdimensi/ analisa kuantitatif berbentuk tabel dan grafik Penurunan vs beban untuk berbagai variasi pengujiannya, kemudian dilakukan analisa pengaruh konfigurasi pola terhadap Penurunan yang terjadi. Hasil pengujian yang dilakukan dengan alat hidrolik dengan kecepatan penurunan pondasi sekitar 1 mm / menit didapat bahwa pola bujur sangkar lebih kuat menahan beban dibanding pola persegi panjang dan pola segi tiga.

2.3 Keaslian Penelitian

Penelitian pada tugas akhir ini memang terdapat kesamaan dengan penelitian terdahulu, tetapi juga terdapat perbedaan seperti metode penelitian, kondisi tanah, dan lainnya. Berikut perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang telah dilakukan beberapa peneliti sebelumnya (Tabel 2.1).

Tabel 2. 1 Keaslian Penelitian

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian	Perbedaan
Dinda Rosita Agustin (2017)	Perhitungan Penurunan Perkerasan Jalan Sistem Cakar Ayam Modifikasi dengan Variasi Faktor Aman Pada Tambahan Modulus Reaksi Subgrade	Hasil analisis pada penelitian ini menunjukkan bahwa besaran faktor aman mempengaruhi nilai Penurunan hitungan.	Penelitian ini melakukan pengujian model Laboratorium, sedangkan Agustin tidak melakukan uji model

		Penurunan hitungan meningkat dengan peningkatan faktor aman. Faktor aman 1,0 sudah mencukupi untuk analisis oleh karena Penurunan hitungan sangat mendekati pengamatan. Penurunan hitungan didasarkan pada tinjauan satu baris cakar, sedangkan Penurunan pengamatan adalah untuk 3 baris cakar. Dengan demikian hasil hitungan pada zona aman.	
Aazokhi Waruwu (2018)	Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut	Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang dan jarak tiang berpengaruh pada reduksi penurunan. Perubahan panjang tiang lebih dominan mereduksi penurunan dibandingkan perubahan jarak tiang. Ikatan tiang dengan pelat berpengaruh secara signifikan pada tiang dengan panjang yang berbeda daripada tiang dengan jarak yang berbeda.	Penelitian ini menggunakan model Cakar Ayam Modifikasi, sedangkan Waruwu menggunakan Pelat Terpaku

Hamdan (2019)	Pengaruh Lantai Kerja Terhadap Penurunan Pelat Perkerasan Sistem Cakar Ayam Modifikasi Pada Tanah Gambut	Hasil pengujian pembebanan yang diberikan melalui alat hidrolik dengan kecepatan 1 mm / menit, pada tiap model pelat menunjukkan hasil bahwa semakin tebal lantai kerja maka semakin kecil Penurunan yang terjadi.	Penelitian ini melakukan pembebanan beban merata bertahap, sedangkan Hamdan dengan beban terpusat.
Miswarti (2019)	Pengaruh Konfigurasi Cakar Terhadap Penurunan Pelat Perkerasan Sistem Cakar Ayam Modifikasi Pada Tanah Gambut	Hasil pengujian yang dilakukan dengan alat hidrolik dengan kecepatan penurunan pondasi sekitar 1 mm / menit didapat bahwa pola bujur sangkar lebih kuat menahan beban dibanding pola persegi panjang dan pola segi tiga.	Penelitian ini melakukan pembebanan beban merata bertahap, sedangkan Miswarti dengan beban terpusat.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Sistem Fondasi Cakar Ayam ditemukan oleh Prof. Dr. Ir. Sedijatmo pada tahun 1961, yang mana pada saat itu Sedijatmo sebagai pejabat PLN ditugaskan mendirikan 7 menara listrik tegangan tinggi di daerah rawa-rawa Ancol Jakarta. Ditemukannya Sistem Fondasi Cakar Ayam ini dikarenakan waktu yang mendesak serta sistem fondasi konvensional yang sulit untuk diterapkan pada tanah lunak. Menara listrik didirikan diatas pelat beton yang didukung pipa-pipa beton dibawahnya, pipa dan plat tersebut melekat secara monolit (bersatu).

Sistem fondasi ini dapat digunakan pada tanah lunak maupun tanah keras. Tentu saja akan lebih ekonomis bila diterapkan pada tanah lunak yang daya dukungnya berada diantara 1,5-4 ton per meter persegi. Fondasi Cakar Ayam terdiri dari pelat beton tebal berkisar 10-20 cm dan pipa-pipa beton berdiameter 120 cm, tebal 8 cm, dan panjang berkisar 150-250 cm. Telapak beton pada fondasi cakar ayam sangat baik menerima beban yang merata, mampu mendukung beban hingga 500-600 ton per kolom, yang dibagian bawahnya dibuatkan satu telapak beton untuk mengurangi tegangan geser pada pelat beton. Sistem kerja fondasi ini yaitu pipa-pipa (cakar) yang memanfaatkan kemampuan tahanan gesek hingga mencengkram pada tanah. Rotasi yang terjadi pada cakar akibat beban memobilisasi tekanan tanah lateral di belakang cakar dan merupakan momen yang melawan Penurunan pelat. Penurunan pelat bisa berkurang bergantung pada dimensi cakar dan kondisi kepadatan (kuat geser) tanah disekitar cakar, semakin besar cakar maka semakin besar tahanan yang didapatkan dari sistem fondasi ini.

3.2 Gambut

Definisi tanah gambut berdasarkan ASTM D4427-92 (2002) adalah tanah yang memiliki kandungan organik tinggi yang terjadi atas dekomposisi material tumbuhan dan dibedakan dari material tanah organik lainnya dari kandungan abunya, <25% abu dari berat tanah keringnya. Ciri tanah gambut dapat dilihat dari visualnya yang berwarna cokelat kehitaman. Hal ini disebabkan kandungan bahan organik yang ada pada tanah tersebut. Selain itu dapat diamati bahwa tanah gambut memiliki tekstur berserat, karena tanah gambut berasal dari sisa tumbuhan atau vegetasi yang mengalami pelapukan.

3.2.1 Klasifikasi Tanah Gambut

Menurut ASTM D4427-92 (2002), tanah gambut diklasifikasikan dalam beberapa aspek yaitu berdasarkan kandungan serat, kandungan abu (ASTM D2974), tingkat keasaman (ASTM D2976), dan tingkat absorpsinya (ASTM D2980). Dan pada ASTM D5715-00 tanah gambut diklasifikasikan berdasarkan tingkat humifikasinya. Berdasarkan kandungan serat pada tanah gambut dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Fibric*, yaitu tanah gambut dengan kandungan serat > 67%,
2. *Hemic*, yaitu tanah gambut dengan kandungan serat antara 33% dan 67%,
3. *Sapric*, yaitu tanah gambut dengan kandungan serat < 33%.

Serat adalah material penyusun tanah gambut yang merupakan senyawa C, dapat berupa dalam bentuk lignin atau selulosa. Lalu berikut jenis tanah gambut diklasifikasikan berdasarkan kandungan abu :

1. *Low ash*, yaitu tanah gambut dengan kandungan abu < 5%,
2. *Medium ash*, yaitu tanah gambut dengan kandungan abu antara 5% dan 15%,
3. *High ash*, yaitu tanah gambut dengan kandungan abu > 15%

Tanah gambut yang diklasifikasikan berdasarkan tingkat absorpsinya dapat dilihat sebagai berikut :

1. *Extremely absorbent*, yaitu tanah gambut yang dapat menampung air > 1500%,
2. *Highly absorbent*, yaitu tanah gambut yang dapat menampung air antara 800% hingga 1500%,
3. *Moderately absorbent*, yaitu tanah gambut yang dapat menampung air antara 300% hingga 800%, dan
4. *Slightly absorbent*, yaitu tanah gambut yang dapat menampung air < 300%.

3.2.2 Faktor yang mempengaruhi perilaku gambut

Tanah gambut dan tanah lempung organik sangat berbeda, meskipun sama-sama memiliki kandungan organik. Yang menjadikan tanah-tanah tersebut berbeda dipengaruhi oleh jumlah material organik serta bagaimana proses terbentuknya tanah tersebut, meskipun dalam penglihatan kasat mata bisa dilihat perbedaannya. Dilihat juga dari karakteristik tanah seperti berat jenis, batas cair, kompreabilitas dan permeabilitas.

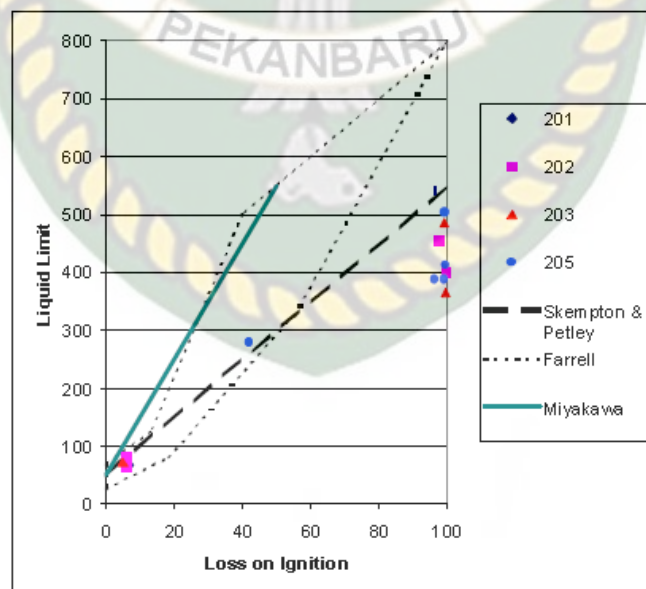
A. Berat Jenis

Tanah adalah campuran dari tanah mineral yang umumnya memiliki nilai berat jenis 2.7, dan bahan organik dengan nilai berat jenis sekitar 1.4, maka dapat dikatakan selanjutnya bahwa nilai berat jenis akan bergantung pada kadar organik. Hal ini telah dibuktikan oleh Skempton & Petley (1970), dalam pengamatannya pada tanah yang terletak pada daerah dengan iklim sedang. Untuk tanah di Indonesia, sebuah hubungan yang sama juga ditemukan, tetapi diperlukan asumsi bahwa tanah tersebut memiliki berat jenis yang lebih tinggi, baik untuk tanah mineral maupun gambut. Rahadian dkk.(2001) menampilkan data yang menunjukkan nilai berat jenis untuk tanah mineral tersebut bervariasi antara 2.7 hingga 2.9, dan untuk gambut bervariasi antara 1.4 hingga 1.7.

B. Batas Cair (Liquid Limit)

Pengujian batas cair membutuhkan peremasan tanah yang memadai. Akibatnya kemas (fabric) gambut, dan terutama kadar serat, jauh menurun. Oleh karenanya pengujian ini memiliki nilai yang sangat terbatas sebagai petunjuk (indicator) sifat-sifat gambut, terutama gambut berserat yang ditemukan di Indonesia. Gambar 1 memperlihatkan data dari Tempat Uji Timbunan Berengbengkel (Seri Lubang Bor 200) dan membandingkannya dengan data yang lain, dalam hal berat akibat pembakaran diasumsikan sama dengan kadar organik yang kurang lebih tepat. Beberapa hasil uji yang untuk lempung inorganik dan lempung organik mendekati hubungan-hubungan yang diberikan oleh Skempton & Petley (1970), sementara sampel-sampel gambut murni memperlihatkan nilai-nilai dibawah yang ditunjukkan oleh Skempton & Petley.

Data dari Farrell dkk. (1994) sesuai dengan data Berengbengkel untuk lempung organik, tetapi data untuk kadar organik yang tinggi memperlihatkan batas cair yang jauh lebih tinggi. Farrell dkk. Juga memperlihatkan suatu hubungan dari Miyakawa, yang tidak cocok dengan data Berengbengkel.



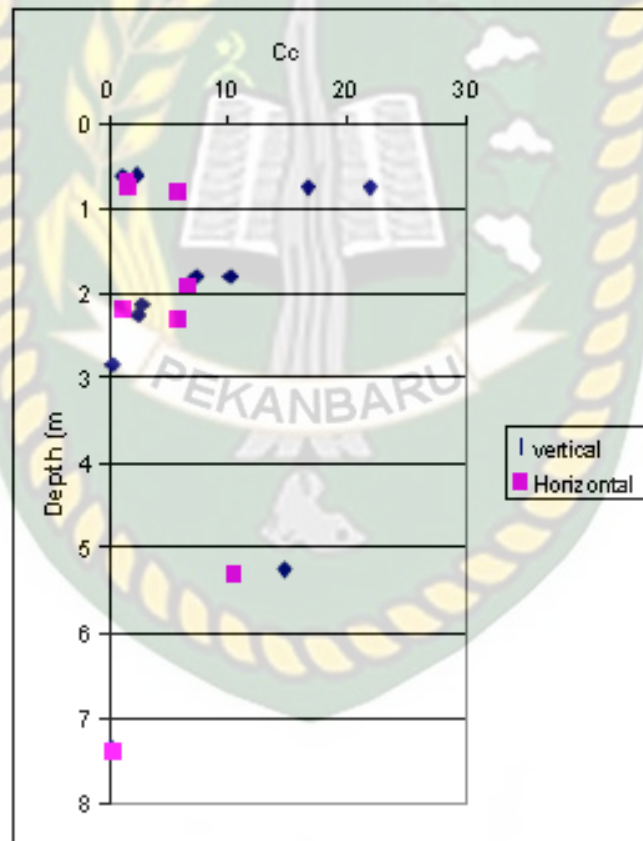
Gambar 3. 1 Hubungan antara batas cair dan kadar organik (Panduan Geoteknik 1, 2001)

C. Kompresibilitas (Compressibility)

Farrell dkk. (1994) memperlihatkan bahwa untuk gambut Irlandia kompresibilitas C_c berhubungan dengan batas cair dengan menggunakan hubungan yang terkenal:

$$C_c = k (w_L - 10) \dots \dots \dots (1)$$

Dengan nilai-nilai k berakhir antara 0,007 sampai 0,009 Untuk gambut berserat hubungan seperti itu tidak bisa diterapkan. Pengujian konsolidasi pada gambut berserat dari Tempat Uji Timbunan Berengbengkel memperlihatkan nilai-nilai C_c sampai 20 seperti terlihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Data tes Odeometer dari Berengbengkel (Panduan Geoteknik 1, 2001)

Sampel-sampel yang diuji secara horizontal memperlihatkan kompresibilitas yang sangat rendah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2 mengabaikan nilai pada kedalaman lebih dari 7 m yang merupakan kompresibilitas yang sangat rendah, gambut kurang lebih dua kali lebih kompresibel secara vertikal dibandingkan secara horizontal, yang cenderung mendukung pendapat bahwa gambut-gambut ini memiliki kecenderungan serat berorientasi horizontal sebagai akibat kondisi-kondisi pada saat mereka terbentuknya.

D. Permeabilitas (Permeability)

Ong & Yogeswaran (1991) telah melakukan test pemompaan (pumping tests) yang dilakukan pada gambut tropis yang berserat di Serawak. Hasilnya menunjukkan sebuah korelasi terbatas antara pengurangan nilai permeabilitas yang diharapkan dengan derajat pembusukan yang terjadi (humification). Ong & Yogeswaran (1991) juga mengidentifikasi masalah-masalah penting yang dapat terjadi dalam pemasangan pompa dalam gambut berserat dan juga menjelaskan bagaimana cara mengatasi tersumbatnya sumur.

Barry dkk. (1992) menjelaskan sebuah pengujian pemompaan untuk mendukung permeabilitas (permeability pumping tests) pada titik yang dangkal di hutan gambut Riau (H5 sampai dengan H6) yang menghasilkan nilai permeabilitas antara 10^{-2} hingga 10^{-4} m/detik. Mereka juga membandingkan hasil tersebut dengan data untuk gambut yang telah dilakukan oleh para peneliti lain sebelumnya, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Permeabilitas (*permeability pumping tests*) pada titik yang dangkal di hutan gambut Riau. (Sumber : Panduan Geoteknik 1, 2001)

Deskripsi Gambut	Permeabilitas m/detik	Referensi	
Pemukaan	$> 10^{-1}$	Hobbs	(1986)
Dasar dari "raised bog" yang membusuk sedikit	3×10^{-5}	Hobbs	(1986)
Fen acrotelm di Rusia: di dekat permukaan di dekat dasar	3×10^{-5} 9×10^{-7}	Hobbs	(1986)
Tahapan Gambut Mandia yang sangat membusuk dan bersifat seperti Agar-agar	3×10^{-8} hingga 10^{-7}	Hobbs	(1986)
Gambut Sphagnum H8 sampai H10 H3	6×10^{-8} 10^{-5}	Hobbs	(1986)
Gambut Sedge H3 sampai H5	10^{-5}	Hobbs	(1986)
Gambut Brushwood H3 sampai H8	10^{-5}	Hobbs	(1986)
Gambut Malaysia yang Asam dan Berserat (Fibrous acidic)	2×10^{-5} to 6×10^{-9}	Toh et al	(1990)

3.2.3 Karakterisasi Daerah Gambut Yang Dikembangkan oleh Pusat Litbang Transportasi

Seri Karakterisasi Daerah Gambut telah diteliti oleh Pusat Litbang Transportasi. Lokasinya meliputi Pulang Pisau di Kalimantan Tengah, Jambi di Sumatra, dan Karakterisasi pada Lokasi Uji Timbunan di Berengbenkel, Kalimantan Tengah. Data dari daerah-daerah ini sedang disusun dan dibandingkan oleh Pusat Litbang Transportasi yang nantinya akan dimasukkan ke dalam CD GeoGuide, dan beberapa kesimpulan berikut telah dapat dikemukakan. Profil dari endapan gambut dapat bervariasi atau berbeda antara satu dengan lainnya. Data dari Pulang Pisau, Kalimantan Tengah menunjukkan bahwa endapan gambutnya terletak di atas tanah keras, sementara di areal Muara Sabak, Jambi, terletak di atas tahapan tanah lunak. Demikian pula dengan ketebalan dari endapan gambut

tersebut, juga bervariasi antara satu dengan lainnya. Ketebalan paling dalam ditemukan di Pulang Pisau, Kalimantan Tengah serta di Muara Sabak yaitu masing-masing 7m dan 8m. Sementara ketebalan gambut sangat dalam ditemukan di Berengbenkel, Kalimantan Tengah dan Ketaun, Bengkulu yang dilaporkan dapat mencapai ketebalan hingga lebih dari 15 m. Tetapi informasi ini masih perlu diklarifikasi kembali karena hal tersebut disimpulkan hanya berdasarkan interpretasi dari data sondir. Pusat Litbang Transportasi telah melakukan penyelidikan yang mendalam terhadap sifat-sifat teknik gambut dari daerah Pulang Pisau, Kalimantan. Dari kedua penelitian tersebut didapat hasil sifat-sifat tekniknya antara lain bahwa gambutnya memiliki kadar air yang sangat tinggi. Pengujian di laboratorium menunjukkan hasil yang berada pada kisaran 200% hingga 900%. Kadar air alami dari contoh ini akan lebih tinggi lagi, jika memperhitungkan kesulitan untuk mendapatkan contoh-contoh tak terganggu yang baik. Bagian yang ombrotrophic umumnya memiliki kadar air yang lebih rendah. Profil dari kadar air menunjukkan bahwa kadar air di daerah Pulang Pisau akan meningkat seiring bertambahnya kedalaman.

Nilai Berat Isi total umumnya berkaitan dengan kepadatan air (water density) dan BJ bahan organik, yaitu bervariasi dari 1.5 hingga 2.0, bergantung kepada kadar organiknya. Nilai pH relatif rendah, yaitu sekitar 3 hingga 5, yang menunjukkan bahwa endapan yang terjadi berada pada lingkungan yang asam. Nilai kompresibilitas pada umumnya tinggi dengan proporsi dari kompresi Rangkak (creep compression) yang cukup berarti. Meskipun demikian, permeabilitasnya cukup tinggi dan bersifat isotropis. Pengukuran terhadap kuat geser gambut masih merupakan hal yang diperdebatkan. Beberapa contoh gambut tidak menunjukkan mekanisme keruntuhan selama proses pembebanan (penggeseran) walaupun telah mencapai regangan yang besar. Penyelidikan dengan menggunakan sondir tidak menghasilkan informasi kuat geser yang akurat. Sementara penggunaan uji baling-baling lapangan (field vane test) sering menampilkan hasil yang membingungkan, apalagi jika dilakukan pada gambut dengan kadar serat yang tinggi.

3.3 Penurunan Tanah

Bila suatu lapisan tanah mengalami pembebanan akibat beban di atasnya, maka tanah di dibawah beban yang bekerja tersebut akan mengalami kenaikan tegangan, eksek dari kenaikan tegangan ini adalah terjadinya penurunan elevasi tanah dasar (settlement). Pembebanan ini mengakibatkan adanya deformasi partikel tanah, relokasi partikel tanah, dan keluarnya air pori dari tanah yang disertai berkurangnya volume tanah. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya penurunan tanah.

Pada umumnya tanah, dalam bidang geoteknik, dibagi menjadi 2 jenis, yaitu tanah berbutir dan tanah kohesif. Pada tanah berbutir (pasir/sand), air pori dapat mengalir keluar struktur tanah dengan mudah, karena tanah berbutir memiliki permeabilitas yang tinggi. Sedangkan pada tanah kohesif (clay), air pori memerlukan waktu yang lama untuk mengalir keluar seluruhnya. Hal ini disebabkan karena tanah kohesif memiliki permeabilitas yang rendah. Secara umum, penurunan dapat diklasifikasikan menjadi 3 tahap, yaitu :

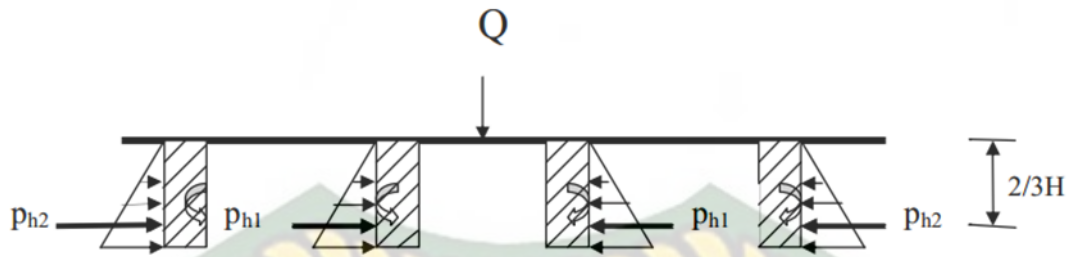
1. Immediate Settlement (penurunan seketika), diakibatkan dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air, tanpa adanya perubahan kadar air. Umumnya, penurunan ini diturunkan dari teori elastisitas. Immediate settlement ini biasanya terjadi selama proses konstruksi berlangsung. Parameter tanah yang dibutuhkan untuk perhitungan adalah undrained modulus dengan uji coba tanah yang diperlukan seperti SPT, Sondir (dutch cone penetration test), dan Pressuremeter test.
2. Primary Consolidation Settlement (penurunan konsolidasi primer), yaitu penurunan yang disebabkan perubahan volume tanah selama periode keluarnya air pori dari tanah. Pada penurunan ini, tegangan air pori secara kontinyu berpindah ke dalam tegangan efektif sebagai akibat dari keluarnya air pori. Penurunan konsolidasi ini umumnya terjadi pada lapisan tanah kohesif (clay / lempung)
3. Secondary Consolidation Settlement (penurunan konsolidasi sekunder), adalah penurunan setelah tekanan air pori hilang seluruhnya. Hal ini lebih disebabkan oleh proses pemampatan akibat penyesuaian yang bersifat plastis dari butir-butir tanah.

3.4 Fondasi Cakar Ayam Prof. Sedyatmo

Fondasi sistem cakar ayam (CA) ditemukan pada tahun 1961 oleh Prof. Sedyatmo. Sistem Cakar Ayam digunakan pertama kali untuk fondasi bangunan menara listrik tegangan tinggi di daerah Ancol yang tanahnya berupa rawa-rawa. Selain itu, fondasi sistem cakar ayam juga digunakan untuk berbagai fondasi bangunan dan perkerasan jalan. Sistem cakar ayam banyak diaplikasikan pada tanah lunak karena pada prinsipnya menurut Hardiyatmo (2006) dalam Suhendro dan Hardiyatmo (2010), sistem fondasi tersebut dapat digunakan pada tanah dengan kapasitas dukung 1,5 - 3,5 ton/m².

Menurut Suhendro dan Hardiyatmo (2010), sistem cakar ayam yang digunakan pada perkerasan lapangan terbang yang menunjukkan keberhasilan sebagai *runway*, *taxi way*, dan *apron* di bandara Soekarno Hatta-Jakarta, *apron* di bandara Juanda-Surabaya, *runway* di bandara Polonia-Medan dan telah terbukti berfungsi baik dalam jangka panjang (selama lebih dari 27 tahun) tanpa mengalami kerusakan yang berarti dan biaya perawatan yang relatif rendah. Sebagai perkerasan jalan raya, sistem cakar ayam tersebut juga menunjukkan keberhasilannya sebagai *access road* sepanjang 13,5 km yang menghubungkan Jakarta-Bandara Soekarno Hatta, dan beberapa ruas jalan tol Kampung Kayan-Sitiawan di Malaysia maupun beberapa ruas jalan tol Simpang X-Taman Peringggit Jala di Malaka, Malaysia, yang semua dibangun diatas tanah *subgrade* yang relatif lunak dan telah berfungsi baik selama lebih dari 27 tahun.

Menurut Sedyatmo (1986) dalam Muhi (2007), sistem fondasi cakar ayam bekerja dengan memanfaatkan tekanan tanah yaitu tekanan tanah lateral pada sisi-sisi pipa cakar yang ada di bawah pelat sehingga menyebabkan pipa cakar ayam selalu dalam kondisi vertikal ketika dibebani dan memberikan kekakuan pada pelat di atasnya. Prinsip dasar ini dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Prinsip dasar fondasi Cakar Ayam Sedyatmo (Muhu,2007)

Kekakuan pelat pada sistem cakar ayam disebabkan karena pipa-pipa pada cakar diletakkan tidak mencapai kedalaman tanah keras, namun kombinasi yang baik antara pipa dan pelat yang monolit di dalam tanah membuat sistem ini menjadi konstruksi yang kuat dan cenderung kaku sehingga tidak mudah untuk dibengkokkan. Oleh karena itu, menurut Hardiyatmo (2000) dalam Muhu (2007), penggunaan sistem cakar ayam cocok menjadi alternatif penyelesaian permasalahan konstruksi yang mendukung beban statis jangka pendek pada tanah lunak. Bila akan dipakai untuk mendukung beban statis/ permanen yang bekerja pada waktu lama, maka tekanan fondasi pada tanah lunak harus diperhitungkan terhadap penurunannya.

Menurut Suhendro dan Hardiyatmo (2010), secara umum perkerasan Cakar Ayam terdiri dari pelat tipis beton bertulang tebal 10-17 cm yang diperkaku dengan pipa-pipa beton (cakar) berdiameter 120 cm, tebal 8 cm, dan panjang pipa 150-200 cm, yang tertanam pada tahapan *subgrade*, dengan jarak pipa-pipa berkisar 2,0 – 2,50 m. Di bawah pelat beton, terdapat tahapan lantai kerja tebal ± 10 cm (terbuat dari beton mutu rendah) dan tahapan sirtu tebal ± 30 cm yang berfungsi, terutama sebagai perkerasan sementara selama masa pelaksanaan dan agar permukaan tanah-dasar dapat rata sehingga pelat beton Cakar Ayam dapat dibuat diatasnya pipa-pipa beton itu disebut cakar.

Perhitungan sistem Cakar Ayam oleh Prof. Sedyatmo ini tidak pernah diungkap/dipublikasikan. Sistem dirancang lebih mendasarkan pada pemikiran yang cermat (karena pengalaman yang matang) dan belakangan diperkuat dengan pendekatan eksperimental melalui beberapa percobaan lapangan (*full scale*

experimental test) di *apron* bandara Juanda-Surabaya, *runway* bandara Polandia-Medan, dan *runway* bandara Soekarno Hatta (Suhendro dan Hardiyatmo, 2010).

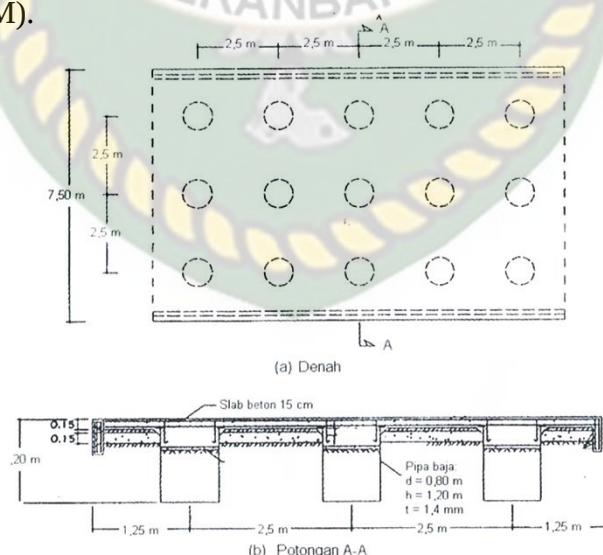
3.5 Sistem Cakar Ayam Modifikasi

Menurut Suhendro dan Hardiyatmo (2010), sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) merupakan pengembangan lebih lanjut dari Sistem Cakar Ayam Prof. Sedyatmo. Pengembangan yang dilakukan didasarkan pada evaluasi hasil-hasil penelitian yang dilakukan secara intensif sejak tahun 1990 oleh tim pengembangan System Cakar Ayam Modifikasi. Pengembangan yang dilakukan mencakup :

1. Perubahan bahan cakar yang semula di buat dari bahan pipa beton diameter 1,20 m, panjang 2 m dan tebal 8 cm, di ganti dengan pipa baja yang sangat ringan (berat sekitar 35 kg) dengan tebal 1,4 mm, diameter berkisar 0,60 – 0,80 m dan panjang 1,0 – 1,2 m. pipa baja ini harus digalvanisir dan ditahapi dengan bahan pelindung anti karat. Bahan cakar yang lebih ringan mempermudah dan mempercepat pelaksanaan.
2. Pengembangan pada metode analisis, perancangan, metode pelaksanaan, dan metode evaluasi perkerasan.
3. Aplikasi system CAM pada perkerasa jalan yang tanah dasarnya berupa tanah ekspansif (tanah dasar mudah mengalami kembang kusut, sehingga merusak perkerasan)

Sistem CAM telah dikembangkan sejak tahun 1990 oleh Prof. Dr. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., utamanya dari aspek permodelan numeris yang memperhitungkan *soil-structure interaction* (interaksi antara struktur slab, pipa, dan tanah dasar) dalam mendukung beban, menggunakan *Nonlinear 3-D Finite Element Method*, yang sangat bermanfaat untuk dapat memahami parameter-parameter yang mempengaruhi kinerja sistem, menjelaskan secara ilmiah mekanisme kerja sistem perkerasan CA dalam mendukung beban, sehingga *bearing capacity* dan *stiffnes* sistem menjadi sangat besar meskipun berada di atas tanah lunak yang relatif tebal. Permodelan numeris ini telah divalidasikan dengan hasil-hasil percobaan lapangan (*full scale experimental test*) di *apron* bandara

Juanda – Surabaya, *runway* bandara Polinia – Medan, dan *runway* bandara Soekarno-Hatta Jakarta. Permodelan numeris ini terus disempurnakan dengan data pengalaman terbaru yang terus berkembang. Pengembangan utamanya melalui percobaan-percobaan eksperimental di laboratorium dengan skala tertentu telah dilakukan pula oleh Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hadiyatmo, M.Eng., DEA, sejak tahun 1998. Pada perkembangan tahap berikutnya pemahaman melalui permodelan numeris yang telah divalidasi dengan berbagai percobaan lapangan, maupun permodelan fisik di laboratorium tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan rancangan sistem perkerasan sesuai karakteristik beban yang akan bekerja, dan sekaligus mengembangkan rumus-rumus praktis (*simplified design formula*) untuk menyusun Pedoman Perancangan dan membantu para praktisi melakukan perancangan awal sistem perkerasan ini. Tahun 2003, setelah memahami mekanisme transfer beban sistem CA secara seksama, dilakukanlah pengembangan inovatif tahap berikutnya, yaitu mengganti pipa-pipa beton Cakar Ayam dengan pipa-pipa baja galvanis tahan karat (tertahan pula dengan *coaltar* tahan gores), oleh Prof. Dr. Ir. Bambang Suhendro, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Hary Christady Hardiyatmo, M. Eng., DEA, yang akhirnya menjadi sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM).



Gambar 3.4 Tipikal sistem CAM untuk aplikasi perkerasan jalan,
(a) Denah, (b) Potongan A-A, (Hardiyatmo, 2011)

Sistem cakar ayam sangat cocok digunakan sebagai perkerasan kaku (*rigid pavement*) untuk jalan raya dan bandara. Dibandingkan dengan perkerasan beton

konvensional, system cakar ayam lebih kuat dan tahan lama, karena pelat beton dibuat bertulang dan peran dari pipa cakar ayam yang mengurangi Penurunan pelat akibat beban dan mengatur pelat tetap dalam bentuk yang baik dengan tanah dibawahnya.

Menurut Hardiyatmo (2012) suatu beton yang dipaku atau diangker pada tanah bila di bebani berulang –ulang, maka kontak hubungan antara tanah dasar di bawah tanah dan pelat di atasnya akan terjaga karena bidang kontak antara pelat dan tanah terjamin rapat. Dari hasil uji laboratorium, Hardiyatmo dkk (2000) menunjukkan bahwa akibat beban, Penurunan tanpa cakar lebih besar di bandingkan dengan pelat yang diperkuat dengan cakar, baik untuk beban statis maupun beban dinamis. Karena sisten Cakar Ayam MODifikasi di buat dari beton bertulang, maka pengaruh merusak dari rongga yang timbul di bawah pelat menjadi berkurang, karena hasil pengamatan menunjukkan bahwa retaknya pelat masih dalam batas toleransi yang diizinkan. Hal ini berbeda dengan perkerasan beton konvensional yang bila telah retak, maka pelat akan terpisah menjadi bagian bagian lebih kecil, sehingga kekeatan structural menjadi turun.

3.6 Metode Perancangan Sistem Cakar Ayam

Dalam perancangan system cakar ayam khususnya sebagai perkerasan kaku, maka di oerlukan nilai-nilai Penurunan, momen dan gaya lintang yang dapat dilakukan secara analitis dengan aplikasi metode balok pada fondasi elastitic atau dengan analisis elemen hingga.

Menurut pendekatan Sedyatmo (1975) dalam Suhendro Dan Hardiyatmo (2010), permasalahan dimodelkan secara 2 dimensi dan pelat beton dianggap balok. Gaya-gayadan momen-momen yang bekerja dibawah pelat beton yang diakibatkan oleh beban kendaraan (Q_1) dan setengah panjang bentang pelat ($1/2 l$), akibat beban terpusat tersebut maka akan terjadi tekanan yang terbagi rata sepanjang bentang balok dan akibat momen yang terjadi akan membuat momen-momen perlawanan oleh cakar sebesar $2/3$ panjang cakar dikalikan dengan tekanan pasif yang terjadi pada cakar tersebut. Berdasarkan data-data inilah

diambil kesimpulan bahwa besaran beban yang dapat didukung oleh system cakar ayam atau perkerasan yang di design.

Suhendro (1992) dalam Suhendro dan Hardiyatmo (2010) telah mengembangkan prosedur atau metode analisis system cakar ayam dengan model matematik non linear 3 dimensi, yakni dengan menggunakan metode elemen hingga (*finite element method*). Model elemen hingga yang dikembangkan mencakup kombinasi elemen-elemen pelat lentur (*plate bending*) untuk memodelkan slab, dan elemen-elemen pegas (*spring*) vertical dibawah slab untuk memperhitungkan interaksi tanah – struktur secara ekuivalen dalam bentuk reaksi *subgrade*, dan elemen-elemen pegas (*spring*) horizontal pada pipa-pipa cakar ayam untuk memperhitungkan pengaruh interaksi tanah-struktur secara ekuivalen dalam bentuk kekakuan rotasi pipa-pipa cakar. Hasil berupa grafik yang dikenal dengan Tipikal *Suhendro chart*. Untuk sumbu atas horizontal arah kanan digunakan untuk mempresentasikan nilai respon tekanan tanah maksimum yang dapat terjadi dibawah pelat akibat beban (dalam satuan kN/m^2) dan bagian kiri untuk mempresentasikan nilai respon momen maksimum yang dapat terjadi pada pelat beton akibat beban (dalam satuan kNm/m).

3.7 Aplikasi sistem Cakar Ayam

Sistem Cakar Ayam Prof. Sedyatmo sudah diaplikasikan pada *runway* bandara serta jalan tol. Lalu sistem tersebut di modifikasi dengan mengganti cakar dengan pelat baja dan menjadi sistem cakar ayam modifikasi (CAM). Pada pelaksanaannya sistem CAM lebih mudah untuk dibangun dan juga lebih cepat penyelesaiannya. Sistem CAM bisa diaplikasikan sebagai konstruksi perkerasan jalan ataupun hanya sebagai perkuatan tanah.

A. Sistem Cakar Ayam Prof. Sedyatmo Pada Bandara

Sistem cakar ayam Prof. Sedyatmo dengan pipa cakar beton berukuran tinggi 2 m, diameter 1,2 m dan berjarak 2,5 m telah digunakan untuk perkerasan di Bandara Soekarno-Hatta Cengkareng, Bandara Polonia Medan, Bandara Juanda Surabaya. Selama lebih dari 25 tahun, perkerasan telah terbukti berfungsi dengan baik tanpa kerusakan yang berarti.



Gambar 3. 4 Sistem Cakar Ayam di Bandara Internasional, Cengkareng – Jakarta (Hadmojo, 1994).

B. Sistem Cakar Ayam Modifikasi Sebagai Konstruksi Jalan

Menurut data dari kementerian PU, lebih dari 20% daerah pantai di Indonesia terdiri dari tanah lunak. Perbaikan yang telah dilakukan seperti *vertical drain*, cerucuk, dan sistem cakar ayam. Penggunaan sistem cakar ayam Prof. Sedyatmo mengalami penurunan timbunan pada pelat. Sehingga cakar dari beton diganti dengan pipa baja.



Gambar 3. 5 Pelaksanaan Sistem CAM Untuk Perkerasan Jalan Raya (PT. Bina Cakar Bumi)

Sistem CAM telah diaplikasikan pada jalan tol Sedyatmo – Jakarta, yang melayani lalu lintas dari dan ke bandara Soekarno-Hatta. Pada tahun 2007 sistem

CAM juga diaplikasikan pada jalan tepi pantai di jalan Pantura (Pamanukan-Indramayu), sepanjang 800 meter pada km 25+800 sampai 26+650. Lalu pada tahun 2008 diaplikasikan pada jalan tol Makasar di seksi 4 yang berada diatas rawa-rawa. Dan di Samarinda dibangun jalan diatas tanah gambut untuk menghubungkan jalan propinsi dengan lokasi gudang semen PT. Busowa yang digunakan untuk kendaraan berat (truck pengangkut semen).

3.8 Pengaruh pembebanan pada system Cakar Ayam Modifikasi

3.7.1 Beban Statis

Menurut Hardiyatmo (2010), bila system cakar ayam digunakan untuk mendukung beban statis atau permanen yang relative berat (beban bangunan gedung) yang terletak pada tanah lempung lunak, fungsi cakar ayam dalam mereduksi Penurunan pelat menjadi tidak optimal. Hal ini karena cakar secara ppermanen berotasi, maka menyebabkan tanah sekitar cakar mengalami konsolidasi sehingga pelat akan melendut secara berangsur angsur sesuai dengan berjalannya waktu. Jika digunakan pada bangunan gedung sisten cakar ayam akan murip pondasi sumuran, yaitu memerlukan pelat relative tebal guna memenuhi syarat ketahanan terhadap gaya geser pada pelat dan sekaligus menjamin kekakuan fondasi agar tidak terjadi penurunan seragam yang berlebihan.

Firdiansyah (2009) dalam Hardiyatmo (2010) juga menganalisis system cakar ini dengan metode elemen hingga, untyk system cakar ayam yang terdiri dari satu deret cakar, cakar berjumlah tiga cakar. Pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap Penurunan, momen dan gaya lintang yang terjadi. Pada system cakar ayam ini digunakan pelat beton K-350 ukuran 7,5 m x 2,5 m, tebal 15 cm dengan pipanya berdiameter 0,8 m, panjang 1,2 m, dan berjarak 2,5 m antara cakar-cakarnya. Dilakukan pembebanan statis dipusat dan ditepi pelat dengan beban 50 kN dan modulus reaksi tanah dasar vertical $k_v = 0,5 \text{ kg/cm}^3$ dan $k_v = 8 \text{ kg/cm}^3$. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa pelat dengan nilai $k_v = 8 \text{ kg/cm}^3$ memiliki Penurunan yang kecil dibandingkan dengan nilai $k_v = 0,5 \text{ kg/cm}^3$ baik pada saan pembebanan di tengah maupun ditepi pelat.

3.7.2 Beban Dinamis

Menurut Hardiyatmo (2010), bila system cakar ayam dibebani dengan beban dinamis (beban angin dan beban kendaraan) yang relative kecil, yaitu sekitar 100 – 200 kN maka Penurunan yang terjadi pada pelat sangat kecil. Untuk beban tersebut, tekanan ke tanah di dasar pelat hanya sekitar 2 – 5 kPa. Untuk tanah dasar sangat lunak dengan kohesi tak terdrainase $c_u = 30$ kPa (CBR = 1 %), maka kapasitas dukung ultimate adalah 180 kPa. Jadi tanah dibawah pelat hanya menerima tekanan sekitar 1/90 – 1/36 dari nilai kapasitas dukung ultimatanya. Pada kisaran tersebut, fungsi pipa-piap cakar ayam terutama untuk menjaga agar pelat tetap rapat dengan tanah di bawahnya.

Menurut Antono dan Daruslan (1981) dalam Hardiyatmo (2010) untuk beban yang besar peran perlawanan cakar terhadap Penurunan menjadi nyata. Pada beban sebesar 80 ton (800kN), tegangan vertical yang terjadi pada tanah di bawah pelat sekitar $1,4 \text{ t/m}^2$ (14 kPa) atau sekitar 1/12 kali nilai kapasitas ultimitnya. Uji skala penuh pada system cakar ayam di bandara Polonia Medan dengan tanah dasar CBR = 5 %, Penurunan yang terjadi diantara pelat hanya sekitar 5 mm dan rotasi cakar sekitar 0,001 radian atau setara dengan perpindahan horizontal 2 mm di dasar cakar.

3.9 Kelebihan dan Kekurangan Sisten Cakar Ayam Modifikasi

Menurut Hardiyatmo (2012), bila dibandingkan dengan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku konvensional, keuntungan penggunaan sistem Cakar Ayam Modifikasi sebagai perkerasan jalan adalah sebagai berikut :

1. Sistem Cakar Ayam Modifikasi memberi perkerasan dengan kekakuan yang tinggi, sehingga tidak mudah rusak akibat deformasi tanah dasar.
2. Perkerasan mampu mendukung lalu lintas berat dan volume tinggi.
3. Peran cakar adalah menjaga pelat beton tetap dalam kontak yang baik dengan material di bawahnya, sehingga umur perkerasan menjadi lebih lama.
4. Pemeliharaan sangat kecil.
5. Sistem Cakar Ayam Modifikasi dibangun tanpa sambungan-sambungan, sehingga perkerasan rata di sepanjang masa pelayanan.

6. Tidak ada biaya pemeliharaan sambungan.
7. Penetrasi air masuk ke dalam tahapan fondasi maupun tanah dasar sangat kecil.
8. Tidak memerlukan agregat batuan untuk tahap fondasi atau tahap fondasi bawah.
9. Dapat menyelesaikan masalah perkerasan jalan di atas tanah dasar yang ekspansif (mudah mengembang).

Kerugian dalam penggunaan Sistem Cakar Ayam Modifikasi bila di bandingkan dengan sistem perkerasa konvensional adalah :

1. Biaya pembangunan awal tinggi.
2. Pembangunan memerlukan waktu yang relative lama karna banyaknya pekerjaan struktur yang harus dibangun dibandingkan apabila hanya menggunakan perkerasan konvensional.

3.9 Analisa Metode Asaoka Dari Hasil Pengamatan

Prediksi kecepatan penurunan konsolidasi dari hitungan yang didasarkan pada parameter-parameter dari tanah hasil uji konsolidasi di laboratorium umumnya menghasilkan nilai yang lebih kecil. Dalam kenyataan, adanya lapisan-lapisan tipis material lolos air, ketidak menerusan dan sifat permeabilitas tanah yang anisotropik akan menghasilkan penurunan konsolidasi yang lebih cepat dari hasil perhitungan. Selain itu, kemungkinan adanya kerusakan contoh benda uji di laoratorium juga menghasilkan parameter koefisien konsolidasi tanah yang lebih kecil dibandingkan dengan yang ada di lapangan. Untuk menangani keterbatasan ini, maka kecepatan penurunan diprediksi dari data hasil pengamatan penurunan di lapangan, seperti yang disarankan oleh Asaoka (1978). Prinsip-prinsip metode Asaoka adalah sebagai berikut:

Satu seri data penurunan dipilih dari kurva penurunan terhadap waktu, pada interval waktu yang konstan. Dari beberapa data penurunan pada waktu t_i , kemudian diplot terhadap waktu penurunan pada waktu t_{i-1} . Dari sini dapat diperoleh kemiringan garis lurus β . Dapat dibuktikan bahwa kemiringan ini dapat

dihubungkan dengan koefisien konsolidasi arah vertikal, yaitu menurut persamaan :

$$C_v = \frac{5H_t^2 \ln \beta}{12\Delta t}$$

Dengan,

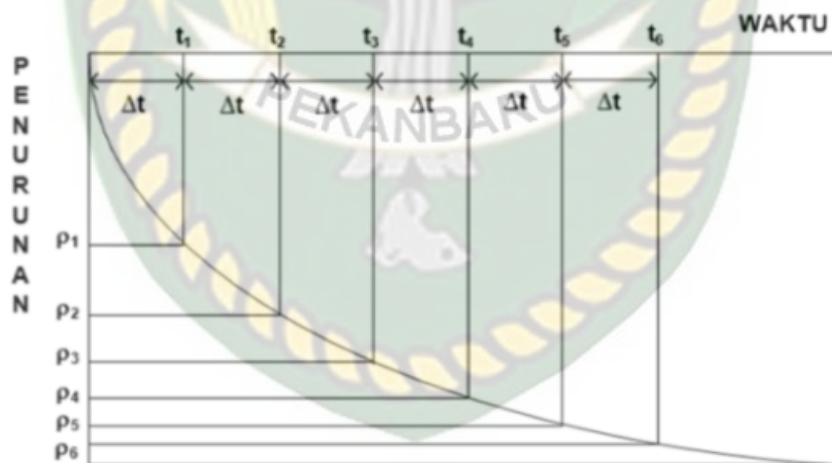
C_v = Koefisien konsolidasi arah vertikal ($m^2/hari$)

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

β = sudut yang didefinisikan pada (radian)

Δt = interval waktu (hari)

Prosedur Asaoka ini hanya akan menghasilkan kurva linier, jika tanah memenuhi asumsi Terzaghi. Data hasil pengamatan di lapangan, umumnya memperlihatkan kurva awal dan akhir melengkung, sebagai akibat dari berubahnya koefisien konsolidasi selama proses konsolidasi primer dan sekunder.



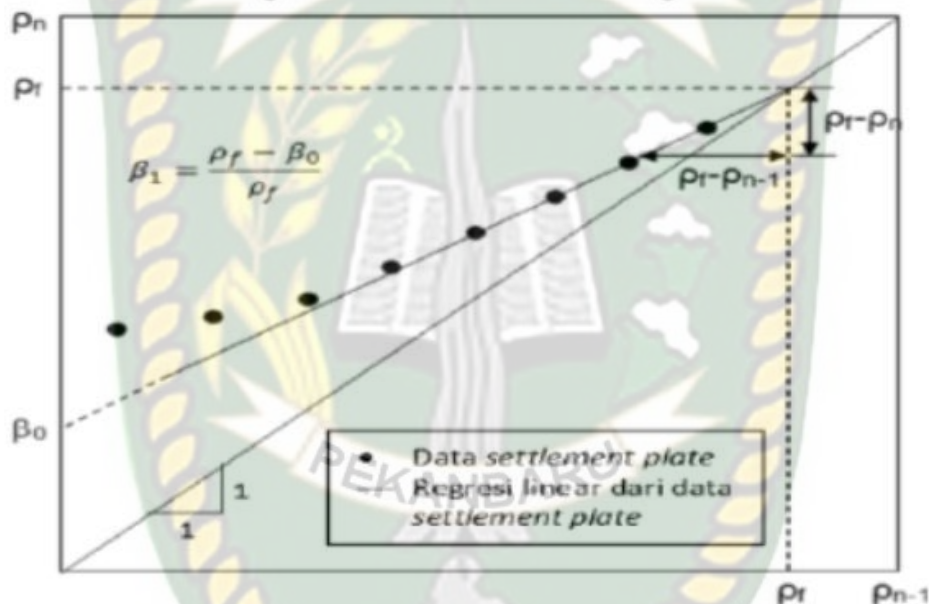
Gambar 3. 6 Kurva hubungan waktu – penurunan

Metode Asaoka cocok digunakan untuk menganalisis penurunan konsolidasi.

Langkah-langkah penggunaan metodenya adalah sebagai berikut :

1. Gambarkan hubungan penurunan terhadap waktu pengamatan seperti pada gambar 3.6.
2. Bagilah skala waktu ke dalam selisih waktu (Δt) yang sama.

3. Penurunan S_i pada waktu t_i , kemudian diplot terhadap S_{i-1} yaitu penurunan pada waktu t_{i-1} , seperti pada gambar 3.7.
4. Gambarkan garis 45° lewat titik asal.
5. Gambarkan garis yang melewati titik-titik data pengamatan, sampai garis ini memotong garis 45° tersebut. Dari sini diperoleh penurunan pada waktu tak terhingga (S_∞). Sudut β , yaitu sudut yang terbentuk oleh garis ini terhadap garis horisontal, digunakan untuk menentukan koefisien konsolidasi arah vertikal (C_v).



Gambar 3. 7 Metode Asaoka (1978)

BAB IV

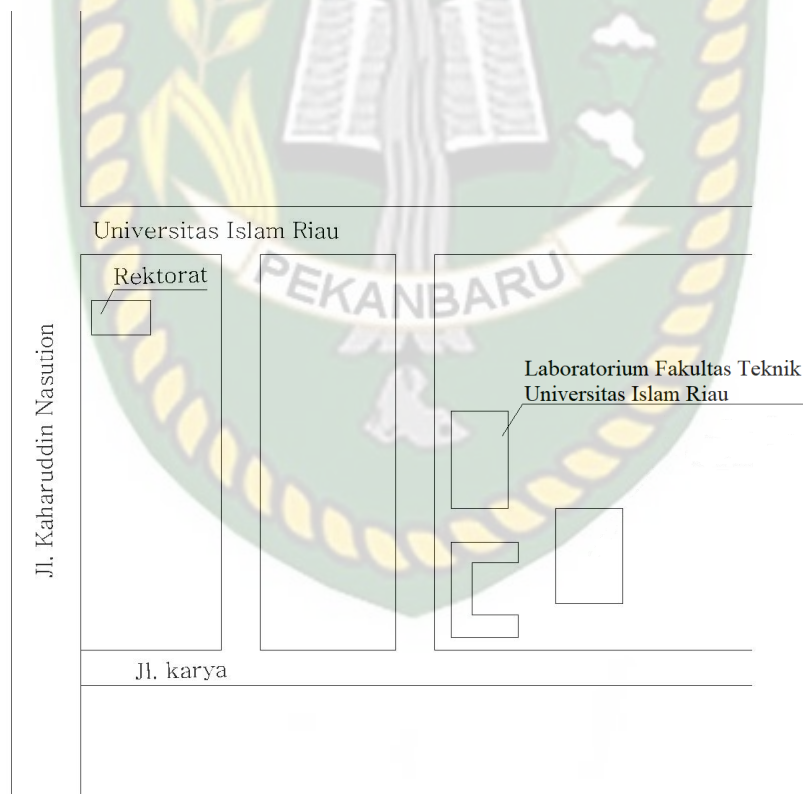
METODE PENELITIAN

4.1 Umum

Pada bab ini dijelaskan metode penelitian yang mencakup lokasi, bahan, alat, tahapan penelitian, serta prosedur dari pengujian pendahuluan dan pengujian utama. Dimana pengujian pendahuluan merupakan pengujian dari tanah gambut dan pengujian utama adalah pengujian pembebanan pelat model.

4.2 Lokasi Pengujian

Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau Pekanbaru, baik pada pengujian pendahuluan maupun pengujian utama.



Gambar 4. 1 Denah Lokasi Penelitian

4.3 Bahan Pengujian

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Tanah yang di gunakan berupa tanah gambut.
2. Model sampel yang digunakan adalah Sistem Cakar Ayam Modifikasi dengan dimensi 75 cm x 25 cm x 3 cm.
3. Model pelat polos yang terbuat dari campuran mortar dengan komposisi 1:3.
4. Model beban dari besi hollow dengan ukuran 3 cm x 3 cm sepanjang lebar model pelat, diisi dengan campuran mortar menggunakan komposisi 1:3.

4.4 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan pada pengujian disesuaikan dengan ketersediaan peralatan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

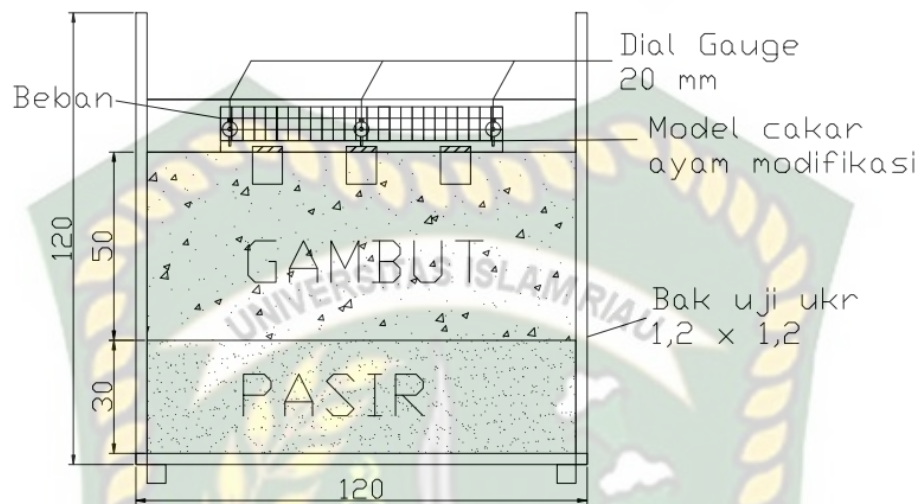
4.4.1 Peralatan Pengujian Bahan

Peralatan-peralatan untuk uji sifat-sifat tanah:

- a. peralatan uji kadar air,
- b. peralatan uji berat spesifik,
- c. peralatan uji berat isi,
- d. alat-alat bantu seperti spatula, timbangan, penampakan, oven, dan lain-lain.

4.4.2 Alat Pengujian 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. *Leveling*, untuk memastikan pelat diletakkan pada posisi yang rata.

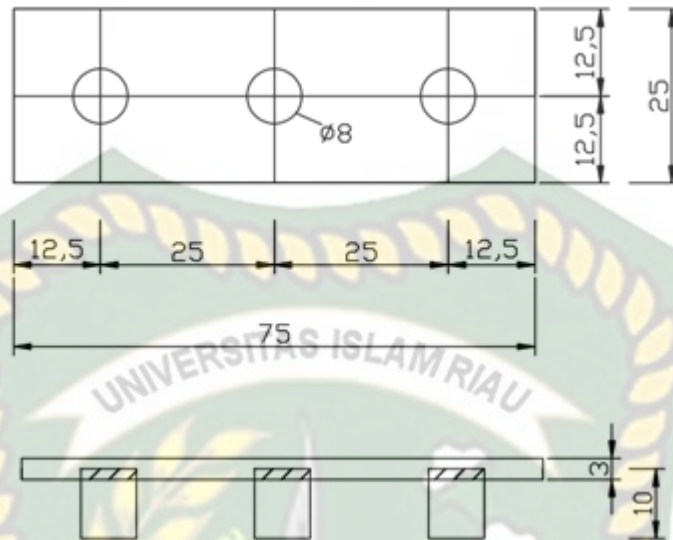


Gambar 4. 2 Skema Alat Uji Pembebanan, Sampel dan Alat

4.5 Model Percobaan

Model percobaan yang dipakai dalam penelitian ini seperti yang terlihat pada Gambar 4.2 tentang skema alat uji pembebanan. Pada gambar tersebut bahwa material deposit tanah gambut di tempatkan pada kotak (*box*) yang terbuat dari pelat 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 Pozzolanic Cement*) dengan perbandingan berat 1:3 yang dicampur dengan air.

Sistem Cakar ayam yang akan di uji berupa pelat beton tebal 30 mm dengan tiang pondasi terbuat dari baja dan di sambung pada tulangan pelat dengan cara di las. Dalam penelitian ini model cakar yang digunakan memiliki tinggi 10 cm dan diameter 8 cm, dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Model Cakar Ayam Modifikasi

4.6 Tahapan Penelitian

Pada tahapan penelitian ini menjabarkan tahapan-tahapan dari awal penelitian hingga akhir secara singkat. Berikut tahapan-tahapan pada penelitian ini.

A. Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum melakukan penelitian dilakukan persiapan, hal-hal yang perlu dipersiapkan terutama yang menjadi bahan dari pengujian. Seperti tanah gambut, bak uji model, semen, pasir, serta peralatan bantuan untuk pengujian.

B. Perancangan Benda Uji

Berikutnya benda uji yang digunakan disesuaikan dengan aplikasi yang ada di lapangan, diambil ukuran bentang 7,5 m dengan skala 1 : 10 maka ukuran model adalah 75 cm. Dengan satu baris cakar maka lebar model adalah 25 cm. Skala yang diambil menyesuaikan dengan ukuran bak uji yang tersedia yaitu 1,2 x 1,2 m.

C. Pengujian Pendahuluan

Terlebih dulu dilakukan pengujian pendahuluan yang merupakan 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 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 spesifik (ASTM D 854-02), didapat berat spesifik tanah yang merupakan perbandingan berat tanah terhadap berat air.

D. Pengujian Utama

Setelah pengujian pendahuluan baru dapat dilakukan Pengujian Utama yang merupakan uji dari model yang akan diteliti. Terdapat dua model yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model sistem Cakar Ayam Modifikasi (CAM) dan model Pelat polos. Model diletakkan di dalam bak uji yang telah diisi tanah gambut. Lalu diberi beban timbunan dan dilihat penurunannya.

E. Analisa Hasil Penelitian Dan Pembahasan

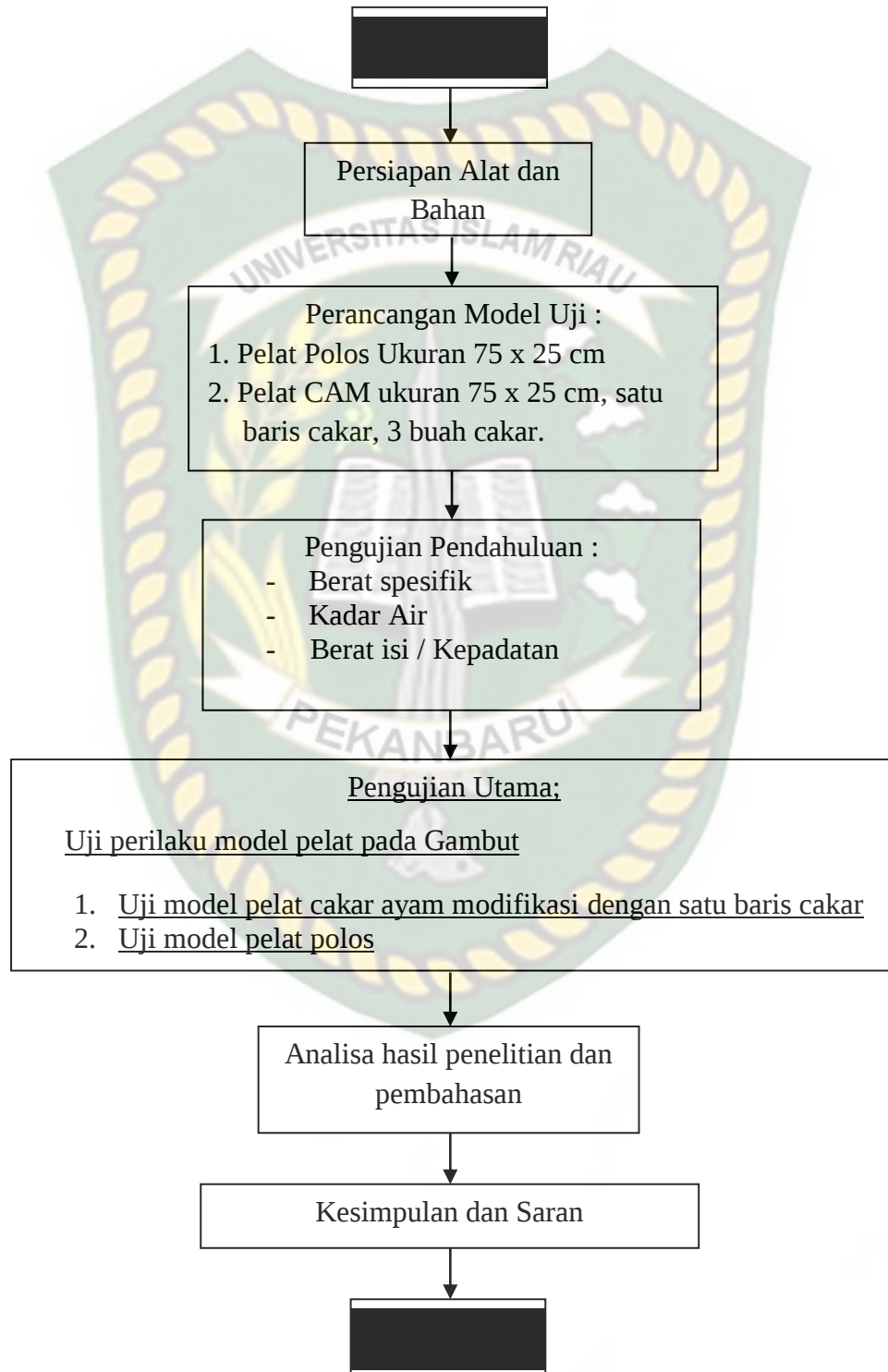
Setelah dilakukan pengujian, maka hasil penelitian yang didapat berupa :

- Sifat-sifat fisis tanah, yaitu kadar air, berat spesifik, berat isi / kepadatan, serta kadar air optimum,
- Penurunan pelat polos dan pelat CAM, dari tahap pertama hingga tahap ketiga. Penurunan didapat dalam satuan mili meter (mm) dan disajikan ke dalam grafik penurunan vs waktu.

F. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan analisa dan pembahasan, selanjutnya diambil kesimpulan yang disesuaikan dengan tujuan penelitian yang ada. Lalu peneliti dapat memberi saran kepada peneliti selanjutnya yang tertarik mengambil penelitian serupa.

Dari tahapan-tahapan yang diuraikan di atas, dapat dirangkum dalam bentuk bagan alir. Berikut rangkuman dari tahapan penelitian dalam bentuk bagan alir.



Gambar 4. 4 Bagan Alir Penelitian

4.7 Prosedur Pengujian

Dari tahapan pelaksanaan, perlu dijelaskan lebih terperinci tentang prosedur pengujian pendahuluan serta pengujian utama. Dalam penelitian ini, penelitian pendahuluan dilakukan sebagai acuan pada pengujian utama.

4.6.1 Pengujian Pendahuluan

Pada bagian pengujian pendahuluan, dilakukan dengan mengambil sampel tanah gambut yang telah tersedia atau yang akan digunakan sesuai keperluan pengujian. Berikut prosedur dari pengujian pendahuluan :

1. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-98). Tanah dalam kondisi basah dari lapangan / bak uji diletakkan ke dalam wadah, setelah ditimbang sampel tanah dimasukkan kedalam oven selama 24 jam dengan suhu 80°C . Lalu ditimbang tanah kering dari oven, selanjutnya dibandingkan berat air dengan berat tanah kering
2. Berat Isi dan angka Pori. Tanah dalam kondisi basah diambil dari tabung sampel, lalu dipotong setinggi cincin uji. Cetak sampel menggunakan cincin uji, lalu timbang sampel didalam wadah. Setelah itu sampel dioven selama 24 jam dengan suhu 80°C , dan ditimbang berat tanah kering. Kondisi berat isi tanah asli yang diperoleh dilapangan di gunakan sebagai acuan kepadatan pada box uji.
3. Pemeriksaan berat spesifik (ASTM D 854-02). Sampel diambil secukupnya lalu dioven selama 24 jam pada suhu 80°C . Tanah kering disaring menggunakan saringan no. 40 diambil secukupnya. Selanjutnya tanah diambil secukupnya dimasukkan kedalam piknometer 50 ml dan ditimbang. Lalu ditambahkan air ke dalam piknometer hingga tanah terendam air. Untuk mengangkat udara dalam pori-pori tanah, sampel uji dipanaskan diatas pasir dengan menggunakan kompor listrik. Setelah udara dalam pori tanah menghilang, tambahkan air hingga ke bibir piknometer dan ditimbang.

4.6.2 Pengujian Utama

Pengujian utama merupakan pengujian dari model, dilakukan setelah semua pengujian pendahuluan untuk mengetahui properties dari tanah gambut diketahui. Berikut prosedur dari pengujian utama :

a. Pelapisan pasir

Pasir akan di isi ke dalam bak uji hingga tinggi 30 cm, sebagai lapisan pasir padat pada lapangan. Pelapisan pasir dilakukan bertahap, peneliti melakukan sebanyak 3 tahapan. Pasir dari karung dimasukkan ke dalam bak uji lalu diratakan menggunakan kayu yang lurus. Setelah diratakan dipadatkan menggunakan balok kayu. Dilakukan bertahap hingga mencapai tinggi lapisan 30 cm. Setelah itu dilapisi terpal kedap air diatas lapisan pasir sebagai pemisah dengan tanah gambut.

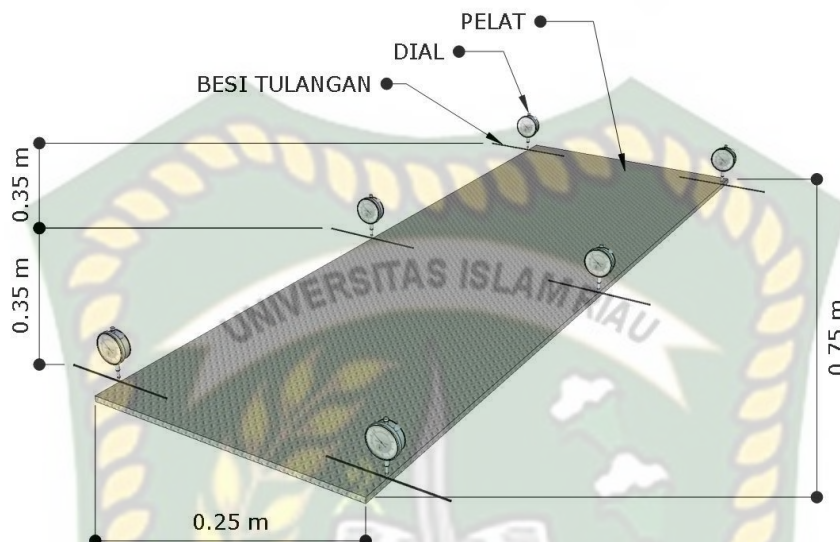
b. Penyesuaian kondisi tanah

Tanah gambut yang digunakan dalam pengujian akan diletakkan ke dalam bak uji setinggi 50 cm. Terlebih dulu tanah diuji kadar airnya untuk memperhitungkan penambahan air. Penambahan kadar air dilakukan pada wadah, terlebih dulu tanah yang sudah dicek kadar airnya ditimbang dan ditambah air dan diaduk di dalam wadah. Setelah diletakkan di box uji, terlebih dulu tanah didiamkan hingga tanah tidak lagi mengalami pemadatan. Setelah tanah didiamkan, permukaan tanah diratakan dengan bantuan kayu balok agar pelat yang diletakkan di atas tanah dalam kondisi datar. Dilihat kerataan tanahnya dengan bantuan *leveling*.

c. Peletakan pelat dan *dial gauge*

Kedua pelat diletakkan dengan manual menggunakan tangan. Untuk model cakar ayam modifikasi (CAM), pelat ditekan menggunakan tangan hingga cakar tenggelam sepenuhnya ke dalam tanah atau bagian bawah pelat menempel ke tanah. Lalu dipastikan posisi pelat datar dengan cara meletakkan *leveling* di atas pelat. Setelah pelat diletakkan, diletakkan *dial gauge* pada titik yang telah disiapkan pada pelat. *Dial gauge* disambungkan ke besi siku yang melintang diatas bak uji menggunakan besi ulir dan mur. Perletakan *dial gauge* menggunakan besi tulangan yang ditempelkan pada sisi samping pelat agar tidak

menghalangi saat beban diletakkan. Posisi *dial gauge* dapat dilihat pada gambar 4.5 berikut.



Gambar 4. 5 Posisi *dial gauge*

Pada gambar 4.5 diperlihatkan posisi *dial gauge* pada pelat, yang diletakkan pada tepi pelat. Terdapat 6 buah *dial gauge* yang dibagi menjadi 3 pasang yang berhadapan. Dua diletakkan persis ditengah bentang pelat, lalu dua pasang lainnya diletakkan 2,5 cm dari pinggir pelat. Diletakkan sedikit kedalam karena demi menghindari resiko lepasnya dudukan *dial gauge* saat meletakkan beban ke atas pelat. Setelah pemasangan *dial gauge* selesai, atur jarum pada *dial gauge* menuju angka 0 sebagai awal pembacaan.

d. Uji Pembebanan

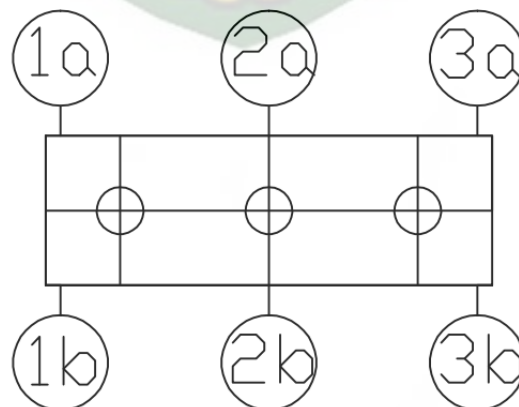
Beban di berikan secara bertahap sebanyak 3 tahapan, dilakukan bertahap disesuaikan dengan pelaksanaan dilapangan agar tanah benar-benar padat. Dibuat 3 tahapan karena tinggi timbunan yang dibuat adalah 10 cm, maka dibagi menjadi 3 tahapan. Beban disusun hingga sepanjang pelat, lalu direkatkan dengan selotip pada bagian bawah beban. Lalu diangkat dengan bantuan selotip dan diletakkan diatas model pelat. Berikut penampakan perletakan beban dengan bantuan selotip.



Gambar 4. 6 Peletakan beban dengan selotip

e. Pembacaan Penurunan

Setelah beban diletakkan, langsung dilihat penurunannya pada *dial gauge*. Pembacaan pada awal pembebanan dilakukan hingga 1 jam dengan interval 15 menit, setelah itu dilakukan pembacaan tiap 24 jam. Pembacaan dilakukan hingga penurunan konsolidasi mendekati konstan, yaitu penurunan bernilai dibawah 0,03 mm sebanyak 2 kali pembacaan. Setelah penurunan mendekati konstan dilakukan penambahan beban hingga tahap ketiga. Nilai penurunan didapat dari *dial gauge* yang berada ditepi pelat sebanyak 6 buah, berikut sketsa letak *dial gauge*.



Gambar 4. 7 Sketsa posisi *dial gauge*

Pada gambar 4.7 diperlihatkan posisi dial terdiri dari 1a-3b, dimana *dial* 1 adalah sisi kiri dan *dial* a adalah posisi sebelah atas. Lalu dari nilai yang didapat antara *dial gauge* a dan b ditentukan reratanya untuk menentukan penurunan pada tengah pelat yang disajikan dalam bentuk grafik waktu dan penurunan.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

Hasil pengamatan berupa pengujian pendahuluan yaitu karakteristik sifat-sifat fisik tanah gambut dan sifat-sifat mekanik tanah gambut, serta pengujian utama merupakan Penurunan pada permodelan sistem cakar ayam modifikasi dan pada 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, beberapa pengujian yang dilakukan yang meliputi pengujian kadar air tanah asli, berat spesifik (G_s), dan pengujian pemadatan.

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 di dapatkan nilai kadar air sebesar 351 %, dapat dilihat pada 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 (G_s)

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 digunakan adalah sebesar 1,53, dapat dilihat pada Lampiran A-2. Nilai berat spesifik (G_s) terpengaruh dari serat-serat kayu dan organik lainnya.

5.2.3 Sifat-sifat Tanah Gambut

Berdasarkan dari pengujian-pengujian yang telah dilakukan, dapat dirangkum sifat-sifat fisis tanah. Berikut tabel sifat fisis tanah gambut yang didapat dari hasil pengujian pendahuluan.

Tabel 5. 1 Sifat-sifat Tanah Gambut

No	Sifat-sifat	Besaran	Satuan
1	Berat Spesifik, G_s	1,53	-
2	Kadar air, w	351	%
3	Berat volume basah, γ	1,40	kN/m^3
4	Berat volume kering, γ_d	0,32	kN/m^3
5	Berat Isi Kering Maksimum (γ_d maks)	1.40	Gr/cm^3

5.3 Hasil Uji Permodelan Pelat

Pada penelitian ini dilakukan uji dua mdel pelat yaitu pelat polos dan pelat cakar ayam modififikasi. Pengujian kedua pelat dilakukan pada kondisi yang sama, sehingga ditemukan perbandingan Penurunan diantara kedua pelat. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban per tahap sebanyak tiga tahapan, dilakukan pembacaan penurunan setiap 24 jam hingga penurunan mulai konstan. Berat beban disesuaikan dengan berat tanah timbunan dianggap lempung berpasir yaitu $1,6 - 1,8 \text{ ton/m}^3$ (Hardiyatmo, 2001). Pada pengujian ini berat beban tiap tahap yaitu, tahap pertama 11919,6 gram, tahap kedua 12935,4 gram, tahap ketiga 12780,7 gram.

Kondisi tanah pada uji permodelan ini disesuaikan pada kondisi tanah yang diambil dari lapangan. Sebelum dilakukan uji permodelan terlebih dahulu dilakukan pengujian kadar air serta kepadatan tanah. Kadar air tanah yang didapat pada uji permodelan ini adalah 344 % (Lampiran A-5), serta kepadatan (berat isi) tanah yang didapat adalah $1,43 \text{ kN/m}^3$ (Lampiran A-6).

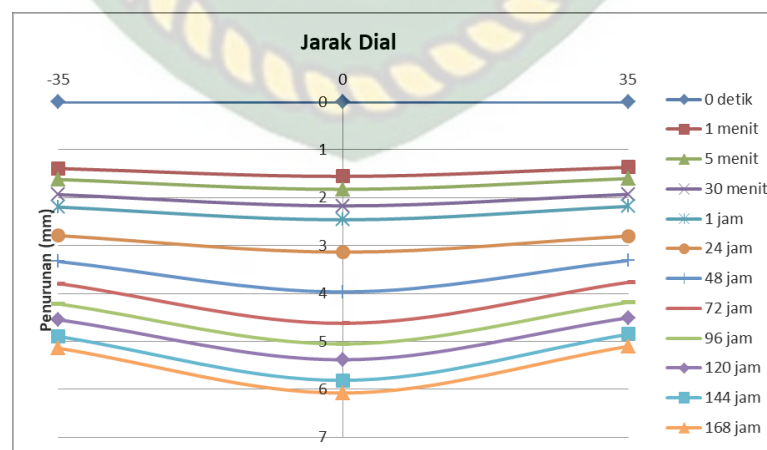


Gambar 5. 1 Pengujian beban pada model (Dokumentasi, 2019)

Pada gambar 5.2. diatas merupakan pengujian utama permodelan pelat, pembebanan dilakukan sebanyak 3 tahapan. Dengan tiap tahapan dilakukan pembacaan hingga penurunan mendekati konstan. Pembacaan dilakukan dengan cara meletakkan manometer pada tepi pelat sebanyak 6 buah yang dikaitkan pada besi hollow.

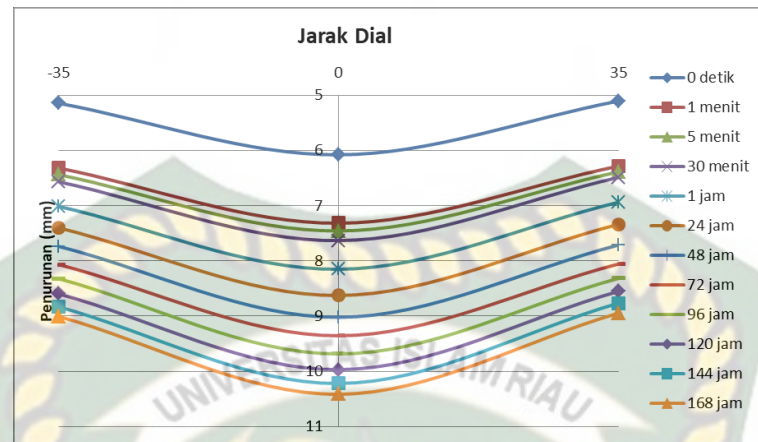
5.3.1 Penurunan Pelat Polos

Pengujian dilakukan per tahapan hingga penurunan dibawah 0,3 mm per 24 jam sebanyak 2 kali pembacaan, lalu dilakukan penambahan beban. Berat dari pelat polos adalah 13,5 kg, dengan dimensi 75 cm x 25 cm x 3 cm. Berikut grafik hasil pembacaan per tahapan beban.

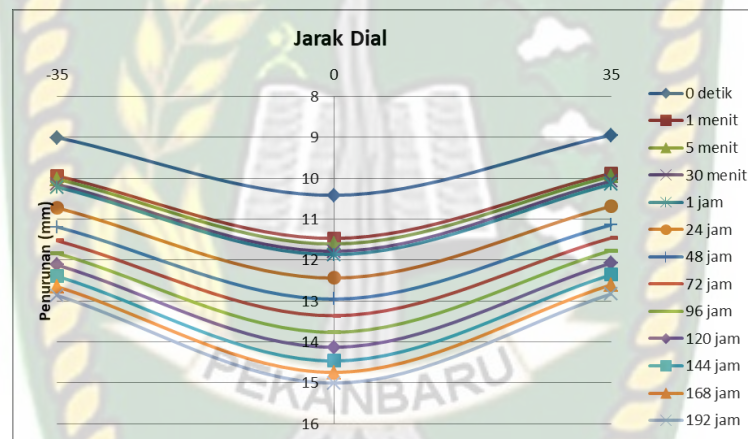


(a)

Gambar 5. 2 (a) Grafik penurunan pelat polos beban tahap ke-1
(b) Grafik penurunan pelat polos beban tahap ke-2
(c) Grafik penurunan pelat polos beban tahap ke-3



(b)



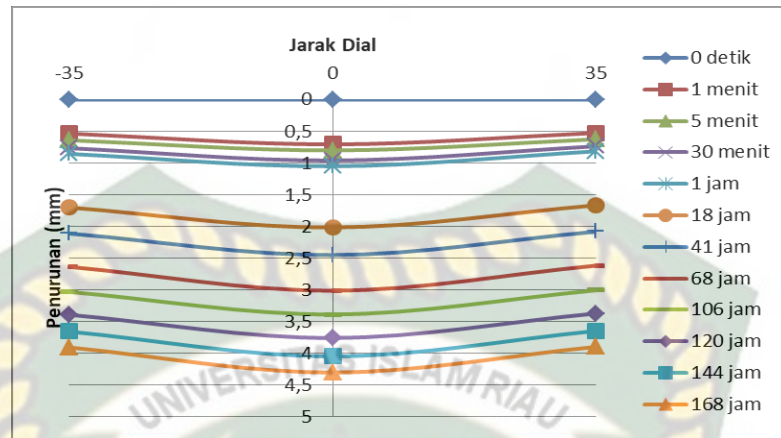
(c)

Gambar 5.3 Lanjutan

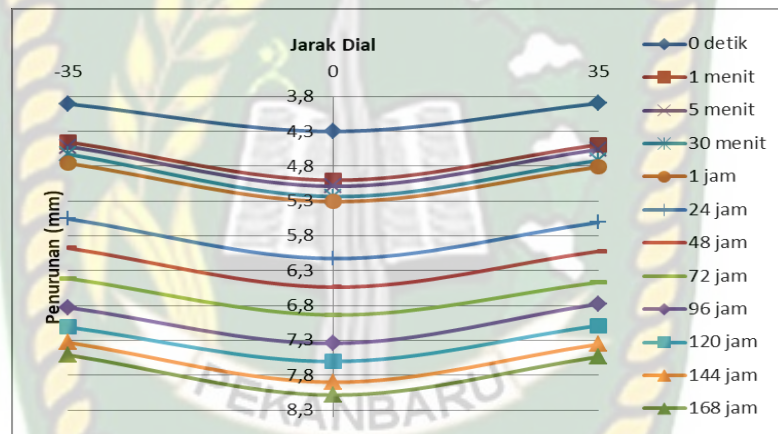
Gambar 5.3 menunjukkan penurunan pada pelat, penurunan yang terjadi sekitar 5 mm pada setiap tahap beban. Penurunan paling tinggi terjadi pada tengah pelat sebesar 15 mm, karena merupakan sentris dari beban.

5.3.2 Penurunan Pelat Cakar Ayam Modifikasi

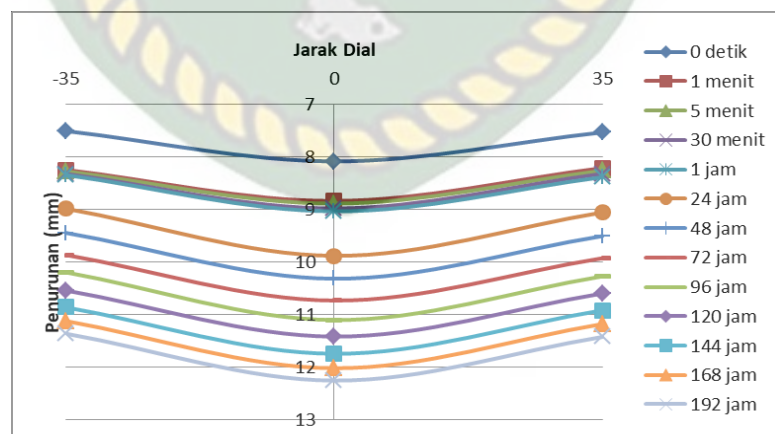
Pelat yang digunakan memiliki dimensi 75 cm x 25 cm x 3 cm, menggunakan 3 cakar dalam satu baris dan berat total pelat adalah 13,7 kg. Pengujian dilakukan per tahapan hingga penurunan dibawah 0,3 mm per 24 jam sebanyak 2 kali pembacaan, lalu dilakukan penambahan beban. Berikut grafik penurunan per tahapan beban.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.3 (a) Grafik penurunan pelat CAM beban tahap ke-1
 (b) Grafik penurunan pelat CAM beban tahap ke-2
 (c) Grafik penurunan pelat CAM beban tahap ke-3

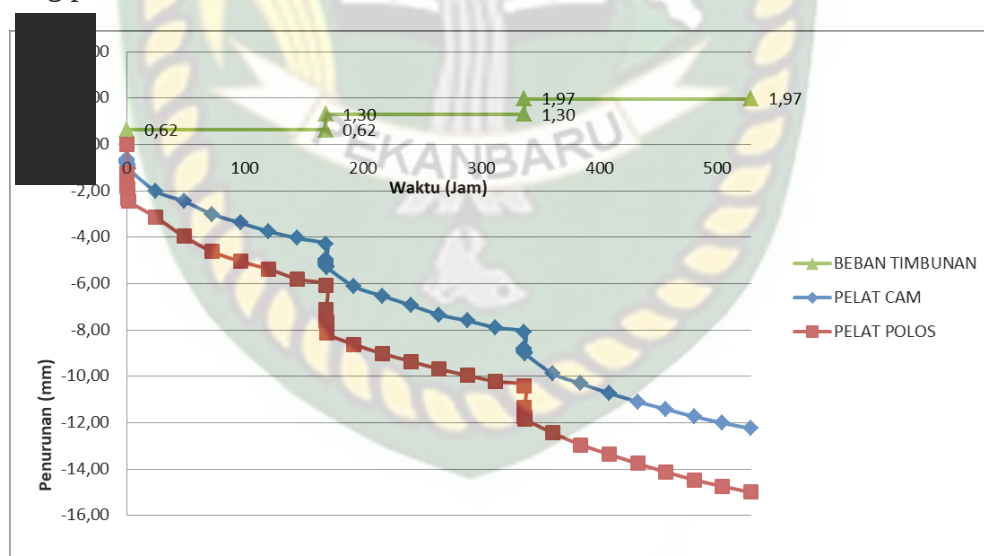
Gambar 5.2 menunjukkan perilaku Penurunan pada pelat, penurunan yang terjadi sekitar 5 mm pada setiap tahap beban. Penurunan paling tinggi terjadi pada tengah pelat sebesar 12,3 mm, karena merupakan sentris dari beban.

5.4 Perbandingan Penurunan Pelat Polos dan Pelat CAM

Berdasarkan data dari hasil pembacaan pada percobaan, maka dapat diambil perbandingan Penurunan antara pelat polos dan pelat cakar ayam modifikasi (CAM). Perbandingan Penurunan dilihat pada dua titik, yaitu pada tengah bentang pelat dan di tepi pelat.

5.5.1 Perbandingan Penurunan Pada Tengah Bentang Pelat

Pada gambar 5.2 dan 5.3 diperlihatkan hasil Penurunan pada pelat polos dan pelat cakar ayam modifikasi (CAM). Grafik yang akan diberikan merupakan perbandingan antara waktu dan penurunan, terdapat grafik sesuai dengan beban yang sebanyak 3 tahap. Berikut perbandingan hasil Penurunan pada tengah bentang pelat.



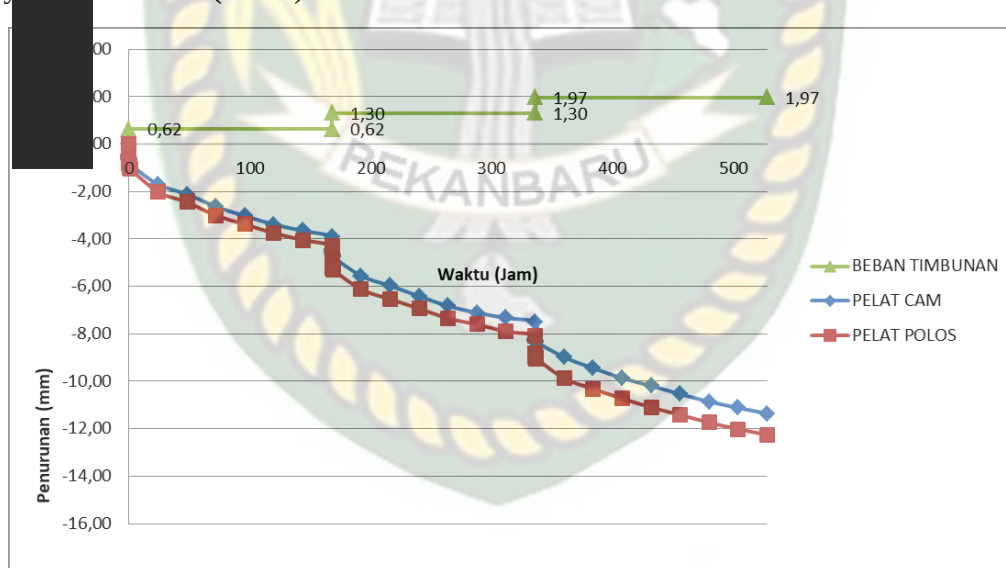
Gambar 5. 4 Graik perbandingan penurunan pada tengah pelat

Dari gambar 5.5 perbandingan penurunan yang terjadi pada tengah bentang pelat polos dan CAM tidak terlalu signifikan. Tetapi perbedaan penurunan yang terjadi makin besar pada tiap tahap, bisa diperhatikan perbedaan jarak pada akhir tiap tahap. Hal tersebut menunjukkan bahwa kinerja cakar yang menahan tekanan dari penambahan lapisan beban.

Penurunan tertinggi adalah 15 mm pada pelat polos dan 12,06 mm pada pelat cakar ayam modifikasi (CAM). Pada penurunan tiap 24 jam relatif memiliki selisih yang sama, tetapi pada awal pembebanan memiliki perbedaan yang cukup besar pada kedua pelat. Hal ini dikarenakan kinerja dari cakar pada pelat yang menahan beban awal dengan memanfaatkan tegangan geser tanah. Dengan perbedaan penurunan yang dihasilkan maka cakar yang mereduksi penurunan sebesar 14,1%.

5.5.2 Perbandingan Penurunan 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 dapat didapatkan perbandingan penurunan pelat polos dan pelat cakar ayam modifikasi (CAM) pada tepi pelat. Berikut perbandingan penurunan pada tepi pelat antara pelat polos dan pelat cakar ayam modifikasi (CAM).



Gambar 5. 5 Grafik perbandingan penurunan pada tepi pelat

Berdasarkan gambar 5.6 di atas, diperlihatkan perbandingan penurunan pada tepi pelat. Pada tepi pelat ini, penurunan pada pelat polos tetap lebih besar tetapi perbedaan yang terjadi tidak sebesar seperti penurunan pada tengah pelat. Masih bisa dilihat bahwa perbedaan antara penurunan pelat polos dan pelat cakar ayam modifikasi terletak pada pembebanan awal. Penambahan beban pada tiap tahap terlihat tidak berpengaruh signifikan terhadap perbedaan penurunan.

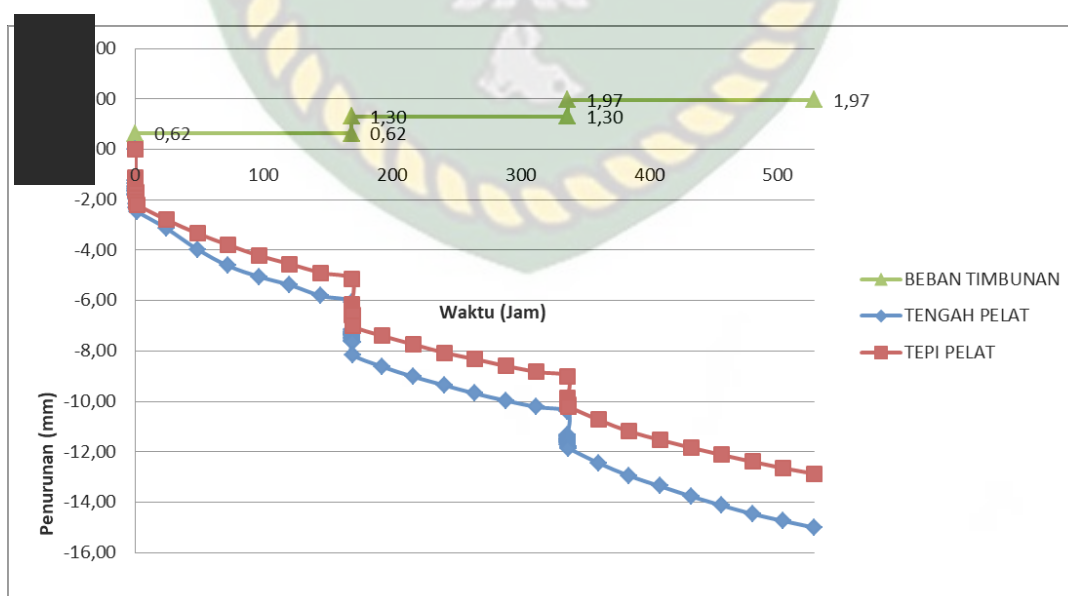
Dari hasil penelitian yang dilakukan Waruwu (2018), hasil rata-rata penurunan yang direduksi oleh tiang pada pelat terpaku terhadap beban timbunan adalah 36,13% untuk tiang 15 cm, 67,72% untuk tiang 35 cm. Sementara menurut hasil penelitian yang didapat cakar mereduksi penurunan 14,1%. Karena perbedaan dimensi serta berbeda besarnya beban berpengaruh terhadap perbedaan reduksi penurunan yang terjadi. Tetapi terlihat jauh berbeda reduksi penurunan dari pelat terpaku dan pelat CAM, sehingga peneliti berasumsi bahwa pelat terpaku lebih efektif mereduksi beban timbunan.

5.5 Perilaku Pelat

Dalam penurunannya pelat polos serta pelat CAM mengalami perbedaan penurunan antar tepi dan tengah pelat. Maka perlu diperhatikan bagaimana perilaku penurunan dari pelat polos dan pelat CAM.

5.5.1 Perilaku Pelat Polos

Berdasarkan hasil penurunan pelat polos yang telah ditampilkan, diperhatikan perilaku penurunan pada tengah dan tepi pelat polos. Untuk mengetahui seberapa besar perbedaan penurunan yang terjadi antara tengah dan tepi pelat polos. Berikut grafik penurunan di tengah dan tepi pada pelat polos.

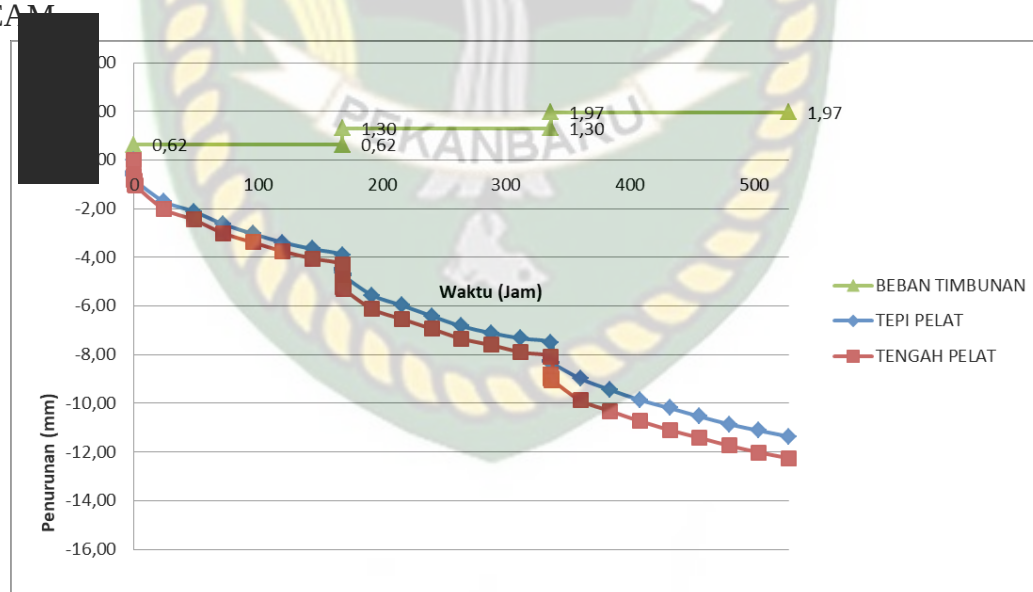


Gambar 5. 6 Grafik Perbandingan Penurunan Pelat Polos

Pada gambar 5.7 terlihat perbandingan penurunan pada tengah dan tepi pelat polos. Dengan penurunan tertinggi pada tengah pelat sebesar 15 mm dan pada tepi pelat sebesar 12,2 mm. Perbedaan penurunan secara bertahap semakin besar saat penambahan tahap. Pada tahap pertama perbedaan sebesar 1,7 mm, pada tahap kedua perbedaan sebesar 2,4 dan pada tahap ketiga menjadi sebesar 2,8 mm. Hal tersebut disebabkan karena bertambahnya beban merata diatas model pelat yang membuat tekanan terbesar terjadi pada tengah pelat sehingga penurunan pada tengah pelat menjadi lebih tinggi.

5.5.2 Perilaku Pelat CAM

Dari hasil penurunan pada pelat CAM yang telah ditampilkan, diperhatikan perilaku pelat CAM terhadap beban timbunan dengan membandingkan penurunan di tengah bentang pelat serta di tepi pelat. Dengan demikian dapat dilihat bagaimana kinerja dari sistem CAM serta perilaku pada pelat CAM. Berikut grafik dari penurunan di tengah bentang dan di tepi pelat CAM.



Gambar 5. 7 Grafik Perbandingan Penurunan Pada Pelat CAM

Pada gambar 5.8 terlihat bahwa Penurunan yang terjadi pada pelat CAM akibat beban timbunan tidak terlalu tinggi. Perbedaan penurunan pada tengah bentang dan tepi pelat hanya berkisar 1 mm. Perbedaan penurunan terjadi pada awal pembebanan yang mana pada tengah bentang memiliki tekanan paling tinggi

karena merupakan sentris dari beban. Tekanan tanah yang bekerja pada cakar bekerja dengan mengikat dan memberi gaya tahanan gesek dan tahanan momen yang membantu mengurangi Penurunan pada pelat.

Pada tahap pertama dan kedua memiliki waktu yang sama untuk mendekati penurunan konstan yaitu 168 jam. Lalu pada tahap ketiga berbda 24 jam untuk mendekati konstan, yaitu pada pembacaan 192 jam. Hal ini terjadi karena pada beban tahap pertama dan kedua telah terjadi penurunan konsolidasi terlebih dahulu dan membuat tanah gambut menjadi lebih padat, sehingga membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai penurunan konstan pada beban yang ketiga. Kinerja sistem Cakar Ayam Modifikasi dari hasil perbandingan dengan pelat polos dapat mereduksi penurunan 14,1% dibandingkan dengan penurunan pada pelat polos. Maka dengan nilai reduksi penurunan tersebut sistem CAM menurut peneliti tidak terlalu efektif menahan beban timbunan pada tanah gambut.

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

Setelah dilakukan penelitian, diambil hasil penurunan pelat dan waktu penurunan yang didapat. Diambil data penurunan pelat polos dan Pelat CAM untuk membuat grafik hubungan S_i dan S_{i-1} . Berikut hasil data pengamatan penurunan pada pelat polos dan Pelat CAM (Tabel 5.2).

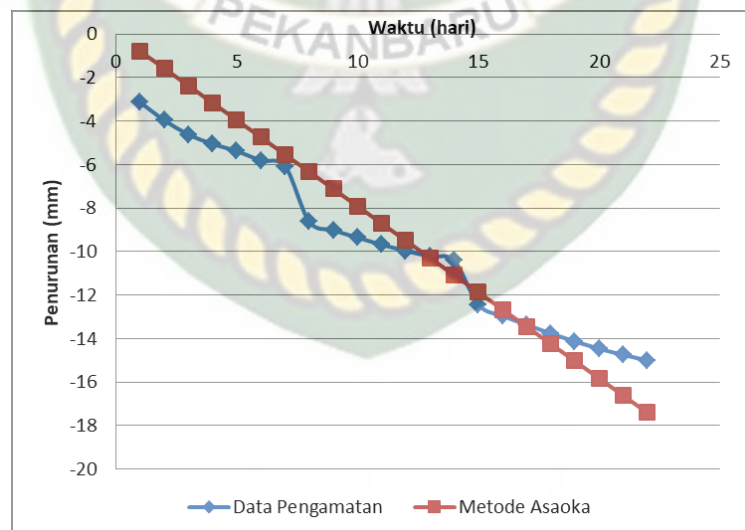
Tabel 5. 2 Penurunan Pelat Polos dan Pelat CAM

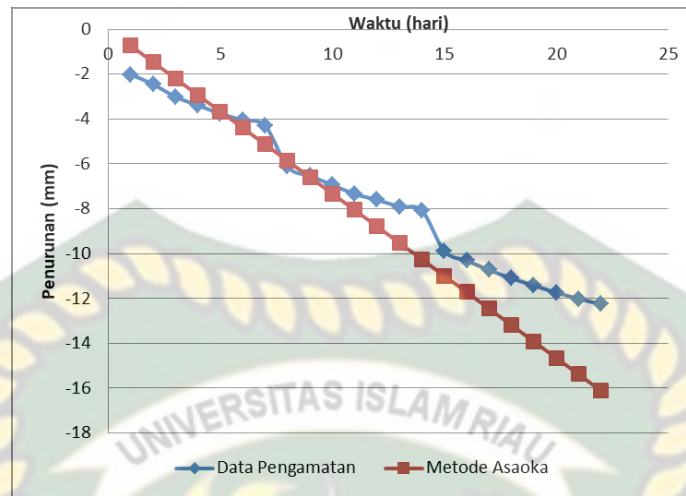
Waktu (Hari)	Penurunan Pelat Polos (mm)	Penurunan Pelat CAM (mm)
1	3,14	2,015
2	3,97	2,45
3	4,62	3,01
4	5,05	3,38
5	5,38	3,75
6	5,81	4,04
7	6,08	4,3
8	8,63	6,12
9	9,02	6,53
10	9,36	6,93
11	9,69	7,34

Tabel 5. 2 Lanjutan

12	9,97	7,60
13	10,22	7,9
14	10,42	8,08
15	12,44	9,88
16	12,96	10,31
17	13,36	10,73
18	13,77	11,1
19	14,13	11,45
20	14,47	11,74
21	14,75	12,01
22	15,01	12,25

Dari data hasil pengamatan penurunan pelat polos dan pelat CAM diatas, lalu disajikan ke dalam bentuk grafik penurunan dan waktu agar dapat dilihat bentuk garis yang terbentuk dari penurunan pelat polos. 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 grafik dari penurunan dan waktu pada pelat polos (Gambar 5.9).

**(a) Penurunan Pelat Polos**



(b) Penurunan Pelat CAM

Gambar 5. 8 Grafik Perbandingan Penurunan Dari Data Pengamatan dan Menurut metode Asaoka

Dari data pada tabel 5.2 dan gambar 5.9 dapat dilihat bahwa penurunan dari hasil perhitungan menurut metode Asaoka (Lampiran A-13 – A-16) dan penurunan dari data pengamatan. Pada pelat polos didapat dari metode asaoka penurunannya sebesar 17,4 mm dan pada pelat CAM sebesar 16 mm. terdapat sedikit perbedaan dari hasil pengamatan dan menurut metode asaoka. Karena terdapat 3 tahap pembebanan.

Dari didapat (Lampiran A-13 – A-16) dkoefisien konsolidasi (C_v) sebesar $2,89 \text{ m}^2/\text{tahun}$ pada pelat polos dan $2,67 \text{ m}^2/\text{tahun}$ pada pelat CAM. Koefisien didapat berdasarkan data penurunan konsolidasi pelat polos dan pelat CAM pada tanah gambut menurut uji model di laboratorium. Terdapat perbedaan koefisien konsolidasi yang didapat dari analisa balik metode Asaoka, perbedaan yang terjadi sekitar $0,22 \text{ m}^2/\text{tahun}$ yang dipengaruhi dari fungsi kerja cakar pada pelat cakar ayam modifikasi (CAM).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penurunan akibat beban timbunan pada pelat cakar ayam modifikasi dengan dimensi 75 cm x 25 cm x 3 cm, dengan satu baris cakar dan tiga tahap pembebanan adalah sebesar 12 mm pada akhir pembacaan. Dengan rata-rata penurunan tiap tahapan 4 mm. Lalu penurunan yang terjadi pada pelat polos adalah 15 mm, sehingga terjadi reduksi penurunan sekitar 14% akibat fungsi cakar. Bila baris dan jumlah cakar bertambah maka penurunan akan cenderung berkurang.
2. Pada beban ke-3 terdapat perbedaan waktu penurunan yang lebih lama dibanding beban ke-1 dan 2, karena tanah telah mengalami konsolidasi terlebih dahulu, sehingga waktu penurunan konsolidasi pada tahap ketiga menjadi lebih lama untuk mencapai konstan.

6.2. Saran

Dari kesimpulan yang diambil di atas, peneliti menyarankan beberapa hal sebagai berikut :

1. Menentukan penurunan akibat beban timbunan pada sistem cakar ayam modifikasi dengan lebih dari satu baris cakar atau dengan variasi cakar.
2. Menggunakan metode pembebanan yang berbeda, dengan kombinasi pembebanan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM Standart (1994), *Section 4, Construction* : Volume 04.08 dan 04.09, *Soils and Rock*, American Society for Testing and Materials, Philadelphia,USA.
- Farrel, E.R., C. O'Neill and A. Morris, 1994, *Changes in the mechanical properties of soil with variation in organic content. In Advance in Understanding and Modeling the mechanical Behavior of Peat*, p;19-25. Balkema Rotterdam.
- Hamdan, 2018, “Pengaruh Lantai Kerja Terhadap Penurunan Pelat Perkerasan Sistem Cakar Ayam Pada Tanah Gambut”, *Tesis*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pasacasarjana UIR Pekanbaru,Indonesia.
- Hardiyatmo, H.C., 2010, *Perancangan Sistem Cakar Ayam Modifikasi Untuk Perkerasan Jalan Raya*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2018, *Mekanika Tanah II*, Edisi Keenam, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C., Suhendro, B., 2012, “Sistem Perkerasan Cakar Ayam Modifikasi (Cam) Sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan Di Atas Tanah Lunak, Ekspansif, Dan Timbunan”.
- Miswarti, 2018, “Pengaruh Konfigurasi Cakar Terhadap Penurunan Pelat Perkerasan Sistem Cakar Ayam Pada Tanah Gambut”, *Tesis*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana UIR Pekanbaru,Indonesia.
- Pusat Litbag Prasarana Transportasi, 2001, *Panduan Geoteknik 1*, Edisi Pertama, Bandung – Indonesia.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2001, *Panduan Geoteknik 3*, Edisi Pertama, Bandung – Indonesia.
- Puri, A., 2015, “Perilaku Sistem Pelat Terpaku Pada Tanah Lunah”, *Disertasi*, Program Studi Teknik Sipil, Program Pascasarjana UGM Yogyakarta,Indonesia.

- Mubekti., 2011, “Studi Pewilayahan Dalam Rangka Pengelolaan Lahan Gambut Berkelanjutan Di Provinsi Riau”. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, Volume13, No. 2, Hlm 8-94.
- Rosita, D., 2017, “Perhitungan Penurunan Pelat Model Perkerasan Jalan Sistem Cakar Ayam Modifikasi (Cam) Menggunakan Nilai Modulus Reaksi Subgrade Ekvivalen Metode Hardiyatmo Modifikasi Dengan Variasi Faktor Aman”, *Tugas Akhir*, Program Studi Teknik Sipil, UIR, Pekanbaru, Indonesia.
- Skempton, A.W, dan D.J. Petley, 1970. *Ignition loss and other properties of peat and clay from Avonmouth, King's Lynn & Carnberry Moss. Geotechniques* 20(4): 343-356.
- Suhendro, B., dan Hardiyatmo, H.C., 2010 “Sistem Perkerasan Cakar Ayam Modifikasi (CAM) Sebagai Alternatif Solusi Konstruksi Jalan di Atas Tanah Lunak, Ekspansif, dan Timbunan”, *Prosiding Seminar dan Pameran Sehari 2010 Inovasi Baru Teknologi Jalan dan Jembatan*, DPD HPJI Jatim, Surabaya, 31 Maret 2010.
- Wahyunto, S. Ritung, and H. Subagjo. 2003. Map of Peatland Distribution Area and Carbon Content in Sumatra. Wetland International Indonesia Program and Wildlife Habitat Canada (WHC).
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., & Rifa'i, A. (2019). “Uji Beban Timbunan yang Diperkuat dengan Sistem Pelat Terpaku pada Tanah Gambut”.
- Waruwu, A., Hardiyatmo, H. C., & Rifa'i, A. (2017b). “*Behavior of Nailed-Slab System on Peat Soil under Loading*”, Paper dipresentasikan pada *the 1st Warmadewa University International Conference on Architecture and Civil Engineering*, Bali, Indonesia, (pp: 101-107).