

Kode>Nama Rumpun Ilmu: 421/ Teknik Sipil

**LAPORAN AKHIR TAHUN
PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL**

Institusi/~~Konsorsium~~***



**PENGGUNAAN METODE NUMERIK UNTUK MENENTUKAN
BESAR PEMAMPATAN TANAH GAMBUT BERSERAT DENGAN
VARIASI BEBAN YANG BEKERJA**

Ketua : Dr. Faisal Estu Yulianto, ST., MT.

NIDN : 0018077702

Anggota-1 : Dr. Rusdiansyah, ST., MT.

NIDN : 0009087401

Anggota-2 : Badar Said, S.Kom., M.Kom.

NIDN : 0723078403

**UNIVERSITAS MADURA (UNIRA) - PAMEKASAN
Agustus, 2018**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PENGGUNAAN METODE NUMERIK UNTUK
MENENTUKAN BESAR PEMAMPATAN TANAH
GAMBUT BERSERAT DENGAN VARIASI BEBAN
YANG BEKERJA

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Dr FAISAL ESTU YULIANTO, M.T, S.T
Perguruan Tinggi : Universitas Madura
NIDN : 0018077702
Jabatan Fungsional : Lektor
Program Studi : Teknik Sipil
Nomor HP : 08175043144
Alamat surel (e-mail) : faisal_ey@yahoo.co.id

Anggota (1)
Nama Lengkap : Dr RUSDIANSYAH S.T, M.T
NIDN : 0009087401
Perguruan Tinggi : Universitas Lambung Mangkurat

Anggota (2)
Nama Lengkap : BADAR SAID S.Kom, M.Kom
NIDN : 0723078403
Perguruan Tinggi : Universitas Madura

Institusi Mitra (jika ada)
Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp 70,000,000
Biaya Keseluruhan : Rp 127,500,000



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

(Ir. M. Hazin Mukti, MM., MT)
NIP/NIK 195906051987031002

Kab. Pamekasan, 11 - 11 - 2018
Ketua,

(Dr FAISAL ESTU YULIANTO, M.T, S.T)
NIP/NIK 197707182005011001

Menyetujui,
Ketua LPPM

(Ir. A. Yudi Heryadi, M. MA.)
NIP/NIK 071048232

RINGKASAN

Tanah gambut merupakan tanah organik yang terbentuk akibat pelapukan tumbuh tumbuhan pada dataran rendah. Akibat proses humifikasi yang tidak sempurna serat-serat tumbuhan masih terlihat pada tanah gambut. Tanah gambut mempunyai kandungan air yang sangat besar mencapai lebih dari 750% dan air merupakan material utama yang ada dalam struktur tanah gambut. Hal ini normal terjadi pada tanah gambut karena tanah gambut mempunyai angka pori yang sangat besar yaitu 5-15. Besarnya ruan pori pada tanah gambut mengakibatkan gambut mempunyai daya dukung yang sangat rendah dan pemampatan yang besar dan tidak merata. Bahkan tanah gambut sangat sensitif terhadap beban yang bekerja di atasnya.

Penentuan besar pemampatan tanah gambut tidak dapat dilakukan dengan Metode terzaghi seperti halnya pada tanah lempung. Hal ini disebabkan serat pada gambut menyebabkan nilai indeks kompresinya (C_c) tidak dapat ditentukan. Dua metode perhitungan pemampatan tanah gambut yang diterapkan adalah metode Deen Han dimana penentuan besar pemampatan tanah gambut bergantung pada nilai kadar air dan *Loss Ignition* nya. Sedangkan Metode Gibson dan Lo menggunakan beban satu tahap selama 14 hari untuk menghitung besar pemampatan yang terjadi. Kelemahan dari metode tersebut adalah memerlukan pengujian lainnya (Metode Deen Han) dan memerlukan waktu yang cukup lama. Selain itu prediksi besar pemampatan hanya mempunyai akurasi yang baik ketika pemampatan sudah memasuki setengah waktu dari konsolidasi sekunder. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membuat suatu kurva hubungan antara besar pemampatan dengan variasi beban, parameter pemampatan dan waktu pemampatannya serta suatu model numerik berupa komputasi numerik untuk menggambarkan kurva pemampatan yang terjadi.

Hasil uji laboratorium menunjukkan bahwa tanah gambut yang diteliti termasuk dalam tanah gambut (Hemic) dengan kandungan abu rendah dan keasaman tinggi. Uji konsolidasi pada beban 10 kPa, 30 kPa, 60 kPa, 90 kPa dan 110 kPa menunjukkan perilaku kurva pemampatan yang hampir sama. Prediksi pemampatan dan gambar kurva hasil dua aplikasi komputer yang dibangun menunjukkan akurasi yang cukup baik dari hasil perbandingan dari data laboratorium, hasil prediksi aplikasi pertama dan kedua. Perbedaan pada kurva pemampatan disebabkan pengaruh serat pada sampel yang diuji hasil data laboratorium. Sedangkan pada dua aplikasi yang dibangun pengaruh serat pada sampel diabaikan. Secara umum hasil prediksi dari dua aplikasi komputer yang dibangun menunjukkan akurasi yang baik. Aplikasi ini juga menghasilkan gambar kurva pemampatan, parameter pemampatan dan besar pemampatan sampel yang diuji.

PRAKATA

Segala puji syukur ke hadirat Allah SWT kami haturkan atas terlaksananya Penelitian Produk Terapan yang berjudul “Penggunaan Metode Numerik Untuk Menentukan Besar Pemampatan Tanah Gambut Berserat dengan Variasi Beban yang Bekerja”. Laporan kemajuan ini dibuat sebagai pertanggungjawaban bagi penerima hibah Penelitian Strategis Nasional Institusi Tahun 2018. Bersama ini kami sampaikan terima kasih kepada :

1. Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kemenristekdikti serta Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat atas program hibah penelitian terapan ini sehingga sangat membantu melanjutkan peta penelitian serta publikasi internasional peneliti.
2. Rektor Universitas Madura, Ketua LPPM dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Madura serta semua teman-teman di Fakultas Teknik atas doa dan dukungannya dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Anggota Tim Peneliti, Bapak Banu dan rekan rekan semua di Palangkaraya atas kerjasamanya selama pengambilan sampel gambut.
4. Teman teman laboran di Lab. Teknik Sipil Universitas Madura dan laboran Teknik Informatikan atas bantuan waktu, tenaga dan pikirannya dalam pelaksanaan penelitian ini.
5. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga laporan kemajuan Penelitian Strategis Nasional Institusi ini memberikan gambaran yang jelas atas pelaksanaan dan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini.

Pamekasan, Nopember 2018

Ketua Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
RINGKASAN	iii
PRAKATA	iv
DAFTAR ISI	1
DAFTAR TABEL	3
DAFTAR GAMBAR	4
DAFTAR LAMPIRAN	5
BAB 1 PENDAHULUAN	6
1.1. Latar Belakang	6
1.2. Perumusan Masalah	7
1.3. Keutamaan (Urgensi) Penelitian	8
1.4. Temuan (Inovasi) yang Ditargetkan dan Penerapannya	8
1.5. Rencana Target Capaian Tahunan.	8
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1. Keterbaharuan Penelitian	10
2.2. Studi Pendahuluan	11
2.3. Peta Jalan Penelitian	12
BAB 3 TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	13
3.1. Tujuan Khusus Penelitian	13
3.2. Manfaat Penelitian	13
BAB 4 METODE PENELITIAN	14
BAB 5 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	16
5.1. Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut Palangkaraya	16
5.2. Perilaku Pemampatan Gambut Palangkaraya	18
5.3. Prediksi Aplikasi Komputer	19
5.4. Validasi Data Laboratorium dengan Data Prediksi Aplikasi	21
5.5. Luaran yang Dicapai	25
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	26
6.1. Kesimpulan	26

6.2. Saran	26
DAFTAR PUSTAKA	27
LAMPIRAN-LAMPIRAN	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Rencana Target Capaian Tahunan	9
Tabel 5.1. Sifat Fisik Gambut Tidak Terganggu	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Peta jalan penelitian penelitian	12
Gambar 4.3.	Diagram alir rencana penelitian tahap dua	15
Gambar 5.1.	Kurva hasil test konsolidasi: regangan vs waktu beban 50 kPa	18
Gambar 5.2.	Kurva pemampatan gambut berserat dengan variasi beban	19
Gambar 5.3.	Kurva total pemampatan gambut berserat dengan variasi beban	19
Gambar 5.4.	Tampilan dan menu aplikasi komputer program pertama (PHP)	20
Gambar 5.5.	Tampilan dan menu aplikasi komputer program kedua (MatLab)	20
Gambar 5.6.	Total pemampatan gambut berserat hasil uji laboratorium dan prediksi aplikasi komputer	21
Gambar 5.7.	Nilai faktor pemampatan primer (a) hasil uji laratorium dan prediksi apikasi komputer	22
Gambar 5.8.	Nilai faktor pemampatan sekunder (b) hasil uji laratorium dan prediksi apikasi komputer	22
Gambar 5.9.	Nilai faktor kecepatan pemampatan sekunder (λ/b) hasil uji laratorium dan prediksi apikasi komputer	23
Gambar 5.10.	Kurva pemampatan regangan vs waktu hasil uji laratorium dan prediksi apikasi komputer	24

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Pengambilan dan Pengiriman Sampel Gambut	29
Lampiran 2	Pengujian Konsolidasi	32
Lampiran 3	Hasil Prediksi Aplikasi Komputer	34
Lampiran 4	Publikasi dan Draft Paten	38

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gambut Indonesia terbentuk dalam waktu kurang lebih 5000 tahun yang lalu (Hardjowigeno, 1997) dan merupakan jenis gambut tropis yang terbentuk sebagai hasil proses penumpukan sisa tumbuhan rawa seperti berbagai macam jenis rumput, pakupakuan, bakau, pandan, pinang, serta tumbuhan rawa lainnya (Van de Meene, 1984). Karena tempat tumbuh dan tertimbunnya sisa tumbuhan tersebut selalu lembab dan tergenang air serta sirkulasi oksigen yang kurang bagus, maka proses humifikasi oleh bakteri tidak berjalan dengan sempurna. Sebagai akibatnya sebagian serat-serat tumbuhan masih terlihat jelas dan sangat mempengaruhi perilaku dari tanah gambut yang bersangkutan.

MacFarlane dan Radforth (1965) menyatakan bahwa tanah gambut dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok menurut kandungan seratnya yaitu: kandungan serat $\geq 20\%$, dinamakan *Fibrous Peat* (Gambut Berserat), sedang tanah gambut dengan kandungan serat $< 20\%$ dinamakan *Amorphous Granular Peat* (gambut tidak berserat). Tanah gambut berserat dan gambut tidak berserat dapat dikelompokkan sebagai tanah sangat lunak (*very soft soi*) dan pada umumnya mempunyai kemampuan mendukung beban (*daya dukung/bearing capacity*) yang rendah dan pemampatan (*settlement*) yang besar.

Tanah gambut mempunyai kandungan air yang besar (*wc*) berkisar antara 500% - 800% (Yulianto, FE., dan Mochtar, NE., 2010, 2012). Karena kandungan air yang besar tersebut tanah gambut juga mempunyai pori yang sangat besar pula sekitar 7-15 (Mochtar, NE., 1999; Harwadi, F dan Mochtar, NE., 2010). Pengaruh dari pori yang besar tersebut tanah gambut sangat sensitif terhadap beban yang bekerja di atasnya sehingga tanah gambut akan mengalami pemampatan dengan cepat dan tidak merata. Penentuan besar pemampatan tanah gambut tidak dapat dilakukan dengan metode Terzaghi (1925) yang biasa digunakan pada tanah lempung. Hal ini disebabkan kandungan serat pada tanah gambut tidak menghasilkan kurva penurunan seperti pada tanah lempung yang mengakibatkan penentuan indeks compresi (*Cc*) tidak dapat dilakukan (Mochtar, NE dan Ending, I; 1999). Selain itu tanah gambut berserat mempunyai 4 (empat) jenis pemampatan (Edil dan Dhowian, 1980; Mochtar, NE dan Ending I, 1999; Yulianto, FE

dan Mochtar, NE; 2010; 2012; 2015), yaitu pemampatan segera (Si), pemampatan primer (Sp), pemampatan sekunder (Ss) dan pemampatan tersier (St)

Metode Den Haan adalah salah satu metode yang digunakan untuk menentukan besar pemampatan tanah gambut berserat berdasarkan kandungan air pada tanah gambut setelah pembebanan (w_c') dan *Loss of Ignition* (N) yang merupakan ratio dari pengurangan beban akibat pemanasan pada suhu 550°C dengan berat kering tanah gambut setelah di oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Hanya saja metode ini masih bergantung pada parameter lainnya (w_c' dan N) sehingga tidak dapat menghasilkan prediksi pemampatan yang cepat dan akurat (Afif, M; 2012) serta memerlukan beberapa pengujian lainnya. Edil dan Dhowian (1980) mengadopsi metode Ginson dan Lo (1961) untuk menentukan besar pemampatan pada tanah gambut berserat pada daerah sub tropis (*Temperate Peat*). Metode tersebut juga dapat digunakan untuk memprediksi pemampatan pada tanah gambut berserat tropis (*Tropical Peat*) yang ada di Indonesia dengan hasil yang sangat baik (Mochtar, NE dan Ending, I; 1999). Hanya saja, prediksi untuk menentukan pemampatan tanah gambut tersebut hanya untuk beban kerja sebesar 25, 50 dan 100 kPa dan memerlukan waktu sekitar 14 hari untuk mengetahui besar pemampatan yang terjadi. Sedangkan dalam kenyataannya beban yang bekerja di atas tanah gambut sangat bervariasi. Kelemahan metode Ginson dan Lo (1961) tersebut adalah prediksi pemampatan yang terjadi hanya sampai dengan separuh waktu pemampatan sekunder (Ss) sedangkan pemampatan primer dan separuh pemampatan sekunder yang terjadi tidak dapat diprediksi dengan baik (Yulianto, FE dan Mochtar, NE, 2015).

Untuk keperluan tersebut telah dilaksanakan penelitian tahap pertama pada tahun 2017. Dari penelitian tersebut diperoleh data data pemampatan gambut berserat untuk variasi beban yang bekerja, parameter pemampatan gambut berserat untuk variasi beban yang bekerja serta kurva kurva perilaku pemampatan terhadap beban yang bekerja. Data tersebut merupakan data awal untuk membangun suatu model numerik untuk membuat suatu bahasa pemrogram yang nantinya akan digunakan untuk memprediksi perilaku pemampatan gambut berserat sesuai beban yang bekerja dengan waktu singkat dan akurasi yang lebih baik dari metode sebelumnya.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian diatas dapat diketahui permasalahan utama yang harus dijawab dalam penelitian yang diusulkan ini, yaitu: **“Bagaimana Cara Menentukan Besar**

Pemampatan Tanah Gambut Berserat Secara cepat dan tepat dengan Variasi Beban yang Bekerja". Berdasarkan hal tersebut permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian tahun ke dua ini sebagai berikut:

1. Bagaimana algoritma model numerik untuk membangun suatu bahasa pemrograman?
2. Bagaimana prediksi pemampatan dan besar pemampatan yang terjadi dari perhitungan numerik?
3. Bagaimana akurasi hasil prediksi pemampatan dengan metode numerik (Interpolasi Lagrange) yang dibandingkan dengan hasil laboratorium untuk variasi beban yang bekerja?

1.3 Keutamaan (Urgensi) Penelitian

Dengan memanfaatkan kurva hubungan variasi beban dengan besar pemampatan, parameter pemampatan dan waktu pemampatan yang terjadi serta penggunaan metode numerik, prediksi pemampatan dapat dilakukan dengan cepat dan akurat melalui kurva tersebut tanpa harus melakukan uji pemampatan laboratorium yang lama (14 hari) serta dapat menggambarkan kurva pemampatan yang terjadi dari metode numerik (Interpolasi Lagrange) menggunakan MatLab.

1.4 Temuan (Inovasi) yang Ditargetkan dan Penerapannya

Temuan dari penelitian ini adalah suatu kurva hubungan antara variasi beban yang bekerja dengan besar pemampatan yang terjadi, parameter pemampatan dan waktu pemampatan pada tanah gambut berserat serta suatu program MatLab untuk menggambarkan kurva pemampatan yang terjadi. Dengan metode ini tidak lagi diperlukan suatu uji laboratorium dengan banyak sampel untuk menentukan pemampatan pada tanah gambut berserat.

1.5 Rencana Target Capaian Tahunan.

Target capaian tahunan yang direncanakan dalam pelaksanaan penelitian yang diusulkan ini dapat dilihat dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Rencana Target Capaian Tahunan

No	Jenis Luaran		Wajib	Tambahan	Indikator Capaian	
					2017	2018
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal ²⁾	Internasional bereputasi			<i>Submitted</i>	<i>Published</i>
		Nasional Terakreditasi			Tidak ada	Tidak ada
2	Artikel ilmiah dimuat di prosiding ³⁾	Internasional			Tidak ada	terlaksana
		Nasional			Terdaftar	terlaksana
3	<i>Invited Speaker</i> dalam Temu Ilmiah	Internasional			Tidak ada	Tidak ada
		Nasional			Tidak ada	Tidak ada
4	Visiting Lecturer	Internasional			Tidak ada	Tidak ada
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Patent			Tidak ada	Tidak ada
		Patent Sederhana			Draft	terdaftar
		Hak Cipta			Tidak ada	Tidak ada
		Merek Dagang			Tidak ada	Tidak ada
		Rahasia Dagang			Tidak ada	Tidak ada
		Desain Produk Industri			Tidak ada	Tidak ada
		Indikasi Geografis			Tidak ada	Tidak ada
		Perlindungan Varietas Tanaman			Tidak ada	Tidak ada
		Perlindungan Topografi Sirkuit Terpadu			Tidak ada	Tidak ada
6	Teknologi Tepat Guna				Tidak ada	Tidak ada
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya Seni/Rekayasa Sosial				Tidak ada	Produk
8	Buku Ajar (ISBN)				Tidak ada	Tidak ada
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)				TKT : 5	TKT : 6

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keterbaharuan Penelitian

Penelitian tentang tanah gambut telah banyak dilaksanakan dimulai dari penelitian yang dilakukan oleh Gibson dan Lo (1961) tentang sifat fisik dan teknis tanah gambut sub tropis (*Temperate Peat*). Setelah itu penelitian tanah gambut terus dilaksanakan untuk mengetahui perilakunya. Secara umum, penelitian gambut yang dilakukan meliputi gambut sub tropis (Eropa dan Amerika) dan gambut tropis (Asia). Penelitian tersebut meliputi penelitian laboratorium dan lapangan tentang stabilisasi gambut dan perilakunya saat menjadi pondasi bagi bangunan sipil. Tanah gambut yang mempunyai sifat berbeda dengan tanah pada umumnya (lempung) sehingga untuk menentukan perilaku dan besar pemampatan yang terjadi pada tanah gambut tidak dapat menggunakan metode yang diterapkan pada tanah lempung (Terzaghi, 1925; Buismann, 1936).

Gibson dan Lo (1961) memperkenalkan suatu metode pemampatan pada gambut yang dikenal dengan metode beban satu tahap. Penelitian ini terus dikembangkan oleh Dhowian, dkk (1980), Mankinen, G.W. and Gelfer, B., (1982), Mochtar, dkk., (1991, 1999, 2000), Yulianto dan Mochtar, (2010, 2014, 2015) penelitian yang dilaksanakan tersebut menyebutkan bahwa gambut mempunyai perilaku pemampatan yang sangat berbeda dengan tanah lempung, yaitu terdiri atas 4 komponen pemampatan (segera, primer, sekunder dan tersier). Selain itu, untuk menentukan besar dan kurva pemampatan tanah gambut diperlukan waktu yang cukup lama yaitu 14 hari. Dari kurva pemampatan yang ada akurasi pemampatan pada gambut juga kurang baik karena hanya dapat memprediksi pemampatan pada bagian sekunder dan tersier.

Penelitian tentang metode penentuan besar dan pemampatan yang menghasilkan hasil yang lebih baik dari metode sebelumnya sampai saat ini masih belum dilaksanakan terlebih dengan memanfaatkan model numerik atau bahasa pemrograman. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilaksanakan untuk mempersingkat waktu yang diperlukan dalam menentukan kurva dan besar pemampatan tanah gambut dengan akurasi yang lebih baik dari metode sebelumnya. Penelitian ini juga sangat cocok dengan perkembangan infrastruktur transportasi di Indonesia yang mempunyai luas lahan gambut sekitar 18,1 juta Hektare (Wetland Indonesia, 2004)

2.2 Studi Pendahuluan

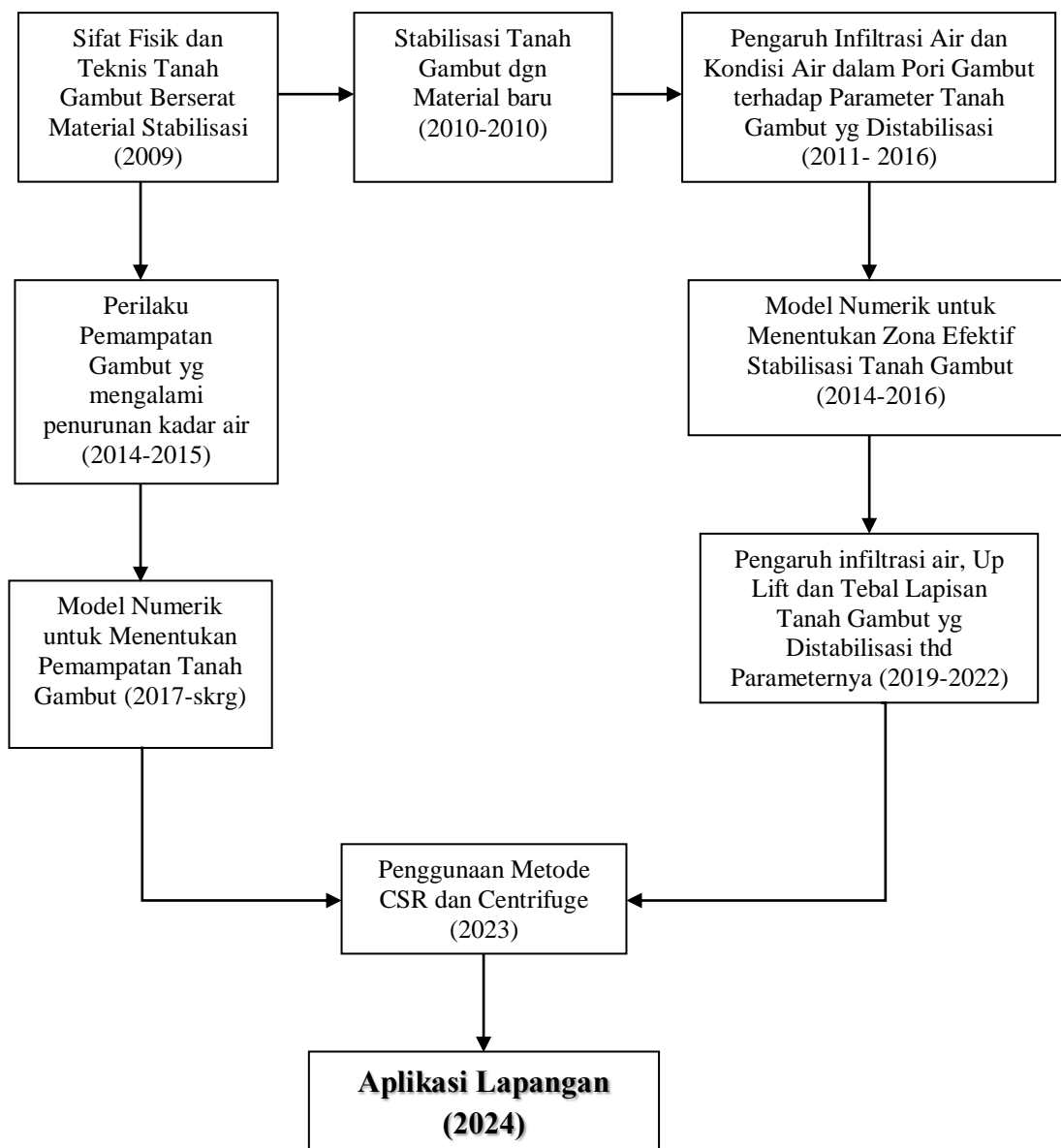
Penelitian tentang perilaku pemampatan tanah gambut telah dimulai pada tahun 2009 dengan menggunakan metode beban satu tahap dan beban bertahap pada gambut initial Palngkaraya. Dari penelitian tersebut telah diketahui perilakunya dan besar pemampatan yang terjadi untuk beban kerja 25kPa dan 50 kPa. Selanjutnya, metode beban satu tahap (Gibson dan Lo, 1961) juga diterapkan pada gambut yang telah distabilisasi (Yulianto, FE., dan Mochtar, NE., 2010, 2012, 2015) dengan hasil prediksi pemampatan yang terjadi mempunyai akurasi yang baik meskipun kadar air tanah gambut mengalami penurunan dari kondisi awalnya (Yulianto, FE., dan Mochtar, NE., 2015). Hanya saja untuk menentukan besar pemampatan tanah gambut dan mengetahui kurva pemampatannya diperlukan waktu yang cukup lama yaitu 14 hari (Mochtar, NE., 2000). Selain itu, akurasi pemampatan hasil metode tersebut masih mempunyai akurasi yang kurang baik terutama pada pemampatan primer maupun sekunder.

Berdasarkan penjelasan tersebut penelitian ini dilaksanakan pada tahun 2017. Pada tahun pertama tersebut dilakukan serangkaian pengujian pemampatan untuk tanah gambut berserat dengan variasi beban yang bekerja mulai dari 25 kPa sampai dengan 150 kPa. Pengujian yang dilakukan menggunakan metode beban satu tahap (Gibson dan Lo, 1961). Hasil penelitian pada tahun pertama diperoleh data besar pemampatan gambut, parameter pemampatan gambut dan kurva pemampatannya serta hubungan antar kurva pemampatan dengan variasi beban yang bekerja maupun dengan parameter pemampatan tanah gambut. Data yang diperoleh pada tahun pertama tersebut sudah dapat diaplikasikan untuk menentukan besar pemampatan gambut untuk berbagai beban yang bekerja di atas tanah gambut secara manual.

Untuk penelitian tahap kedua di tahun 201 ini akan dibangun suatu model numerik dengan bantuan bahasa pemrograman MatLab. Data tahun pertama merupakan data yang akan dijadikan input untuk membangun model tersebut. Model numerik yang telah dibangun akan divalidasi dengan data pada tahun pertama dan data pengujian pemampatan pada tahun kedua dengan berat beban yang bekerja berbeda-beda. Sehingga, diharapkan pada akhir tahun kedua akan diperoleh suatu aplikasi untuk menentukan besar pemampatan tanah gambut dan gambar dari kurvanya untuk beban yang bermacam-macam tanpa memerlukan waktu yang lama (tanpa harus melakukan pengujian laboratorium) dengan akurasi yang lebih baik. Pada model tersebut juga dapat dihasilkan parameter pemampatan tanah gambut dengan metode beban satu tahap.

2.3 Peta Jalan Penelitian

Penelitian tentang tanah gambut telah dilakukan mulai tahun 2009 sampai dengan sekarang (2017). Penelitian tentang gambut yang dilaksanakan dibagi dalam dua topik penelitian yaitu sifat fisik dan teknis tanah gambut berserat serta stabilisasi tanah gambut. Detail dari penelitian yang telah dilaksanakan dan rencana penelitian selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Peta jalan penelitian penelitian

BAB 3

TUJUAN DAN MANAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Khusus Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat kurva hubungan beban dengan besar pemampatan, parameter pemampatan dan waktu pemampatan sehingga dapat menentukan besar pemampatan dan menggambarkan kurva pemampatan yang terjadi dengan cepat dan tepat berdasarkan metode numerik. Rician tujuan penelitian yang akan dilakukan adalah :

1. Membangun suatu model numerik melalui bahasa pemrograman Matlab.
2. Mengetahui akurasi pemampatan hasil metode numerik (Interpolasi Lagrange) dengan data laboratorium.

3.2 Manfaat Penelitian

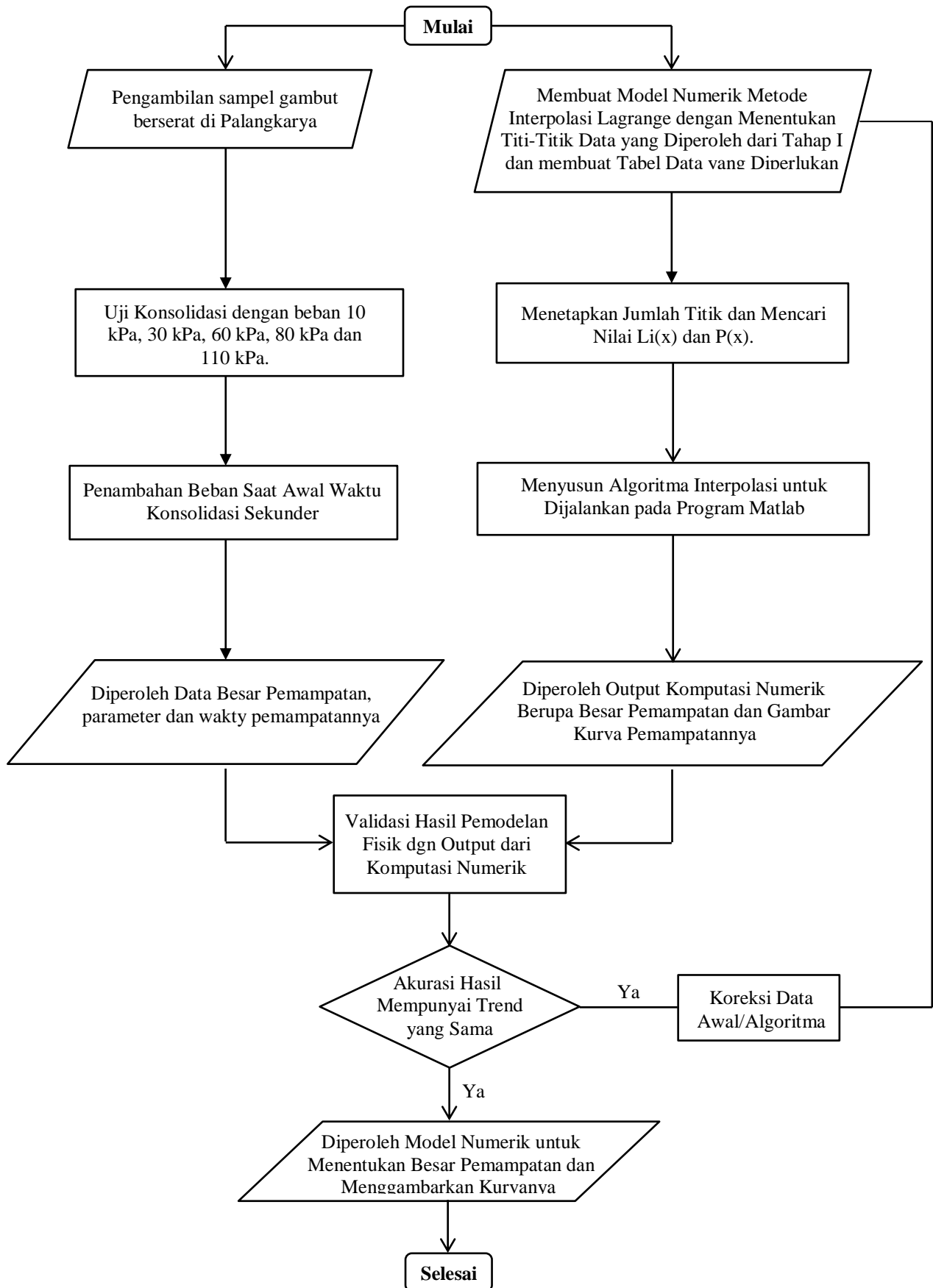
Penelitian ini dilakukan untuk menyempurnakan metode Gison dan Lo (1961) serta menghasilkan suatu model numeric dalam bentuk aplikasi komputer untuk memprediksi pemampatan pada tanah gambut berserat dengan besar beban sesuai dengan kondisi yang diinginkan (sesuai kondisi lapangan) beserta gambar kurva pemampatan yang terjadi. Sehingga untuk mengetahui perilaku dan besar pemampatan yang terjadi dapat dilakukan dengan cepat dan tepat untuk variasi beban yang berbeda beda.

BAB 4

METODE PENELITIAN

Penelitian tahun kedua yang diusulkan ini terdiri atas 2 (dua) kegiatan penelitian, yaitu kegiatan pertama adalah membangun suatu model numerik berdasarkan data data laboratorium yang telah diperoleh pada penelitian tahun pertama sedangkan kegiatan kedua adalah melakukan pengujian laboratorium untuk sifat fisik dan teknis tanah gambut untuk membandingkan profil tanah gambut hasil penelitian tahun pertama dengan tahun kedua. Selain itu juga dilaksanakan pengujian konsolidasi untuk beban tertentu (10 kPa, 30 kPa, 60 kPa, 80 kPa dan 110 kPa). Data tersebut bersama data pada tahun pertama akan digunakan untuk mengukur akurasi dari model numerik yang dihasilkan. Detail kegiatan penelitian tahun kedua dapat dilihat dari Gambar 3.1. sedangkan tahapan penelitian tahun kedua sebagai berikut :

1. Membangun model numerik metode Interpolasi Lagrange berdasarkan data pada Tahap 1 dengan bantuan software Matlab 2012. Kegiatan ini dilaksanakan di Universitas Madura oleh Anggota peneliti-2 bersama Ketua Peneliti
2. Melakukan uji konsolidasi (Peat Testing Manual, 1979) pada tanah gambut berserat dengan beban 10 kPa, 30 kPa, 60 kPa, 80 kPa dan 110 kPa. Pengujian ini direncanakan di dua tempat yaitu Lab. Teknik Sipil Univ. Madura dan Univ. Lambung Mangkurat oleh ketua peneliti dan anggota peneliti-2
3. Menambahkan beban pada awal konsolidasi sekunder untuk beban pada item 2 dengan beban 20 kPa/penambahan beban. Sama halnya dengan kegiatan pada item (2), pengujian ini dilaksanakan oleh ketua peneliti dan anggota peneliti-1 di dua lab tersebut.
4. Melakukan validasi data hasil prediksi Interpolasi Lagrange pada item 1 dengan data hasil uji konsolidasi pada item 2 dan 3. Kegiatan ini membandingkan data laboratorium dengan data hasil running model numerik yang dilakukan oleh semua peneliti.
5. Diperoleh kurva hubungan beban dengan besar pemampatan, waktu pemampatan dan parameternya serta program Matlabnya.



Gambar 4.3. Diagram alir rencana penelitian tahap dua (Tahun Kedua)

BAB 5

HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

5.1 Sifat Fisik dan Teknis Tanah Gambut Palangkaraya

Pengujian sifat fisik dan teknis tanah gambut dilakukan di dua tempat yaitu, di lapangan berupa uji keasaman (pH) dan kuat geser gambut (τ) dengan menggunakan vane shear serta uji laboratorium berupa kadar air (wc), specific gravity (Gs), kadar serat (Fc), kadar organik (Oc) dan kadar abu (Ac), konsolidasi, serta geser langsung. Pengujian laboratorium dilakukan berdasarkan *Peat Testing Manual* 1979 dengan hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Berdasarkan Tabel 5.1 diketahui bahwa parameter fisik dan teknis gambut initial masih berada dalam rentang hasil pengujian oleh peneliti lainnya (Hanrahan 1954, Lea 1959, MacFarlane and Radforth 1965, MacFarlane 1969, Mochtar, NE. et al. 1991, 1998, 1999, 2000, Pasmal 2000, Harwadi dan Mochtar, NE., 2010 dan Yulianto, FE dan Mochtar, NE., 2010, 2012, 2014). Menurut ASTM D4427-92 tanah gambut yang diteliti dapat diklasifikasikan sebagai “tanah gambut (Hemic) dengan kandungan abu rendah dan keasaman tinggi” atau “*peat soil (hemic) with low ash content and high acidity*”.

Tanah gambut merupakan *frictional material/non cohesive material* (Adam, 1965), sehingga kuat gesernya hanya mengandalkan kekuatan sudut geser dalamnya (ϕ), oleh sebab itu distribusi serat pada tanah gambut sangat mempengaruhi besar nilai sudut geser dalamnya. Dari 3 kali pengujian geser langsung yang dilakukan didapatkan nilai yang variatif yaitu, 25°, 36° dan 42°; hal ini disebabkan adanya ukuran serat yang berbeda pada setiap sampel gambut yang di test. Begitu pula dengan hasil pengujian di lapangan yang dilakukan dengan Vane Shear menunjukkan nilai yang berbeda pada tiga titik pengujian yang berbeda beda. Hal ini memperkuat pernyataan sebelumnya bahwa serat gambut sangat berpengaruh pada sifat fisik dan teknisnya.

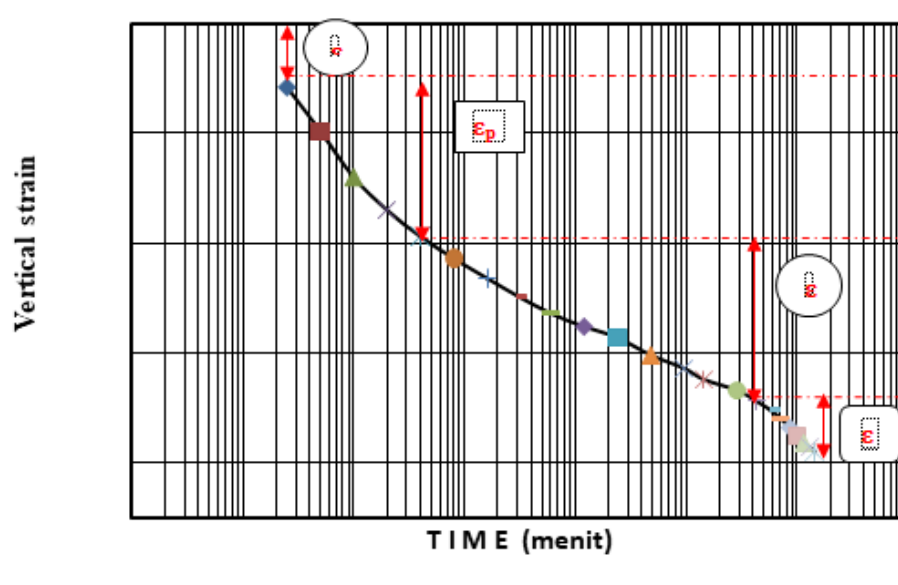
Uji konsolidasi dilakukan dengan metode Gibson & Lo mengingat metode Terzaghi tidak dapat diterapkan pada tanah gambut Kurva hubungan antara pemampatan dan log waktu untuk beban sebesar 50 kPa (sesuai beban lalu lintas yang bekerja) dengan lama pembebanan 10 hari diberikan pada Gambar 5.1. Pada

kurva tersebut jelas terlihat adanya 4 (empat) komponen pemampatan yaitu pemampatan segera (ϵ_i), pemampatan primer (ϵ_p), pemampatan sekunder (ϵ_s) dan pemampatan tersier (ϵ_t).

Tabel 5.1. Sifat Fisik Gambut Tidak Terganggu

No	Sifat Fisik	Satuan	Nilai	Hasil oleh Peneliti lainnya
1	Spesific Gravity (Gs)	-	1.37	1.4 - 1.7
2	Kadar Air (w_c)	%	670	450 - 1500
3	Berat Volume	gr/cm ³	0.99	0.9 - 1.25
4	Berat Volume kering	gr/cm ³	0.139	-
5	Angka Pori (e)	-	11.4	6.89 - 11.09
6	Keasaman (pH)	-	3.5 – 5.5	3-7
7	Kandungan Organik (Oc)	%	98	62.5 - 98
8	Kadar Abu (Ac)	%	2.0	2 - 37.5
9	Kadar Serat (Fc)	%	59.6	39.5 - 61.3
	- Kadar serat kasar	%	56.25	35.35 – 49.69
	- Kadar serat medium	%	29.38	31.94 – 35.84
	- Kadar serat halus	%	14.37	18.37 – 29.00
11	Uji geser langsung : Phi (ϕ)	⁰	25, 36, 42	30 ⁰ - 50 ⁰
	: C	kPa	0.5	-
12	Vane shear	kPa	5, 7, 12	5 – 10

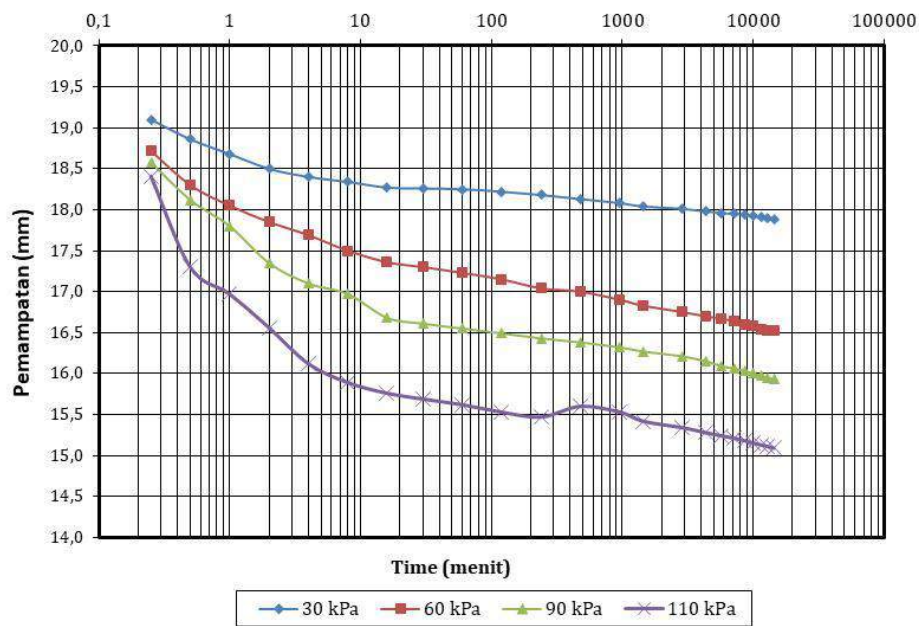
Pada kurva tersebut terlihat bahwa pemampatan primer berlangsung sangat cepat yaitu 8 menit. Hal ini menunjukkan bahwa, pemberian beban menyebabkan air mengalir keluar dari makro pori sangat cepat karena ukuran porinya sangat besar. Pemampatan sekunder dimulai pada menit ke 8 sampai dengan menit ke 4000 (\pm 3 hari sejak dibebani) yang dilanjutkan dengan pemampatan tersier pada menit setelah menit ke 4000. Penambahan waktu pengamatan (di atas 10 hari) menunjukkan bahwa pemampatan tanah yang terjadi sudah sangat kecil atau relatif konstan.



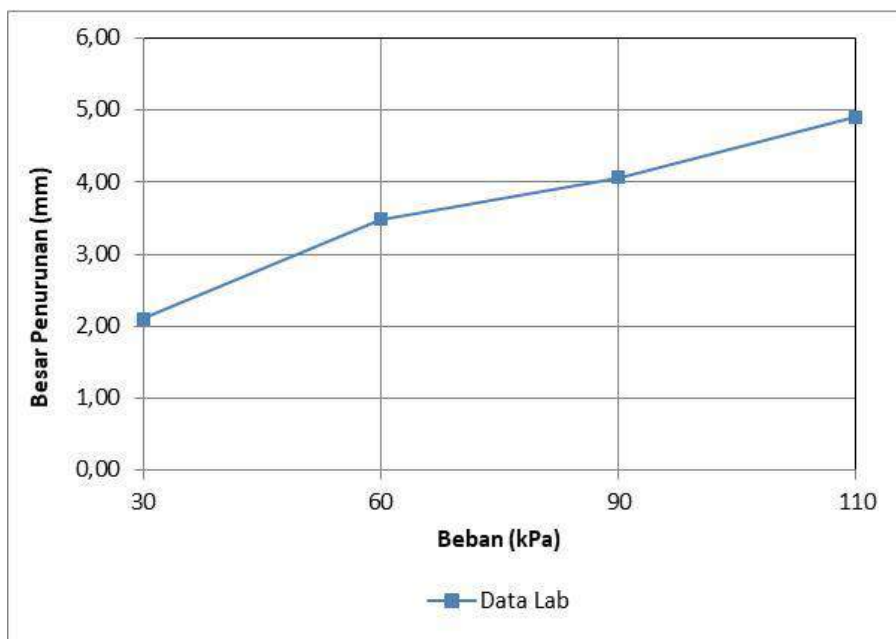
Gambar 5.1. Kurva hasil test konsolidasi: regangan vs waktu beban 50 kPa

5.2 Perilaku Pemampatan Gambut Palangkaraya

Pada penelitian tahun pertama uji konsolidasi (penurunan) dilakukan untuk dijadikan data awal yang diperlukan membangun aplikasi komputer yang bertujuan memprediksi penurunan tanah gambut, kurva penurunannya dan parameter penurunannya. Pada tahun kedua pengujian penurunan dilakukan untuk membandingkan hasil data penurunan yang berasal dari laboratorium dengan aplikasi komputer yang dibangun. Gambar 5.2 merupakan kurva konsolidasi pada sampel hasil uji laboratorium. Kurva menunjukkan perilaku yang sama dengan hasil pengujian konsolidasi pada hasil penelitian tahun pertama maupun hasil peneliti lainnya (Mochtar, NE., 1999; Harwadi, F., 2010; Kusumawardani, 2012). Kurva terdiri atas 4 (empat) tahapan konsolidasi dengan penurunan yang semakin besar saat beban yang bekerja semakin besar. Perilaku sedikit berbeda ditunjukkan oleh kurva konsolidasi dengan beban 110 kPa. Pada akhir konsolidasi sekunder (menit 300 – 900) kurva kembali naik. Hal ini dimungkinkan oleh serat pada sampel gambut yang diuji atau pengujian konsolidasi tersentuh sehingga pembacaan dial menjadi berubah. Gambar 5.3 menunjukkan total pemampatan yang terjadi pada uji konsolidasi dengan variasi beban yang bekerja. Penambahan beban menyebabkan penurunan yang semakin besar dan membentuk garis lurus yang mengindikasikan bahwa penambahan beban selaras dengan besar pemampatan yang terjadi.



Gambar 5.2 Kurva pemampatan gambut berserat dengan variasi beban.

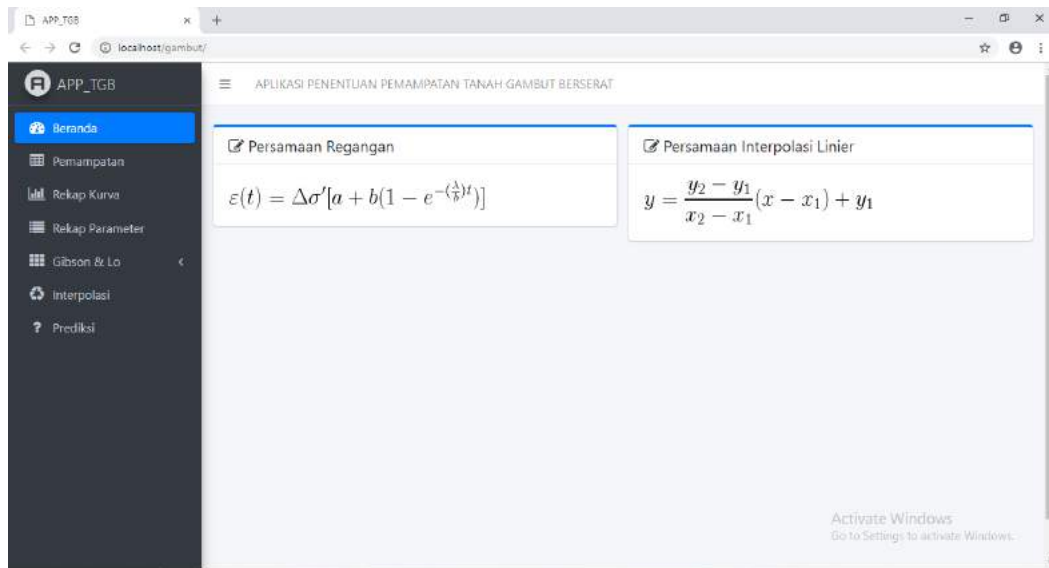


Gambar 5.3 Kurva total pemampatan gambut berserat dengan variasi beban.

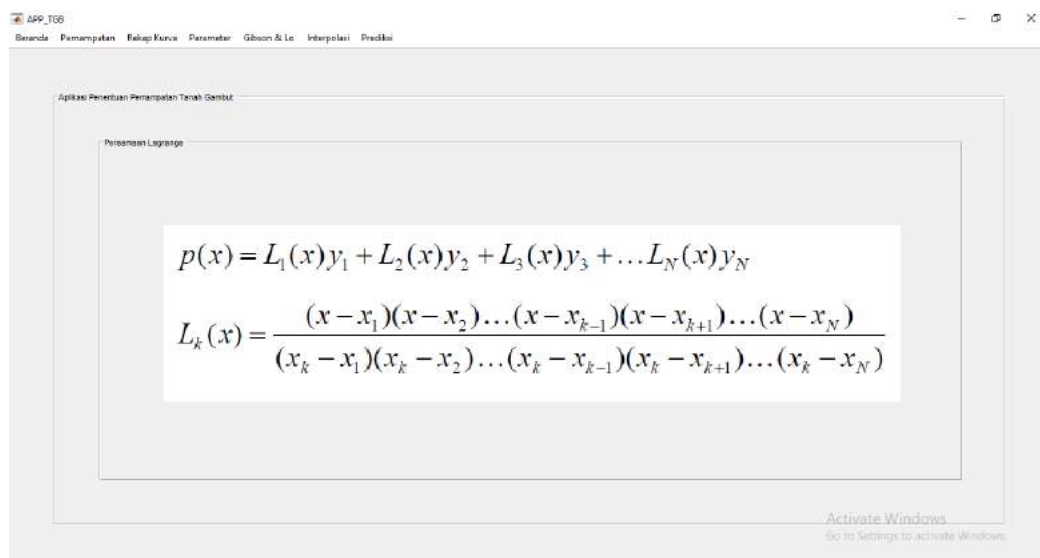
5.3 Prediksi Aplikasi Komputer

Aplikasi komputer dibangun untuk memprediksi total pemampaan gambut, parameter pemampatannya dan kurva pemampatan yang terjadi pada beban sampai dengan 150 kPa sesuai dengan beban kerja pada kondisi riil di lapangan. Pada

penelitian ini dibangun dua aplikasi yaitu berdasarkan interpolasi lagrange (sesuai janji pada poposal) dengan program MatLab dan interpolasi linier biasa (program tambahan) dengan bahasa pemograman PHP. Dua aplikasi tersebut mempunyai fasilitas yang sama dan luaran yang sama pula. Gambar 5.4 merupakan tampilan aplikasi berdasarkan program PHP dan Gambar 5.5 menunjukkan tampilan aplikasi dengan MatLab. Dari dua aplikasi tersebut



Gambar 5.4. Tampilan dan menu aplikasi komputer program pertama (PHP)

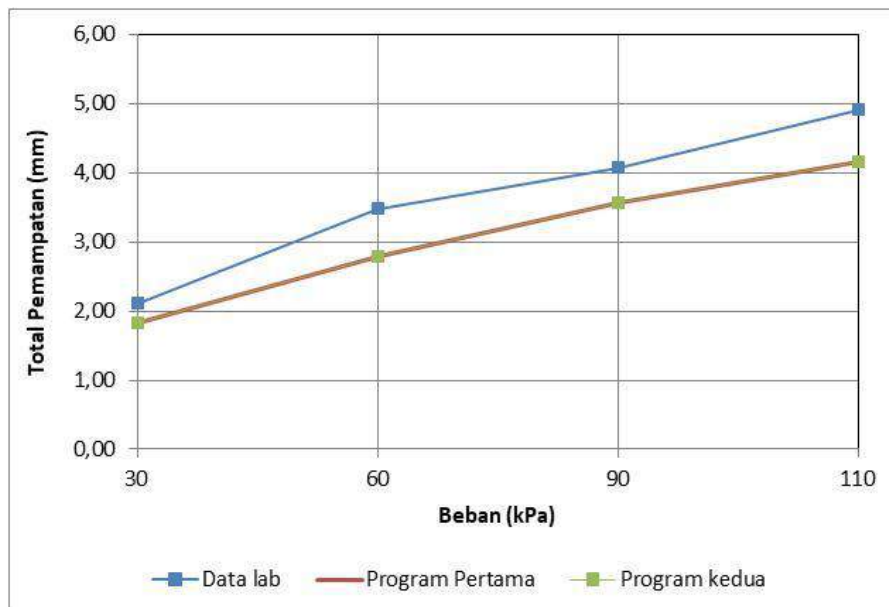


Gambar 5.5. Tampilan dan menu aplikasi komputer program kedua (MatLab)

akan dibandingkan dengan hasil pemampatan dari uji laboratorium dengan beban 30 kPa, 60 kPa, 90 kPa dan 110 kPa. Hasil prediksi dari kedua aplikasi tersebut disampaikan dalam lampiran.

5.4 Validasi Data Laboratorium dengan Data Prediksi Aplikasi

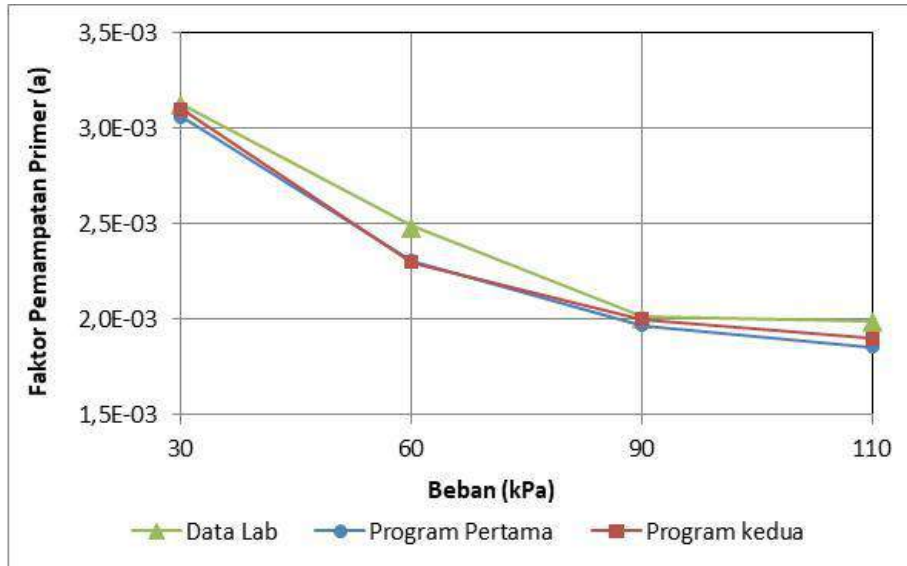
Untuk mengetahui akurasi hasil prediksi aplikasi komputer dilakukan perbandingan dengan data yang diperoleh dari uji konsolidasi di laboratorium dengan beban 30 kPa, 60 kPa, 90 kPa dan 110 kPa. Gambar 5.6 menunjukkan hasil total pemampatan yang terjadi hasil uji laboratorium dan dua aplikasi komputer. Prediksi dua aplikasi komputer menunjukkan nilai yang sama. Sedangkan data hasil pengujian laboratorium mempunyai nilai total pemampatan yang lebih besar. Meskipun demikian secara umum data total pemampatan yang dihasilkan dari metode berbeda mempunyai perilaku kurva yang sama. Perbedaan dimungkinkan karena faktor distribusi serat dan ukuran serat pada sampel serta kadar airnya tidak dapat dimodelkan dalam aplikasi komputer yang dibangun.



Gambar 5.6 Total pemampatan gambut berserat hasil uji laboratorium dan prediksi aplikasi komputer.

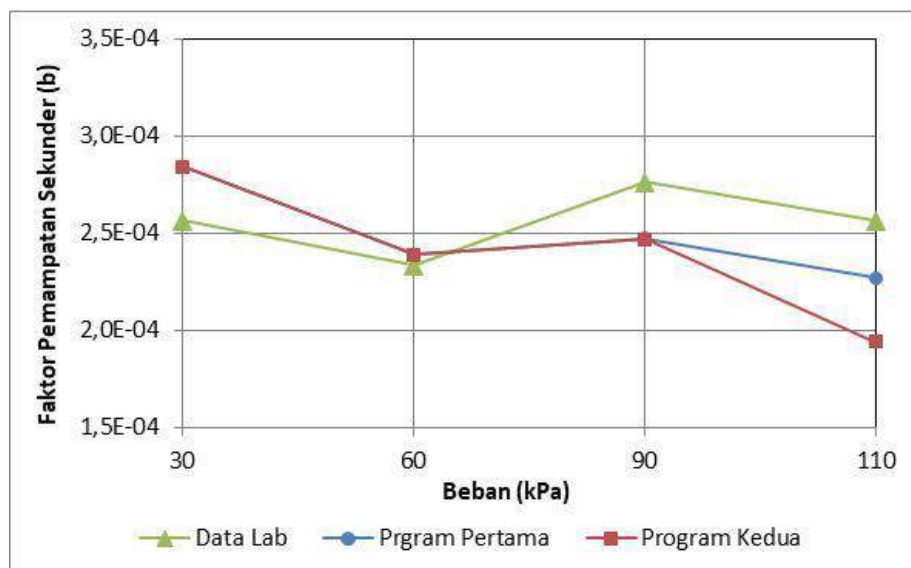
Gambar 5.7 menunjukkan hasil nilai faktor pemampatan primer (α) dari uji laboratorium dan aplikasi komputer. Akurasi yang dihasilkan oleh aplikasi komputer mempunyai hasil yang sangat baik. Kurva data laboratorium dengan kurva aplikasi komputer tidak hanya mempunyai perilaku yang sama namun mempunyai nilai yang

nyaris sama. Hasil prediksi yang sangat bagus ini disebabkan pemampatan primer merupakan keluarnya air dari makropori (pori antar serat) dalam waktu yang cukup singkat. Sehingga pengaruh serat masih belum dominan.



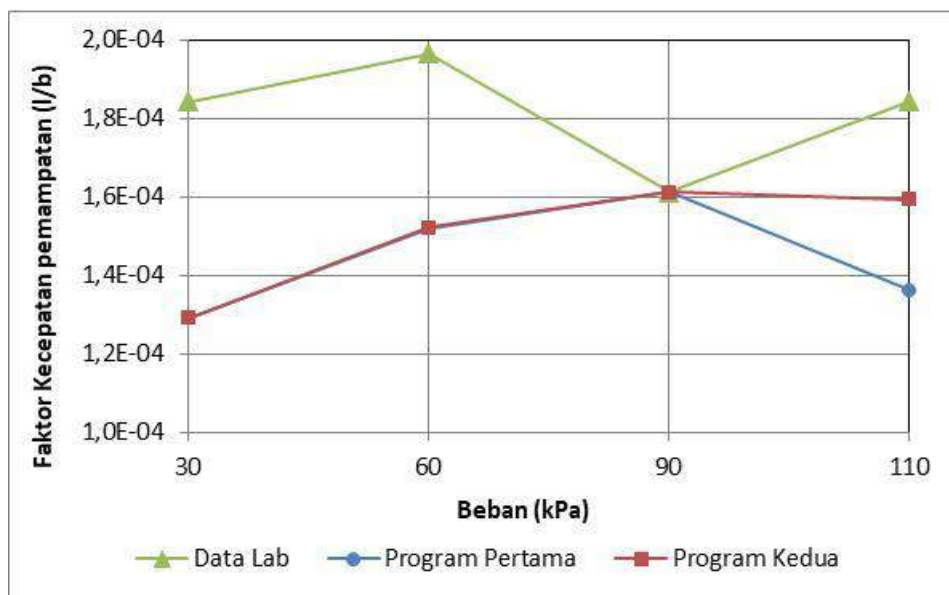
Gambar 5.7 Nilai faktor pemampatan primer (a) hasil uji laratorium dan prediksi aplikasi komputer.

Prediksi faktor pemampatan sekunder (b) yang dihasilkan oleh dua aplikasi komputer masih mempunyai perilaku yang sama meskipun nilai yang dihasilkan sudah mengalami perbedaan diantaranya (Gambar 5.8). perilaku tiga kurva



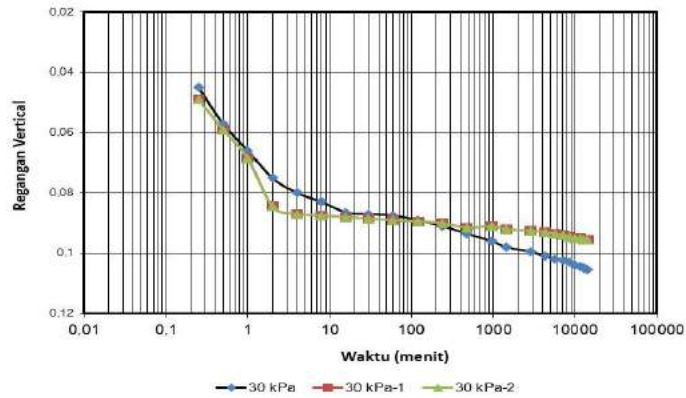
Gambar 5.8 Nilai faktor pemampatan sekunder (b) hasil uji laratorium dan prediksi aplikasi komputer.

yang terlihat berbeda nilainya disebabkan oleh pengaruh serat pada sampel karena pemampatan sekunder ini merupakan keluarnya air pori dari mikropori (pori dalam serat) sehingga faktor pemampatannya sangat dipengaruhi oleh distribusi serat, ukuran serat dan elastisitas serat pada sampel yang diuji. Hal ini memperkuat pernyataan sebelumnya bahwa serat mempunyai pengaruh yang cukup besar pada perilaku pemampatan tanah gambut terutama pada pemampatan sekunder. Perilaku yang sama juga ditunjukkan oleh kurva kecepatan pemampatan (λ/b) seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.9.

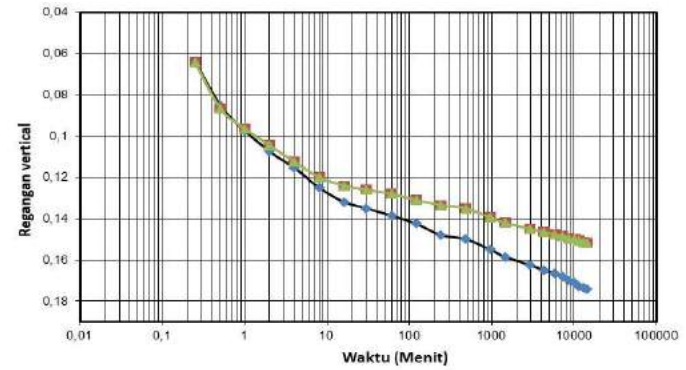


Gambar 5.9 Nilai faktor kecepatan pemampatan sekunder (λ/b) hasil uji laratorium dan prediksi aplikasi komputer.

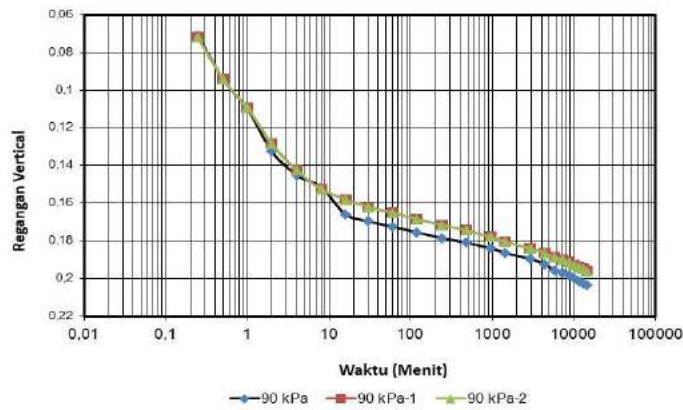
Gambar 5.10 menunjukkan kurva regangan terhadap waktu hasil uji laboraorium dan hasil prediksi aplikasi komputer. Secara umum diketahui bahwa perilaku kurva hasil prediksi aplikasi komputer mempunyai perilaku yang kurva yang sama dengan hasil uji laboratorium. Seperti pada kurva faktor pemampatan sekunder (Gambar 5.8 dan 5.9) bahwa regangan yang terjadi pada pemampatan sekunder mempunyai nilai yang tidak sama dengan nilai pada pemampatan primer. Seperti hal nya kurva faktor pemampatan sekunder perilaku regangan vertikal sangat dipengaruhi oleh elastisitas serat dan ukuran serat dalam sampel terbukti dari 4 gambar hanya Gambar 5.10c (beban 990 kPa) mempunyai prediksi yang sangat baik dibandingkan beban lainnya.



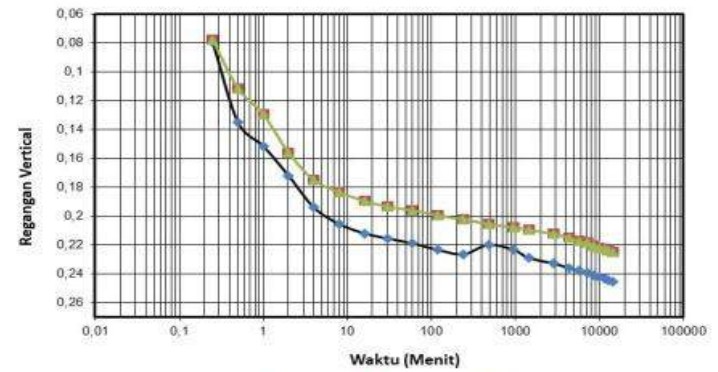
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 5.10 Kurva pemampatan regangan vs waktu hasil uji laratorium dan prediksi apikasi komputer:,
 a) beban 30 kPa; b)60 kPa; c) 90 kPa; d) 110 kPa.

5.5. Luaran yang Dicapai

Sesuai dengan yang dijanjikan pada Proposal Penelitian Tahun Ke-2. Luaran yang dihasilkan (terlampir), yaitu:

1. Data sifat fisik dan teknis tanah gambut berserat Palangkaraya
2. Kurva pemampatan dan kurva perubahan parameter pemampatan akibat variasi beban yang bekerja (10 kPa, 30 kPa, 60 kPa dan 90 kPa).
3. Aplikasi prediksi pemampatan gambut dan parameternya telah mencapai tahap evaluasi hasil prediksi.
4. Publikasi pada jurnal internasional (International Journal Advanced Science Engineering and Inormation Tehnology/IJASEIT/Q2) sebagai penulis korespondensi.
5. Publikasi pada Seminar Internasional yang diadakan oleh Universitas Riau dan Universitas Udayana pada 24-25 Oktober 2018 (prosiding terindeks scopus).
6. Publikasi pada International Journal of Engineering and Technology (terindeks Scopus) masih dalam proses *submitted*.
7. Draft Paten Sederhana hasil penelitian

Bab 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian laboratorium dan proses pembuatan aplikasi pemograman yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Tanah gambut yang diteliti merupakan tanah gambut berserat, dengan keasaman yang tinggi dan tingkat dekomposisi *hemic*.
2. Variasi beban yang bekerja pada tanah gambut menunjukkan perilaku yang sesuai dengan perkiraan awal dimana semakin besar beban yang bekerja pemampatan yang terjadi semakin besar.
3. Hasil prediksi aplikasi gambut secara umum menunjukkan perilaku yang sama dengan data hasil uji laboratorium. Perbedaan terjadi terutama pada nilai aktor pemampatan sekunder maupun kurva pemampatan sekunder karena dipengaruhi oleh distribusi serat, ukuran serat, elastisitas serat dan kadar air dalam sampel gambut.

6.2 Saran

Untuk lebih menyempurnakan hasil prediksi aplikasi komputer gambut perlu dilakukan beberapa hal, yaitu :

1. Memasukkan pengaruh serat pada aplikasi komputer yang dibangun serta pengaruh kadar air nya.
2. Untuk mendapatkan database yang baik dalam membangun aplikasi komputer masih diperlukan uji laboratorium dengan banyak sampel atau populasi benda uji sehingga hasil yang diperoleh dapat lebih baik akurasinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, J.I. (1965), The Engineering Behaviour of a Canadian Muskeg. *Proc. Sixth International Conference On Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol.1, pp 3-7.*
- Afief Ma'ruf, M. (2012), *Pengaruh Air di Sekitar Area Lahan Gambut yang Distabilisasi Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Teknis Tanah Gambut*, Tesis Program Magister FTSP-Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Buisman, A. S. Keverling (1936). "Results of Long Duration Settlement Tests". *Proc., Int. Con. On Soil Mech. And Found. Eng., Vol. 1, pp 103-10.*
- Canada National Research Council (CNRC) 1979, Muskeg Subcommittee 1979; *Peat Testing Manual*; Technical memorandum 125, 193p.
- Dhowian, A,W and T.B. Edil (1980), Consolidation Behaviour of Peat, *Geotechnical Testing Journal, Vol.3. No. 3. pp 105-144.*
- Gibson, R.W., Lo, K.Y (1961), *A Theory of Consolidation of Soils Exhibiting Secondary Compression*, Acta Polytechnica Scandinavia.
- Hardjowigeno, S. (1989), Sifat-sifat tanah dan potensi tanah gambut Sumatra untuk pengembangan pertanian, *Prosiding Seminar Tanah Gambut untuk Perluasan Pertanian. Fakultas Pertanian UISU, Medan. h. 14-42.*
- Harwadi, F. and Mochtar, N.E. (2010), Compression Behavior of Peat Soil Stabilized with Environmentally Friendly Stabilizer, *Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010), March 9-10, 2010.*
- Hebib, Samir & Farrell, E.R, (2003), Some Experiences on The Stabilization of Irish Peats, *Canadian Geotechnical Journal 40 : 107-120.*
- Huat Bujang, B. K, Maail, S and Mohamed, T. A. (2005), Effect of Chemical Admixtures on the Engineering Properties of Tropical Peat Soils, *American Journal of Applied Sciences 2 (7): 1113-1120, ISSN 1546-9239, 2005.*
- Islam, M. S. and Hashim, R. (2009), Bearing Capacity of Stabilised Tropical Peat by Deep Mixing Method, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 3(2) : 682-688, 2009, ISSN 1991- 8178.*
- Kusumawardani, M & Mochtar, N.E. (2012), Experiment on Fibrous Peat Subjected to Reduction of Water Content, *Proceeding of 8th International Symposium on Lowland Technology.*
- Kolay, P.K., Sii, H. and Taib, S.N.L. (2011), Tropical Peat Soil Stabilization using Class F Pond Ash from Coal Fired Power Plant, *International Journal of Civil and Environmental Engineering 3:2.*
- MacFarlane, I.C. dan Radforth, N.W. (1965), A Study of Physical Behaviour of Peat Derivatives Under Compression, *Proceeding of The Tenth Muskeg Research Conference. National Research Council of Canada, Technical Memorandum No 85.*

- Mochtar, NE. et al. (1999), Aplikasi Model Gibson & Lo untuk Tanah Gambut Berserat di Indonesia, *Jurnal Teknik Sipil, ITB, Vol. 6 NO. 1*.
- Mochtar, NE, Yulianto, FE., Satria, TR., (2014), Pengaruh Usia Stabilisasi pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO_3 dan Pozolan, *Jurnal Teknik Sipil ITB (Civil Engineering Journal ITB), Vol. 21, No. 1, Hal 57-64*.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi (2001), *Panduan Geoteknik 1*, WSP Internasional.
- Terzaghi, K. (1925), *Principles of Soil Mechanics*. Engr. News Record, Vol. 95, pp. 832-836.
- Van De Meene (1984), Geological Aspects of Peat Formation in The Indonesian-Malyasin Lowlands, *Bulletin Geological Research and Development Centre, 9, 20-31*.
- Wong, L. S., Hashim, R. Ali, F. (2013), Improved Strength and Reduced Permeability of Stabilized Peat: Focus on Application of Kaolin as a Pozzolanic Additive, *Journal of Construction and Building Materials (Elsevier) 40 783–792*.
- Whitemore (1984a), dalam *Panduan Geoteknik 1, Pusat Litbang Prasarana Transportasi (2001)*, Departemen Perkerjaan Umum, R.I, Jakarta.
- Yulianto, F.E. and Mochtar, N.E. (2010), “Mixing of Rice Husk Ash (RHA) and Lime For Peat Stabilization (Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010), March 9-10, 2010).
- Yulianto, F.E. and Mochtar, N.E. (2012), Behavior of Fibrous Peat Soil Stabilized with Rice Husk Ash (RHA) and Lime, *Proceedings of 8th International Symposium on Lowland Technology September 11-13, 2012, Bali, Indonesia*.
- Yulianto, F.E. and Mochtar, N.E. (2012), Behavior of Fibrous Peat Soil Stabilized with Rice Husk Ash (RHA) and Lime, *Proceedings of 8th International Symposium on Lowland Technology September 11-13, 2012, Bali, Indonesia*.
- Yulianto, F.E. and Mochtar, N.E. (2015), Penggunaan Metode Gibson dan Lo untuk Memprediksi Pemampatan Tanah Gambut Berserat yang Mengalami Penurunan Kadar air, *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Ke-11, ITS Surabaya, Indonesia*.

LAMPIRAN 1
Pengambilan dan
Pengiriman Sampel
Gambut



Gambar Lampiran 1.1. Pembukaan lahan untuk pengambilan sampel gambut.



Gambar Lampiran 1.2. Pengambilan sampel tidak terganggu dengan pipa PVC.



Gambar Lampiran 1.3. Pemindahan sampel gambut dari lokasi ke jalan raya.



Gambar Lampiran 1.4. Sampel gambut tidak terganggu siap dikirim

LAMPIRAN 2
Pengujian Konsolidasi
Gambut Berserat

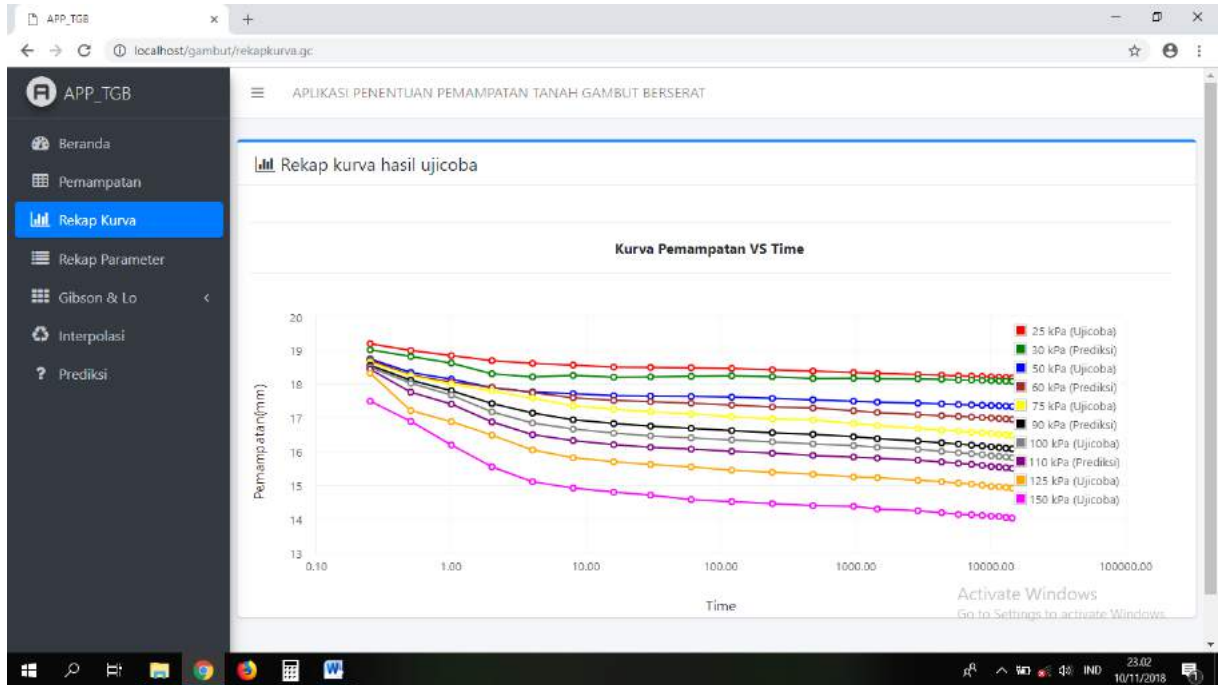


Gambar Lampiran 2.1. Persiapan uji konsolidasi



Gambar Lampiran 2.1. Pembongkaran uji konsolidasi

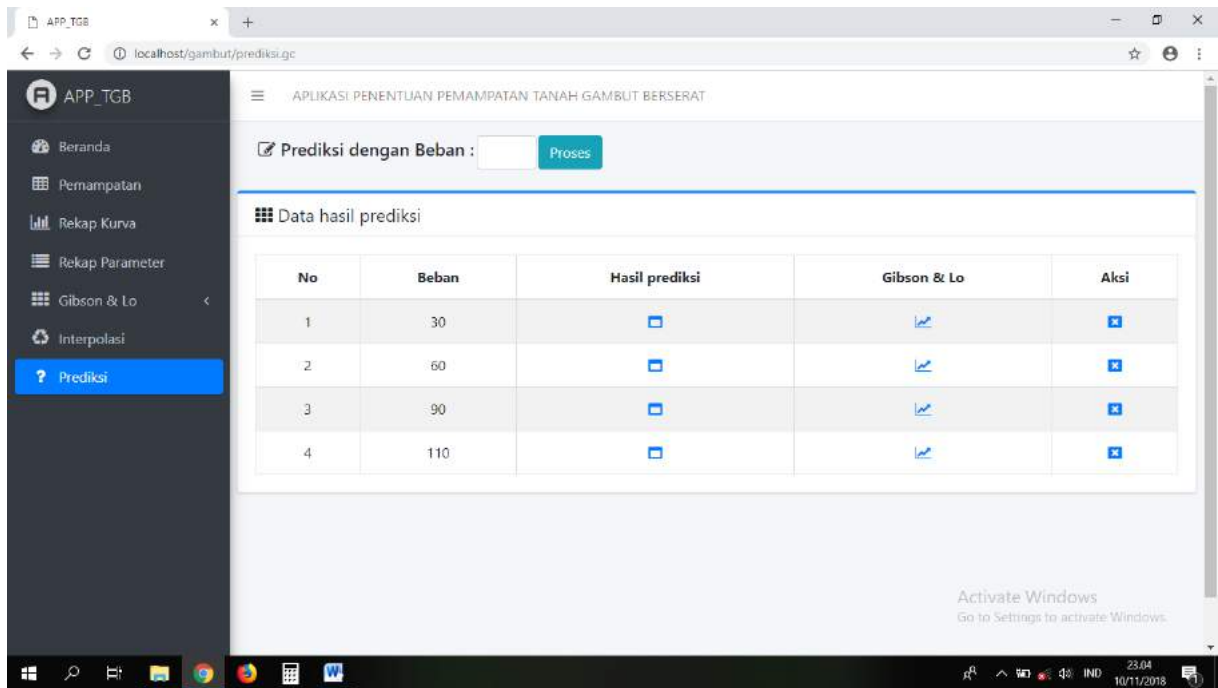
LAMPIRAN 3
Hasil Prediksi
Aplikasi Komputer



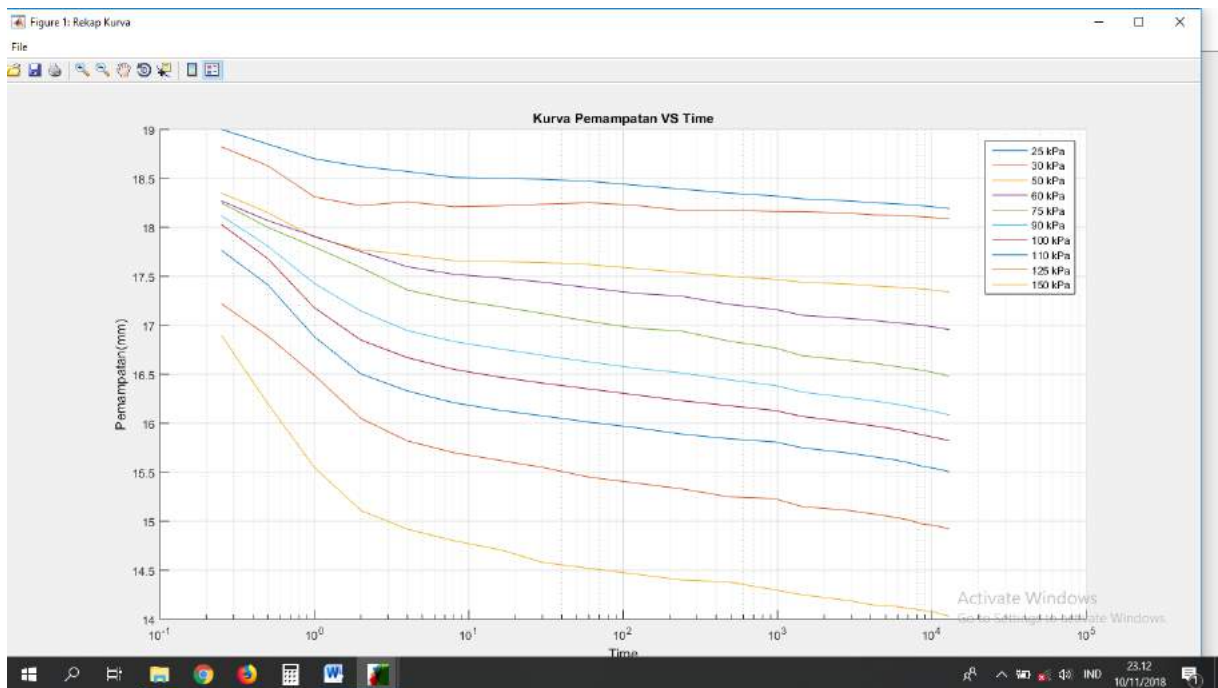
Gambar Lampiran 3.1. Rekap Kurva Program Pertama

No	Beban	a	b	λ	λ/b
1	25	0.0032756	0.0003993	5.5202658238813;	0.0001382485806;
2	30 (Prediksi)	0.0030581	0.00028439	3.6788e-008	0.00012936
3	50	0.0024878	0.0001996	2.7601329119406i	0.0001382832120;
4	60 (Prediksi)	0.0023056	0.00023909	3.64e-008	0.00015224
5	75	0.0020965	0.0002775	4.4765015232393i	0.0001613153702i
6	90 (Prediksi)	0.0019699	0.00024714	3.98619064115e-0	0.0001612928154;
7	100	0.0018855	0.0002269	3.6593167197534i	0.0001612744257;
8	110 (Prediksi)	0.0018552	0.00019393	3.095e-008	0.00015959
9	125	0.0018636	0.0001684	2.7163766398721i	0.0001613050261;

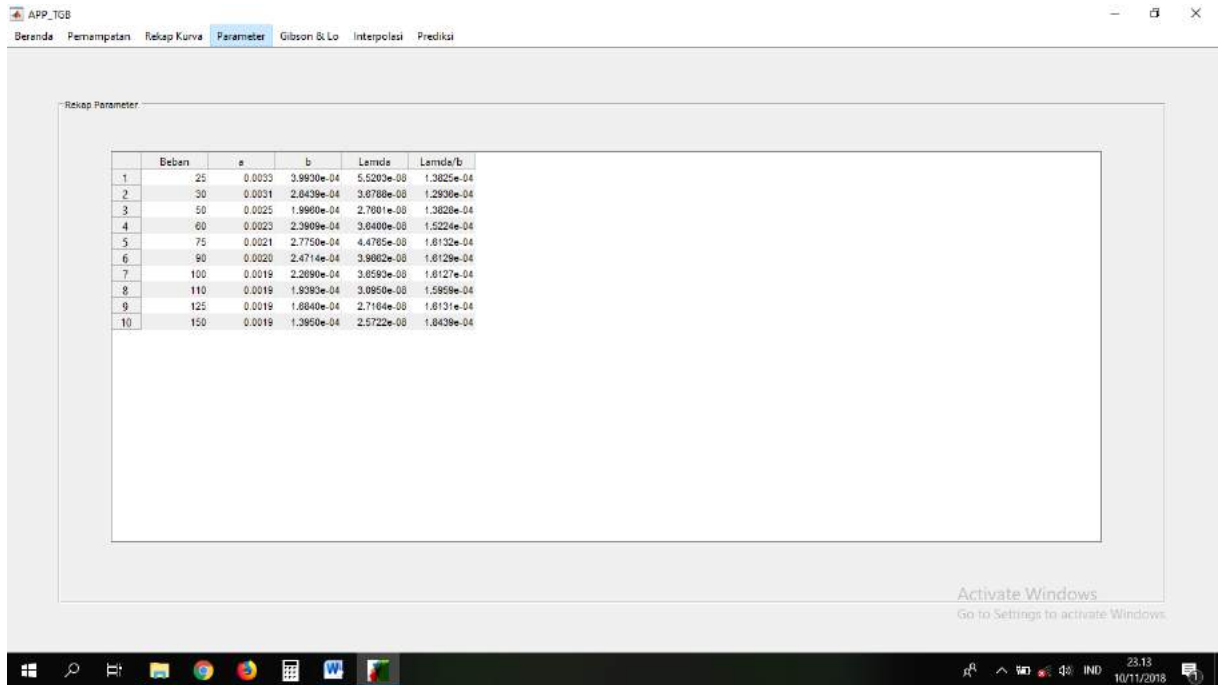
Gambar Lampiran 3.2. Rekap Parameter Program Pertama



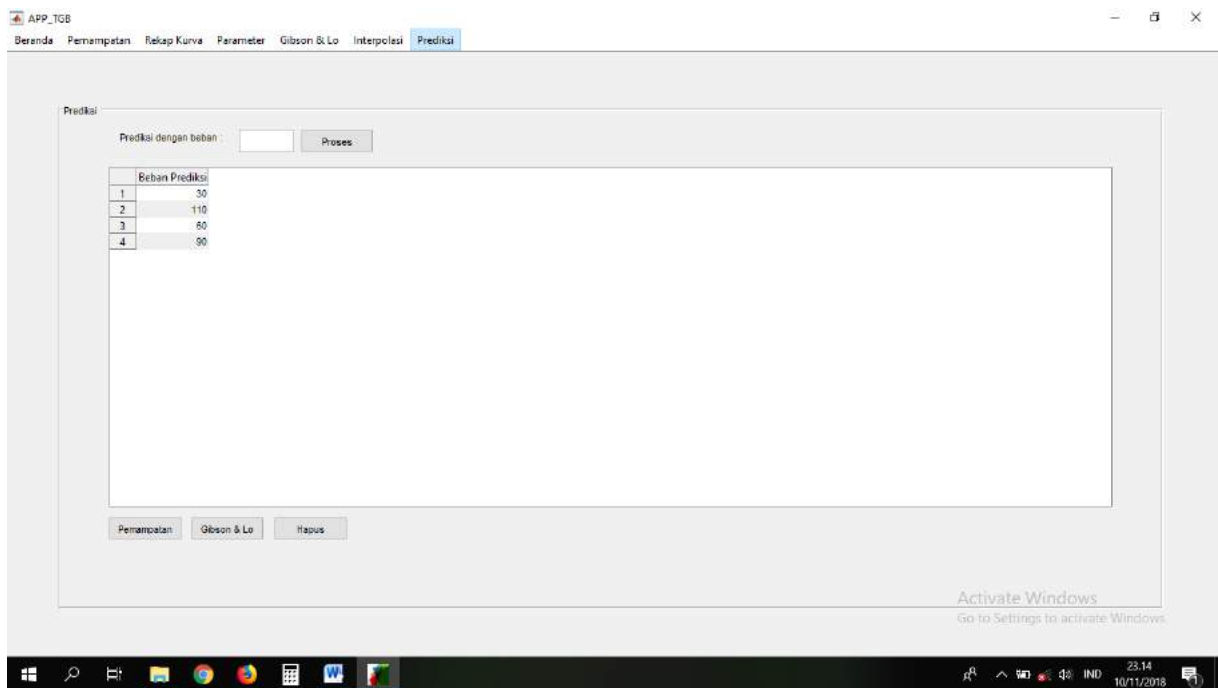
Gambar Lampiran 3.3. Prediksi beban yang akan dihitung berdasarkan Program pertama



Gambar Lampiran 3.4. Rekap Kurva Program Kedua



Gambar Lampiran 3.5. Rekap Parameter Program Kedua



Gambar Lampiran 3.6. Prediksi beban yang akan dihitung berdasarkan Program Kedua

LAMPIRAN 4

Publikasi dan Draft Paten

Compression Behavior of Fibrous Peat Stabilized with Admixtures of Lime CaCO₃+Rice Husk Ash and Lime CaCO₃+Fly Ash

Noor Endah Mochtar[#], Faisal Estu Yulianto^{*}

[#] Civil Engineering, FTSP, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia
E-mail: noormochtar@gmail.com

^{*} Civil Engineering, Engineering Faculty, Madura University, Pamekasan, Indonesia.
E-mail: faisal_ey@yahoo.co.id

Abstract— Compression behavior of stabilized fibrous peat has similar behavior with the initial one. Therefore, one step loading consolidation test is still applicable for the stabilized fibrous peat to predict its compression. The stabilized fibrous peat behavior, however, still depends on the type of the admixture used and stabilization age or curing period. Based on that reason, this study was carried out to study the change of compression behavior of the stabilized peat and to know whether the correction curves developed for laboratory compression parameters are still applicable to predict the settlement of the stabilized peat in the field. For this purpose, two types of stabilizing material adopted, admixtures lime CaCO₃+Rice Husk Ash (admix-1) and lime CaCO₃+Fly Ash (admix-2). The stabilized peats were cured and tested at different curing periods 20, 30, 45, 60 and 90 days to check their behavior changes. Besides, laboratory models of peat stabilized at different layer thicknesses 1/3H, 2/3H, and H (H=peat sample thickness) were carried out to monitor their settlement under 50kPa load at different curing periods. This settlement is then compared with the predicted settlement. The results show that the fibrous peat stabilized with admixture-2 gives better behavior improvement than the one stabilized with admix-1; it is, however, then slightly decreases after 60 days of curing periods due to the fiber decomposition. Peat stabilized with admix-2 also give first settlement prediction when it is compared to the settlement of stabilized peat in the laboratory model.

Keywords— admixture; compression; fibrous peat; fly ash; laboratory model; lime CaCO₃; rice husk ash; stabilization

I. INTRODUCTION

Peat is a soil which has very high organic content ($\geq 75\%$) as a product of organic materials decomposition [1]. For fibrous peat which has a fiber content of more than 20% [2], the fibers dominantly influence its characteristics especially its compression behavior [3], [4]. The e vs. $\log \sigma$ curve of fibrous peat has two straight lines, and ΔH vs. $\log t$ curve has four components of compressions [4]. In this case, the Terzaghi consolidation method [5] is not applicable to fibrous peat soil.

In 1979, Gibson Lo model was adopted to evaluate the compression behavior of the fibrous peat [7]. For this method, it is used one step loading consolidation test in the laboratory and the load applied is the same as the load in the field. Parameters obtained from the laboratory test are primary compression factor (a), secondary compression factor (b), and rate factor for secondary compression (λ/b). To predict the field settlement, the laboratory parameters are corrected using the correction curves [8]. This method had been successfully applied for Palangkaraya fibrous peat [9].

To improve the compression behavior of the fibrous peat, stabilization method using admixture materials was adopted

[10]-[12]. They figured out what type of admixture used and its curing period affects the stabilization results. Their effect on the stabilized fibrous peat compression will be discussed in this paper. Besides, the prediction of stabilized peat settlement using the correction curve [8] is also be presented.

II. MATERIAL AND METHOD

The research reported herein was carried out in the Soil Mechanics laboratory. Materials used were fibrous peat, lime CaCO₃, rice husk ash (RHA), and fly ash (FA). The fibrous peat was taken from Barendbengkel, Palangkaraya, Central Kalimantan. In Fig. 1, Scanning Electron Microscope (SEM) of the peat studied is presented, and its parameters are given in Table 1. Peat parameters were determined based on Peat Testing Manual [13]. From those parameter values, the peat studied was classified as “Hemic Peat soil with Medium Ash Content and Highly Acid” (Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing ASTM D4427-92 [14]).

There were two types of admixture used in this study; those were an admixture of 30% lime CaCO₃+70% RHA (admix-1) and admixture of 30% lime CaCO₃+70% FA

(admix-2). For fibrous peat stabilization, the amount of admixture used in this study was 10% of the wet weight of peat stabilized [10], [12].

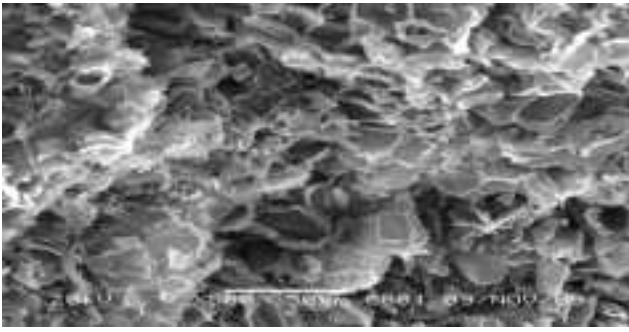


Fig. 1 Scanning Electron Microscope (SEM) of peat studied

TABLE I
PARAMETERS OF FIBROUS PEAT STUDIED

Parameters		Fibrous Peat Studied	Others Researchers
Wet Unit Weight	t/m ³	1.06	0.9-1.25
Specific Gravity	-	1.78	1.4 – 1.7
Water Content	%	712.04	750-1500
Void ratio	-	12.67	6 - 15
Organic Content	%	94,56	62 – 98
Ash Content	%	5.44	2 – 37.5
pH	-	3.1	4-7
Fiber Content	%	39,48	39 - 62
Coarse Size Fiber	%	56.25	-
Medium Size Fiber	%	29.38	-
Fine Size Fiber	%	14.37	-
Shear Strength	kPa	0.87	
Total Compression	mm	5,5	-

In this study, there were two sizes of boxes used to place the stabilized peat; those were small boxes 30x30x40cm (Fig. 2) and big boxes 70x60x100cm (Fig. 3). The samples in small boxes were used to determine the physical and compression parameters of the stabilized peat at a different age or curing period 20, 30, 45, 60 and 90 days. The big boxes were used as laboratory model; samples in these models were stabilized in different thickness, those were 1/3H, 2/3H, and H; H was the sample thickness of 30 cm. After curing period of the stabilized samples reach 20 days, the samples were loaded step by step until it reached 50 kPa. The compression caused by the load applied was monitored in 20, 30, 45, 60 and 90 days.



Fig. 2 Stabilized peat in small box 30x30x40 cm

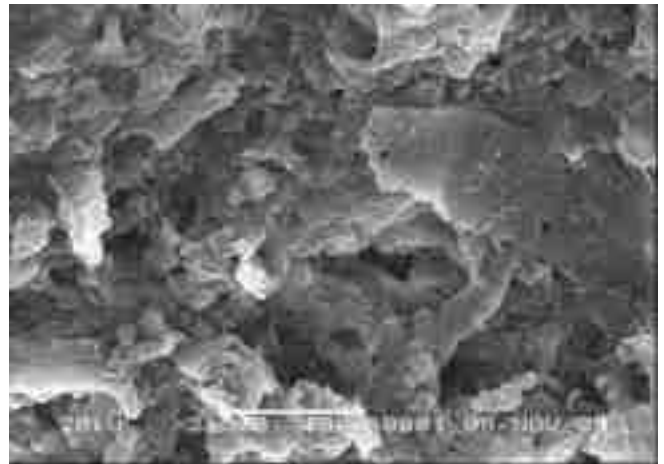


Fig. 3 A laboratory model of stabilized fibrous peat

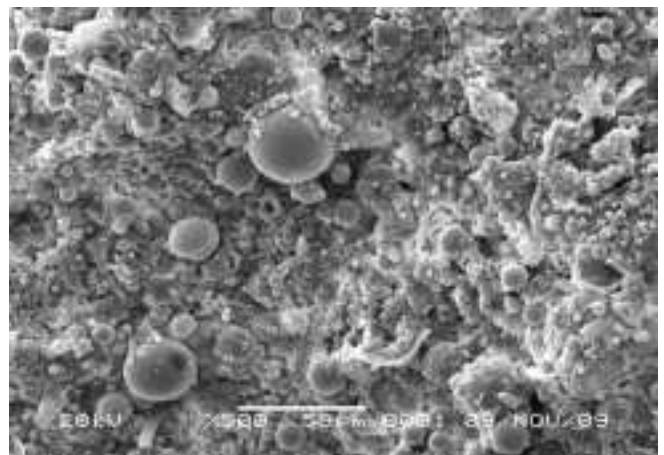
III. RESULT AND DISCUSSION

A. The Stabilized Fibrous Peat

Figs. 4a and 4b are the results of Scanning Electron Microscope (SEM) of the fibrous peat stabilized with admix-1 and admix-2, respectively. Fig. 4a shows clearly the burned fiber of rice husk ash; the granular of fly ash can also be seen in Fig. 4b. From those two figures, it can be seen that grains formed by admix-2 could fill the pores. As a result, fibrous peat stabilized with admix-2 has better density than the one stabilized with admix-1.



(a)



(b)

Fig. 4 SEM of peat stabilized with: (a).10% admix-1 (lime CaCO₃+ RHA), (b).10% admix-2 (lime CaCO₃+ fly ash), (Mochtar, N.E., et al [15])

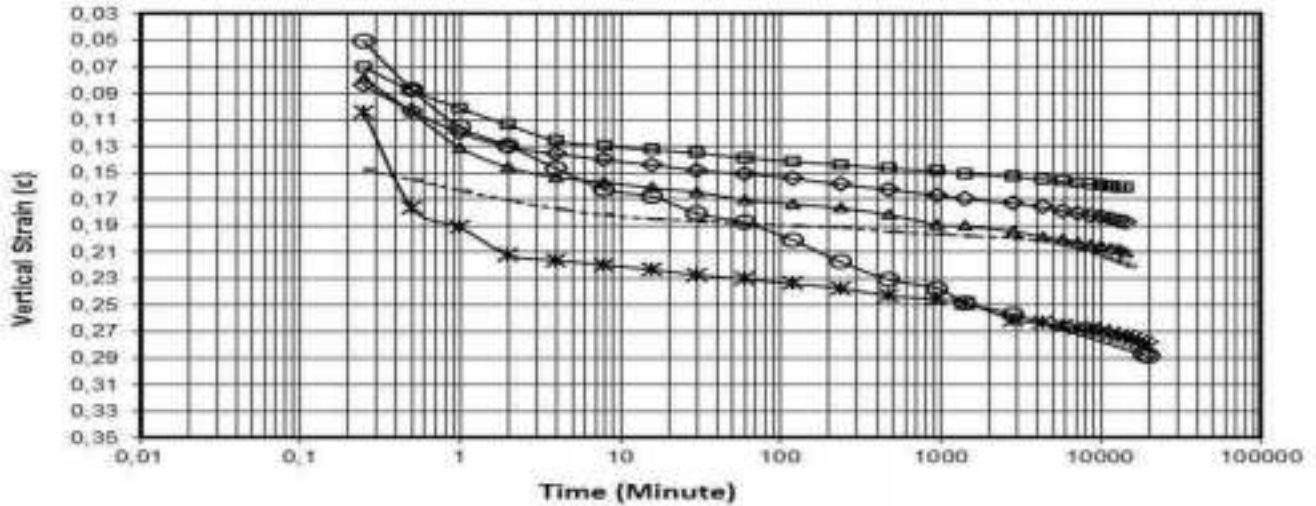


Fig. 5 Compression curves of one step loading consolidation test of fibrous peat stabilized with 10% admix-1 (Lime + RHA) at different curing period: 20, 30, 45, 60, and 90 days

B. Compression Rate of The Stabilized Fibrous Peat

Compression curves of the fibrous peat stabilized with 10% admix-1 and 10% admix-2 are given in Figs. 5 and 6, respectively. For samples with 20 and 30 days of the curing period, their curves are parallel to the curve of the initial peat. It means that the compression rates of the stabilized peat are similar to the one of the first peat. Their compressions, however, are smaller as shown where the compression curves of the stabilized peat are plotted above the initial ones. It can be stated that process of the CaSiO_3 gel formation still takes place because water in the pores is still available [16], [17].

When the curing period of the stabilized peat reaches 45 days, both stabilized peats show similar compression rates but they are slightly higher than the one of the first peat. Besides, the compression curve of peat stabilized with admix-1 (Fig. 5) is plotted above the initial one but peat

stabilized with admix-2 (Fig. 6) is plotted underneath. It means that peat stabilized with admix-2 has more significant compression than the initial one. It could be due to there is not enough water available in the pores to produce a CaSiO_3 gel or the gel itself undergone volume decrement due to the gel is in the process to be crystal [18] - [21].

The highest compression rate of the stabilized peat takes place when the curing period reach 60 days, as shown in Figs. 5 and 6. Afterward, the compression rate decreases until the curing period reaches 90 days. The compression rate of peat stabilized with admix-1 at 60 days of curing period, however, is much higher than peat stabilized with admix-2. It is because the decomposition process starts taking place at peat stabilized with admix-1; besides, admix-2 can fill the pores perfectly as shown in Fig. 4b [11], [17].

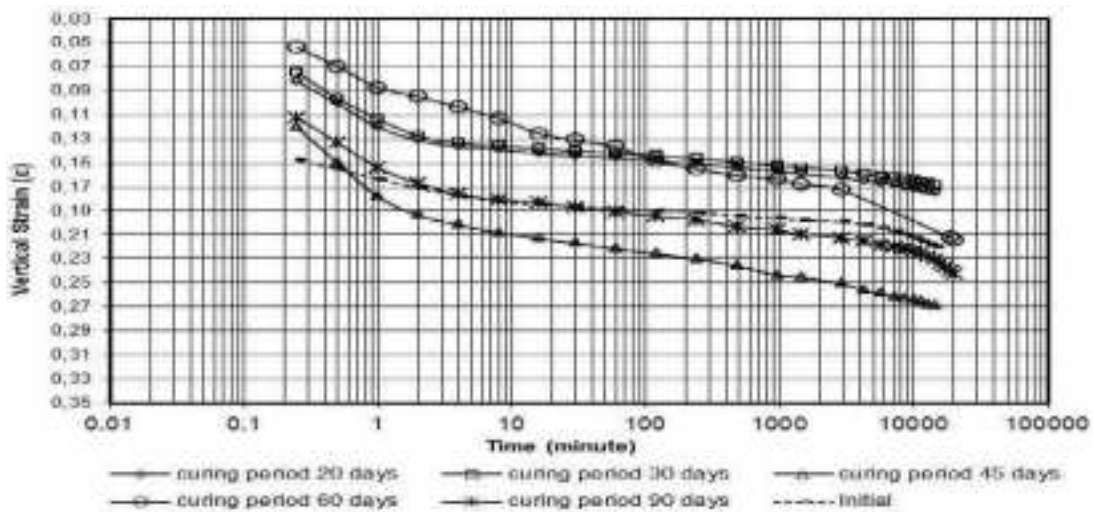


Fig. 6 Compression curves of one step loading consolidation test of fibrous peat stabilized with 10% admix-2 (Lime + FA) at different curing period: 20, 30, 45, 60, and 90 days

C. The Effect of Curing Period on The Total Compression of the Stabilized Peat

The effect of curing period to the total compression of the stabilized peat can be seen in Fig. 7. The total compression decreases until the curing period reach 30 days; when the curing periods are more extended than 45 days, the total stabilized peat compression increases. It is as mentioned previously that the CaSiO₃ gel formation process is still taking place due to pore water is still available; when there is not enough water available in the pores to produce CaSiO₃ gel, the gel itself undergone volume decrement due to the change of the gel to be CaSiO₃ crystal [18], [19], [22]. This total compression continues to increase with the increment of the curing period when peat decomposition is taking place [7], [20], [21].

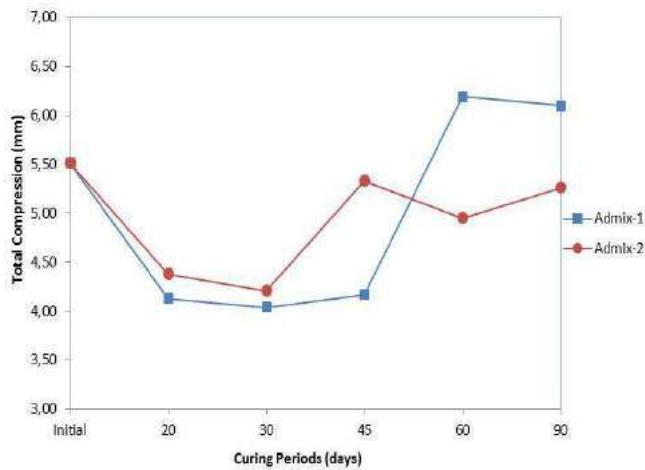


Fig. 7 Total compression of peat stabilized with admix-1 (lime CaCO₃+RHA) and admix-2 (lime CaCO₃+FA)

From those two curves in Fig. Seven also can be seen the effect of the admixture type used for stabilization to the total compression. Admix-2 (lime CaCO₃+FA) gives better result than admix-1 (lime CaCO₃+ RHA). It is because rice husk ash absorbs more water than fly ash, and fly ash has finer granular than rice husk ash so that grains of admix-2 can easily fulfill the peat pores (as shown in Fig. 4b). Besides, mixing process of admix-2 and peat is easier than the one with admix-1 [20].

D. Compression Parameters

Since the Terzaghi consolidation method is not applicable for peat soil, therefore, the compression parameters determined in this study are Gibson and Lo compression parameters. Those parameters are primary compression factor (a-parameter), secondary compression factor (b-parameter), and rate factor for secondary compression (λ/b -parameter).

The effect of curing period to the a-parameter can be seen in Fig. 8. It shows that at curing period of 20 and 30 days, the value of a-parameter is about the same. At curing period longer than 30 days, the a-parameter of peat stabilized with admix-1 is getting bigger until it reaches curing 90 days. It shows that RHA absorbs almost all water in micro and macro pores; besides, some of the gel is in the process to become crystal. Peat stabilized with admix-2, however,

shows slightly different behavior; the a-parameter increases until at curing 45 days and then decreases again at curing period 60 days; afterward, it is slightly increasing. It shows that admix-2 is not absorbing water as much as admix-1 so that only water in macropores is absorbed. When curing period longer than 45 days (until it reaches 60 days), the CaSiO₃ gel formation takes place by using water in micropores. At curing period longer than 60 days, the gel formation is slowing down because water in micropores decreases and some of the CaSiO₃ gel are in the process to become crystal.

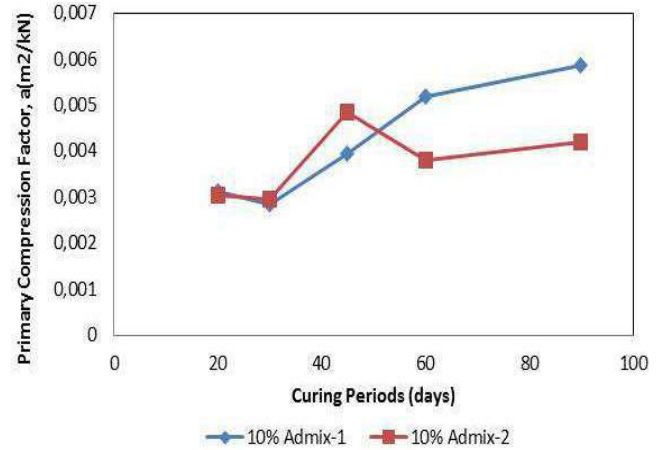


Fig. 8 The effect of curing period of peat stabilized with 10% admix-1 and 10% admix-2 to the "a" parameter

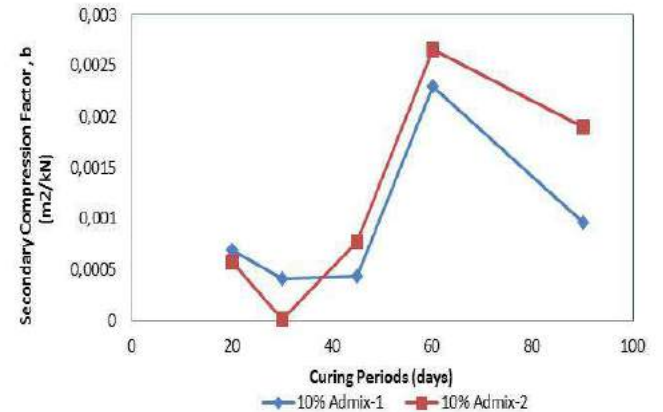


Fig. 9 The effect of curing period of peat stabilized with 10% admix-1 and 10% admix-2 to the b-parameter

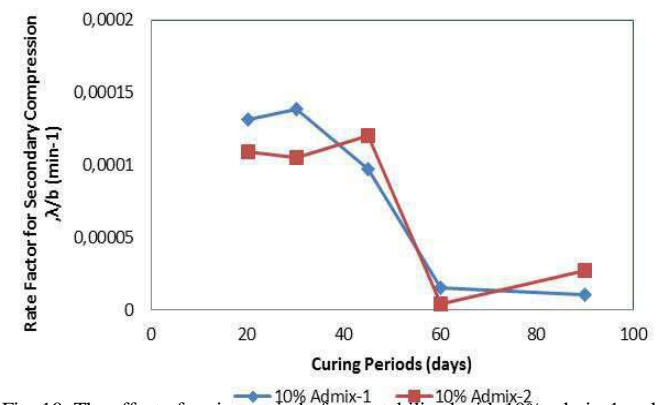


Fig. 10 The effect of curing period of peat stabilized with 10% admix-1 and 10% admix-2 to the λ/b -parameter

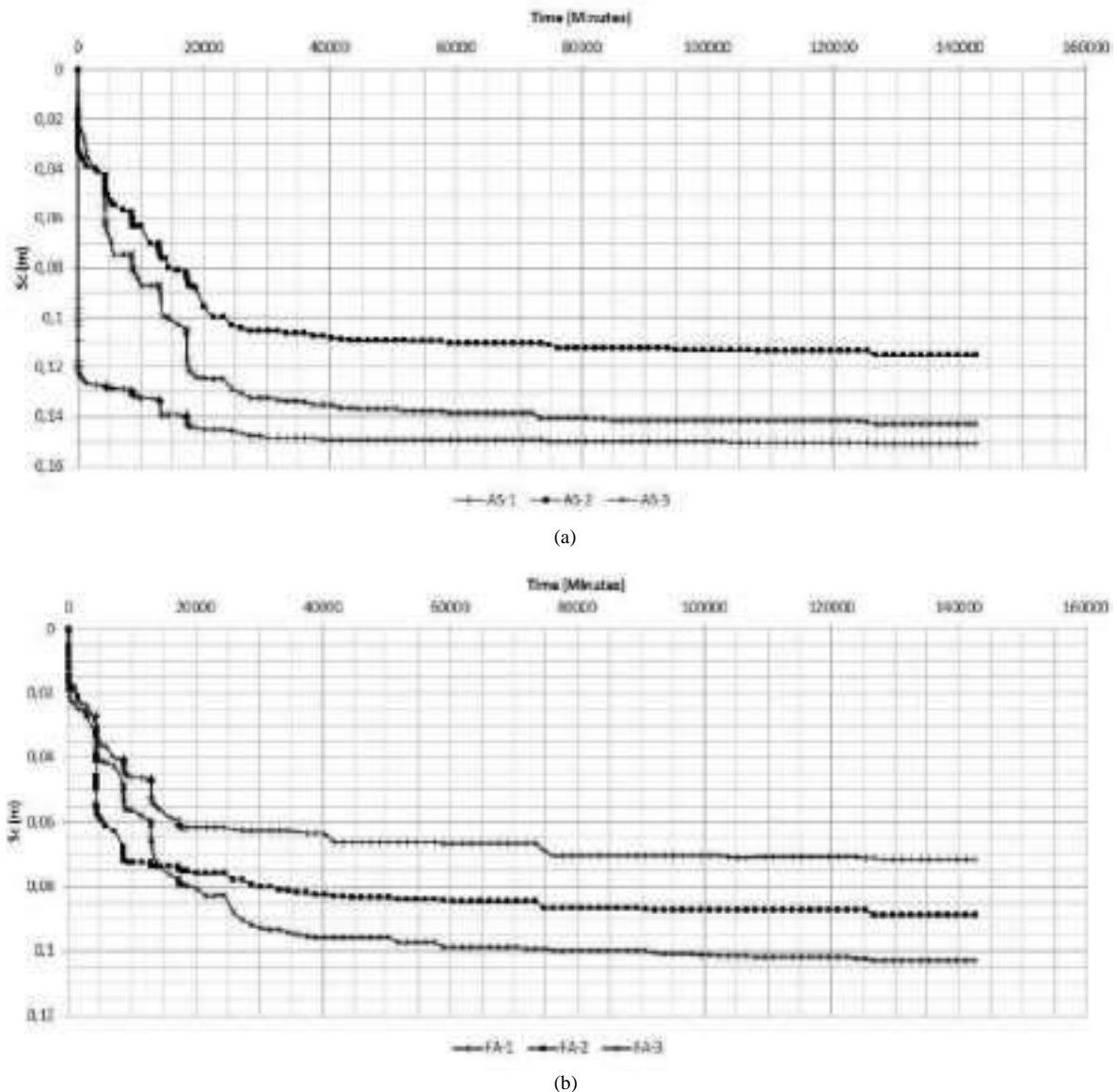


Fig. 11 Settlement of peat stabilized at different thickness 1/3H, 2/3H, and H (H is peat thickness) from the laboratory model loaded 50 kPa: a). Peat stabilized with admix-1 (lime + RHA); b). Peat stabilized with admix-2 (lime + FA). (Yulianto, F.E. and Mochtar, N.E [16])

The effect of curing period to the b-parameter is shown in Fig. 9. Peat stabilized with admix-1 and admix-2 show similar behavior except for peat stabilized with admix-2 show bigger b-parameter when the curing period longer than 45 days especially when curing period longer than 60 days. Based on the a-parameter discussed above, it is known that no more water available in the pores so that fiber decomposition dominantly causes the b-parameter for stabilized peat. Therefore, the curves of b-parameters shown in Fig. 9 are in line with the a-parameter where decomposition process for peat stabilized with admix-1 take place earlier than the peat stabilized with admix-2 so that the b-parameter of peat stabilized with admix-1 is still dominantly caused by the decomposition process.

The λ/b -parameter of peat stabilized with admix-1 and admix-2 that plotted in Fig. 10 shows similar behavior. The λ/b -parameter drops drastically when the curing period between 45 to 60 days. This result is in line with the b-parameter discussed above.

E. Settlement Prediction of Stabilized Peat

As mentioned previously that laboratory model was carried out in this study; thickness of the layer stabilized was 1/3H, 2/3H, H, where H was the sample thickness in the box = 30 cm. For peat stabilized with admix-1, the samples were called as AS-1, AS-2, and AS-3 for peat which thickness of the stabilized layer was 1/3H, 2/3H, and H, respectively. When admix-2 used for stabilization material, the samples were called as FA-1, FA-2, and FA-3, for the thickness of the stabilized layer was 1/3H, 2/3H, and H, respectively. The load was applied step by step until it reaches 50 kPa; each step was ten kPa, and it was maintained for three days so that the total loading process was 12 days. The settlement caused by 50 kPa load applied was monitored in 20, 30, 45, 60 and 90 days, and then plotted as shown in Figs. 11a., and 11b.

The settlement of stabilized peat shown in Fig. 11 had been published [17]. They figured out that the settlement is about constant after 20.000 minutes (14 days) of load

application. They stated that the thicker the layer stabilized, the higher the compression takes place. They also explained that strange settlement behavior of sample AS-1 at the beginning of loading was due to bearing capacity failure of the fragile stabilized layer (1/3 H) or due to the CaSiO₃ gel has not developed correctly.

In this paper, the total settlement obtained from the laboratory model is compared with the settlement predicted using a, b, and λ/b -parameters (from Figs. 8, 9, and 10) that were corrected using the correction factor curves [8]. The results are plotted in Figs. 12, 13, and 14 for samples stabilized with admix-1 and Figs. 15, 16, and 17 for samples stabilized with admix-2.

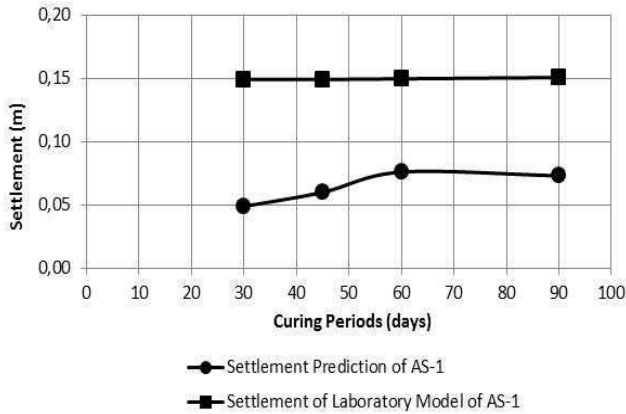


Fig. 12 Total settlement obtained from laboratory model and prediction of fibrous peat stabilized with admix-1 at 1/3 of sample thickness and loaded with 50 kPa

Fig. 12 shows that predicted settlement is much smaller than that the one from laboratory model. As mention before, it is because the sample from laboratory model undergoes bearing capacity failure at the beginning of the loading period. For samples AS-2 and AS-3 (Figs. 13 and 14), they have similar settlement behavior where the settlement that occurs after 60 days caused by peat decomposition.

Predicted settlement for samples stabilized with admix-2 (Figs. 14, 15, and 16) show better results than the one stabilized with admix-1. The predicted settlement is very close to the settlement of the laboratory model. The results also show that the decomposition process starts when the curing periods reach 60 days that means decomposition process only causes the settlement.

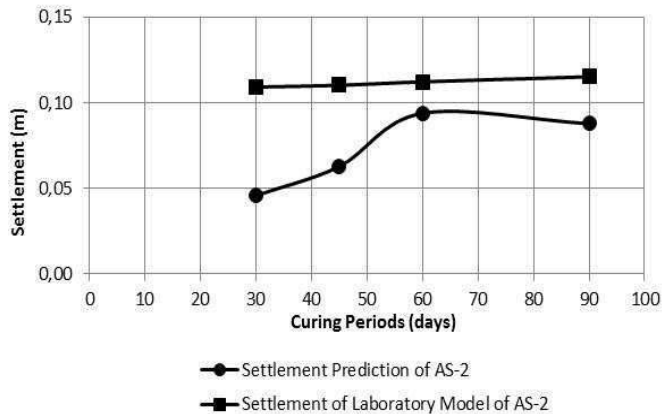


Fig. 13 Total settlement obtained from laboratory model and prediction of fibrous peat stabilized with admix-1 at 2/3 of sample thickness and loaded with 50 kPa

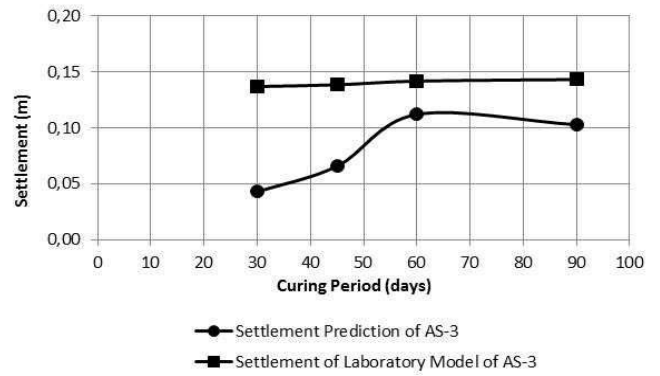


Fig. 14 Total settlement obtained from laboratory model and prediction of fibrous peat stabilized with admix-1 and loaded with 50 kPa

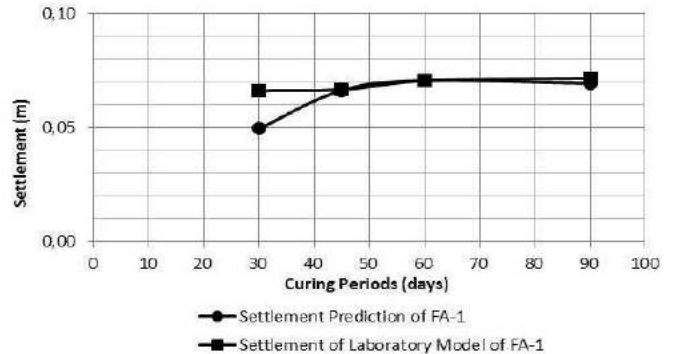


Fig. 15 Total settlement obtained from laboratory model and prediction of fibrous peat stabilized with admix-2 at 1/3 of sample thickness and loaded with 50 kPa

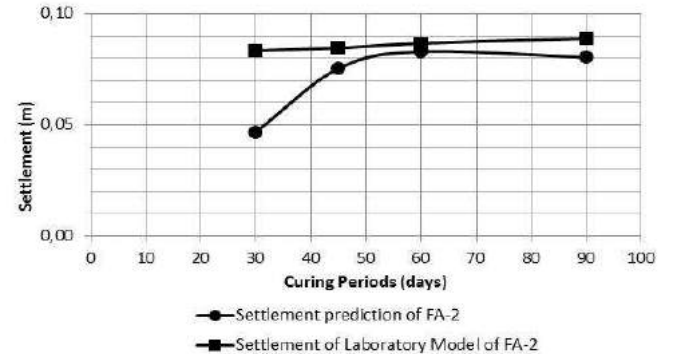


Fig. 16 Total settlement obtained from laboratory model and prediction of fibrous peat stabilized with admix-2 at 2/3 of sample thickness and loaded with 50 kPa

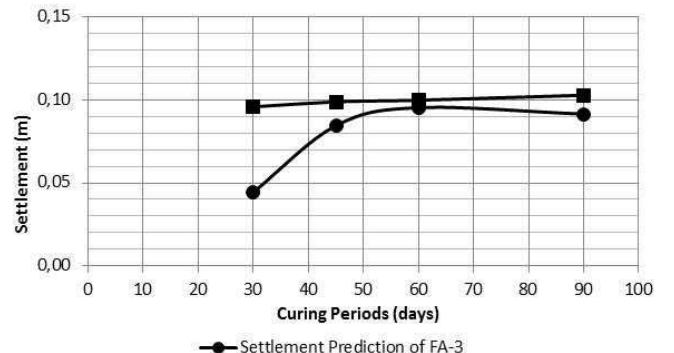


Fig. 17 Total settlement obtained from laboratory model and prediction of fibrous peat stabilized with admix-2 and loaded with 50 kPa

IV. CONCLUSIONS

From the test results and analysis given above, it can be concluded that: The peat studied can be classified as “Hemic Peat soil with Medium Ash Content and Highly Acid.” Fibrous peat stabilized with 10% admix-2 (lime CaCO₃ + RHA) has better density than the one stabilized with 10% admix-1 (lime CaCO₃ + FA) because grains formed by admix-2 can fill the pores correctly. The compression rate of the stabilized peat is affected by the type of admixture and its curing period; peat stabilized with admix-1 has higher compression rate, and it occurs when the curing period reach 60 days; The total compression of the stabilized peat are affected by curing period and by admixture type. Type of admixture used for stabilization and curing periods affect the a-parameter, b-parameter, and λ/b -parameter. The correction curves are still applicable for the stabilized peat. The thickness of peat layer stabilized affects the total settlement of peat layer, the thicker the peat layer stabilized, the bigger the total compression.

REFERENCES

- [1] MacFarlane, I.C. (1959). "Muskeg Engineering Handbook". National Research Council of Canada, University of Toronto Press, Toronto, Canada.
- [2] MacFarlane, I.C. dan Radforth, N.W. (1965). "A Study of Physical Behaviour of Peat Derivatives Under Compression. Proceeding of The Tenth Muskeg Research Conference. National Research Council of Canada, Technical Memorandum No 85.
- [3] Mochtar, Noor E. dan Mochtar, Indrasurya B. (1991). Studi Tentang Sifat Fisik dan Sifat Teknis Tanah Gambut Banjarmasin dan Palangkaraya Serta Alternatif Cara Penanganannya untuk Konstruksi Jalan. Dipublikasi sebagai hasil penelitian BBI dengan dana dari DIKTI Jakarta.
- [4] Mochtar, Noor E. dan Eding I. Imananto (2000). "Pengaruh Rasio Penambahan Beban Terhadap Perilaku Pemampatan Tanah Gambut Berserat Asal Riau dan Usulan Metode Hardin untuk Prakiraan Pemampatannya". Majalah IPTEK ITS Vol 11 no 2, Mei.
- [5] Terzaghi, K. (1925), Principles of Soil Mechanics. Engr. News Record, Vol. 95, pp. 832-836.
- [6] Edil, T.B., and Dhowian, A.W.(1979). Analysis of Long-Term Compression of Peats. Geotechnical Engineering, Southeast Asian Society of Soil Engineering, Vol. 10, pp159-178
- [7] Gibson,R.E., and Lo, K.Y. (1961). A Theory of Consolidation of Soil Exhibiting Secondary Compression. Acta Polytechnica Scandinavica.
- [8] Edil,T.B. and N.E.Mochtar (1984). Prediction of Peat Settlement. Proceeding of a Symposium: Sedimentation Consolidation Models. ASCE. San Francisco, USA.
- [9] Mochtar, N.E. and Marzuki, A. (2010). Method to Predict Compression Behavior of Tropical Fibrous Peat in The Field. The International Symposium on Lowland Technology (ISLT). Saga, Japan.
- [10] Yulianto, F.E., and Mochtar, N.E. (2010). "Mixing of Rice Husk Ash (RHA) and Lime For Peat Stabilization. Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010), March 9-10, 2010.
- [11] Yulianto, F.E., and Mochtar, N.E. (2012). The behavior of Fibrous Peat Soil Stabilized with Rice Husk Ash (RHA) and Lime. Proceedings of 8th International Symposium on Lowland Technology. September 11-13, 2012, Bali, Indonesia.
- [12] Harwadi, F. and Mochtar, N.E. (2010), "Compression Behavior of Peat Soil Stabilized with Environmentally Friendly Stabilizer. Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010), March 9-10, 2010.
- [13] Day, J.H., Rennie, W., Stanek, G.P., and Raymond (Editorial Committee) (1979). Peat Testing Manual. Sponsored by: Muskeg Subcommittee. Technical Memorandum No 125.
- [14] ASTM Annual Book (1992) Reapproved 1996. Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing (D4427-92). ASTM, Section 4, Volume 04.08 Soil and Rock, Philadelphia.
- [15] Mochtar, Noor E., Mustain A., and Trihanyndio R. (2009). Pemakaian Campuran Bahan *Pozolan* dan Kapur sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut yang Ramah Lingkungan untuk Konstruksi Jalan. Hasil Penelitian Strategis Nasional dengan Dana dari DIKTI Jakarta.
- [16] Huttunen, E., and Kujala, K. (1996), On the stabilization of organic soils. Proceedings of the 2nd International Conference on Ground Improvement Geosystem, Tokyo 96. Vol. 1, pp.411-414.
- [17] Yulianto, F.E., and Mochtar, N.E. (2016). The Effect of Curing Period and Thickness of The Stabilized Peat Layer to The Bearing Capacity and Compression Behavior of Fibrous Peat. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 11, No. 19, October 2016. Page: 2150-2153.
- [18] Mullin, J. W. (1982), *Crystallization*, Butterworths, London.
- [19] Toyukara, Ken et all (1982), *Crystallization*, Volume I & II , JACE Design Manual Series, Tokyo.
- [20] Mochtar, N.E., Yulianto, N.E., Satria, T.R., (2014). Pengaruh Usia Stabilisasi Pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO₃ dan Pozolan. Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung, Vol.21, No. 1, April.
- [21] Yulianto, F.E., Ma'ruf, A.M., Mochtar, N.E. (2014). Pengaruh filtrasi Air pada Tanah Gambut yang Distabilisasi dengan Campuran Kapur+Abu Sekam Padi. Prosiding Konferensi Teknik Sipil_8 (KONTEKS_8), 16-18 Oktober, Bandung.
- [22] Ingles, O.G. and Metcalf, J.B (1979). Soil Stabilization (Principles and Practice), Butterworths, Sydney, Australia.

Behavior of Compression Parameters of Fibrous Peat Soil at Different Load Variations

Faisal Estu Yulianto^{1*}, Badar Sa'id², Rusdiansyah³

¹Civil Engineering Departement of Madura University

²Informatic Departement of Madura University

³Civil Engineering Departement of Lambung Mangkurat University

*Corresponding author E-mail: faisal_ey@yahoo.co.id

Abstract

Fibrous peat soil is organic soil derived from decomposition of vegetation in wet environments in the tropics. This soil has high void ratio so it is sensitive to the load on it. Consolidation calculations on fibrous peat still apply the old method which takes around 14 days. Based on this case, this research was conducted to obtain a more accurate method of fibrous peat consolidation calculation with a short time. This computer application will be built using data from one-step load consolidation testing with a load of 25 kPa up to 150 kPa. Computer applications are built in two methods, there are the PHP program and the MatLab program. From the application it will be known that the compression rate occurs, the compression curve and the fibrous peat compression parameters with less than 5 minutes. Validation results between laboratory data and application data show good accuracy especially in primary consolidation. While in secondary consolidation the difference data is due to the effect of fiber in peat samples.

Keywords: Gambut berserat, konsolidasi, aplikasi komputer.

1. Introduction

Peat soil is organic soil with very low bearing capacity and high and uneven compression. MacFarlane (1959) divides peat soil in two types, there was fibrous peat soil with fiber content above 20% and amorphous granular peat soil with fiber content <20%. Indonesian peat is fibrous peat soil because it is formed from weathering of vegetation in a tropical environment (Tropical Peat Soil). The fiber in the peat soil affects the physical properties and engineering properties very much. Therefore, Terzaghi's theory (1925) for determining consolidation in clay soil cannot be used on fibrous peat soil. Gibson and Lo (1961) introduced a one-stage load method for calculating compression rates on subtropical peat soils (Temperate Peat Soil) with fairly good accuracy. The method is also applied to fibrous peat soils with good results (Mochtar, NE., 1999) although fibrous peat soil has two types of pores, there was inter-fiber pores (macropores) and pores in peat fiber (micropore).

Determination of compression curve of fibrous peat soils depends on the compression parameters of peat soils that require 14 days. this behavior is caused by fibrous peat soil having 4 (four) types of compression stage (Edil and Dhowian, 1980; Mochtar, NE and Ending I, 1999; Yulianto, FE and Mochtar, NE; 2010; 2012; 2015), there are immediate compression (Si), primary compression (Sp) is the discharge of water from the macropore, secondary compression is the discharge of water from micropore (Ss) and tertiary compression is the process of decomposition of peat fiber due to very little water in the pore (St).

However, previous research has not explained yet about curve behavior and its changes in compression parameters are due to variations of the load on the field so it is not yet clear whether the

fibrous peat has been consolidated in primary, secondary or tertiary. Based on this, this study was conducted to determine the effect of the load on the behavior of the curve and its compression parameters.

2. Peat Studied

Samples of fibrous peat soil were taken from Barengbengkel Palangkaraya, Central Kalimantan. The process of undisturbed sampling fibrous peat is shown by Figure 1.



Fig 1. Undisturbed fibrous peat sample taking.

Sampling of fibrous peat soil is carried out in June (summer), but from Figure 1 it is known that the water level of the fibrous peat soil is still high (about 50 m above ground level). This shows that peat has a high water content.

Laboratory testing was carried out to determine the physical and engineering properties of fibrous peat. All laboratory tests carried

out are based on the Peat Testing Manual (1979). Laboratory test results are shown in Table 1.

Table 1. Parameters of Palangkaraya Fibrous Peat Soil

Sifat Fisik	Satuan	Nilai	Hasil oleh Peneliti lainnya
Spesific Gravity (Gs)	-	1.37	1.4 - 1.7
Kadar Air (w_c)	%	670	450 - 1500
Berat Volume	gr/cm ³	0.99	0.9 - 1.25
Berat Volume kering	gr/cm ³	0.139	-
Angka Pori (e)	-	11.4	6.89 - 11.09
Keasaman (pH)	-	3.5 - 5.5	3-7
Kandungan Organik (Oc)	%	98	62.5 - 98
Kadar Abu (Ac)	%	2.0	2 - 37.5
Kadar Serat (Fc)	%	59.6	39.5 - 61.3
- Kadar serat kasar	%	56.25	35.35 - 49.69
- Kadar serat medium	%	29.38	31.94 - 35.84
- Kadar serat halus	%	14.37	18.37 - 29.00
Uji geser langsung : (∅)	o	25, 36, 42	30° - 50°
: C	kPa	0.5	-
Vane shear	kPa	5, 7, 12	5 - 10

From Table 1 it is known that fibrous peat soil studied has still a range of other research results (Mohctar, NE, [4], [5], [6]; Hasyim, [7]; Harwadi, F., [8]; Yulianto, FE, [9], [10]; Kolay, [11]; Afief, M., [12]). ASTM D442-84 classifies Palangkaraya fibrous peat as Hemic peat soils with high acidity and low ash content. Table 1 also shows that coarse fiber dominates the Palangkaraya peat, this indicates that the process of decomposition of fiber has not all occurred so that the fibrous peat of Palangkaraya is also classified in the H4 class based on Von Post (1992). Figure 2 shows the results of SEM (Scanning Electrone Microsctie) on fibrous peat with 1000 and 2000 magnification. The microstructure of fibrous peat shows coarse fiber (macropore) and pores in peat fiber (micropore) clearly visible. Figure 2 reinforces the previous statement that peat soil is sensitive to the load.

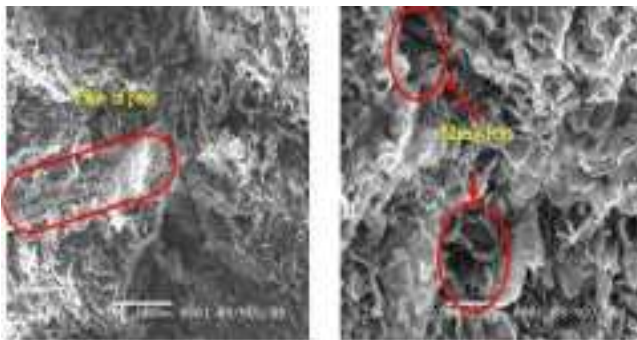


Fig. 2 Image of SEM of fibrous peat soil: (a) 1000 magnification, (b) 2000 magnification (Yulianto, FE., and Mochtar, NE., 2012).

2.1. One Step Load Method (Gibson & Lo, 1961)

The result of the laboratory test done by Terzaghi method [18] shown by Figure 3. The compression curve has 2 broken lines so that the compression index needed to predict compression cannot be obtained when using the Terzaghi method. Based on those,

Mochtar, NE., [5] introduced a one-step loading method to determine compression in fibrous peat.

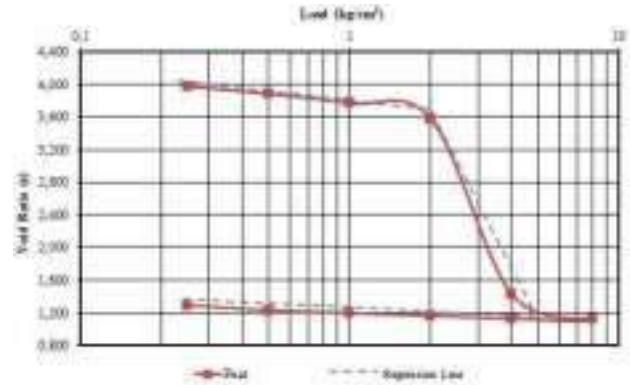


Fig. 3. Compression curve (e vs log t) by Terzaghi method of fibrous peat soil.

Gibson and Lo (1961) introduced a rheological model to predict compression on peat soil (Figure 4). The model consists of a Hooke model which is connected in series with a Newton model in the form of a single element damper and dashpot which shows non-linear effects that depend on the time function t.

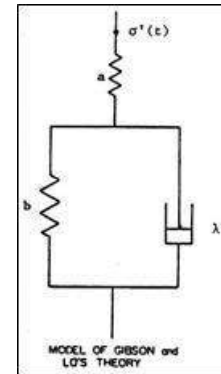


Fig 4. Gibson & Lo's rheological model [5]

This method was further developed by Edil and Dhowian (1982) and was first applied to fibrous peat by Mochtar, NE. (1999) with very good results based on the following equation:

$$\varepsilon_t(t - t_k) = \Delta\sigma[a + b(1 - e^{-\frac{\lambda}{b}t_k}) + b_1(1 - e^{-\frac{\lambda_1}{b_1}(t-t_k)})] \quad (1)$$

With, ε_t : Strain at time of t, t: Time of loading (minutes), t_k : time of tertiary compression (minute), $\Delta\sigma'$: Addition of effective load (kPa), e: void ratio, a: Primary compression parameters, b: Secondary compression parameters, b_1 : tertiary compression parameters, λ_1/b_1 : Secondary compression velocity factor (1/minute). The compression curve of fibrous peat for a one stage load is shown in Figure 5.

Bozuzuk [12] states that to determine primary compression parameters (a), secondary compression parameters (b) and secondary compression speed ($\frac{\lambda}{b}t$) can be obtained from the curve of the relationship between log strain velocity ($\log d\varepsilon/dt$) with time (t). The regression lines made from these curves are extended to cut the ordinate axis = $\log(\Delta\sigma' \cdot \lambda)$; the slope of the regression line is -0.434 (λ/b).

For example, the calculation method, Mochtar, NE [7] shows the curve of the strain velocity $\log(\log d\varepsilon/dt)$ vs. time (t) in Figure 6. From the intersection value on the ordinate axis and slope of the regression line, the primary compression factor is obtained. (a) = 3.85E-03, secondary compression factor (b) = 8.70E-04, speed factor for secondary compression (λ/b) = 8.00E-08.

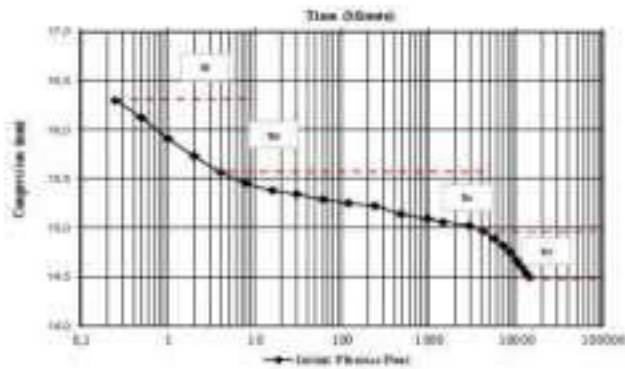


Fig. 5 Relationship curve Δh vs $\log t$ on peat soil with 50 kPa (Yulianto dan Mochtar, 2012).

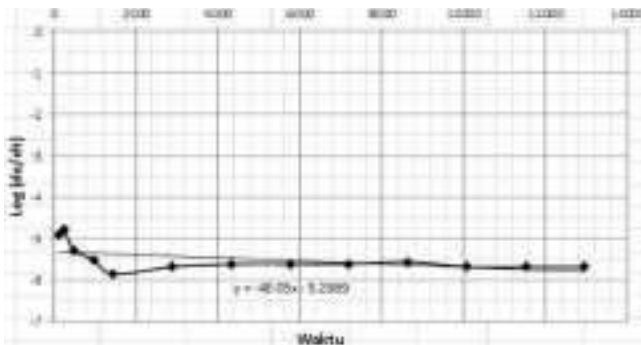


Fig. 6. Log curve $d\varepsilon/dt$ with t for initial peat soil

3. Effect of Load Variation to The Fibrous Peats Compression Parameters.

The fibrous peat consolidation test is carried out in a laboratory based on the Peat Testing Manual (1979). The load variations given to samples of fibrous peat soil are 10 kPa, 25 kPa, 50 kPa, 75 kPa, 100 kPa, 125 kPa and 150 kPa according to the load normally applied in the field. The consolidation test process is shown in Figure 7.



Fig. 7 Consolidation test of fibrous peat

The consolidation test results show that the consolidation curve has 4 stages of compression even though the slope of the consolidation curve differs according to the load.

Primary consolidation is faster when the load increases as well as its compression. Figure 7 shows that when the load increases, the secondary consolidation line has the same behavior as the curve on primary consolidation. The effect of amount of load on the primary and secondary compression parameters on peat soil can be seen in Figure 8 and Figure 9.

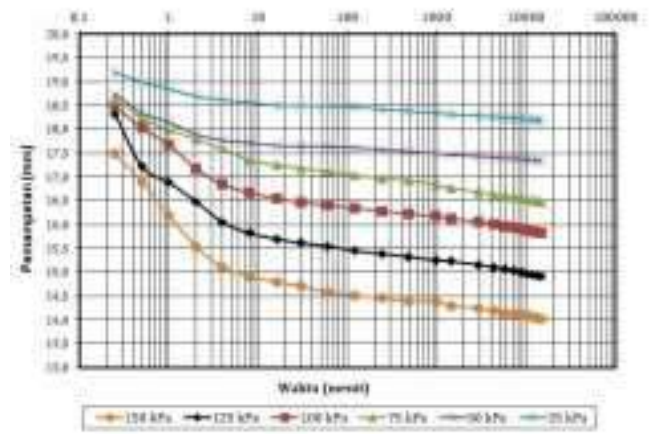


Fig 7. consolidation curve with load variations

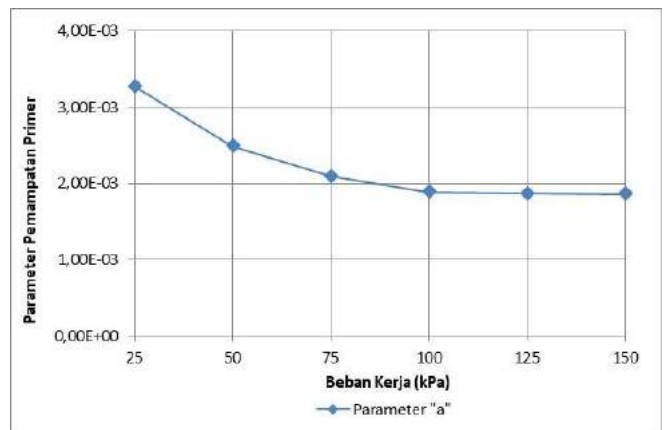


Fig. 8 Primary consolidation parameter curve with load variations.

Figure 8 shows the increase in load on peat soil causes the value of "a" to be smaller, especially in the load of 25 kPa up to 75 kPa. While at loads above 75 kPa the change in the consolidation curve is not too large. This behavior is caused by the increase in load causing the water between the peat fiber flow out quickly. The same behavior is also indicated by the secondary consolidation curve (Figure 9).

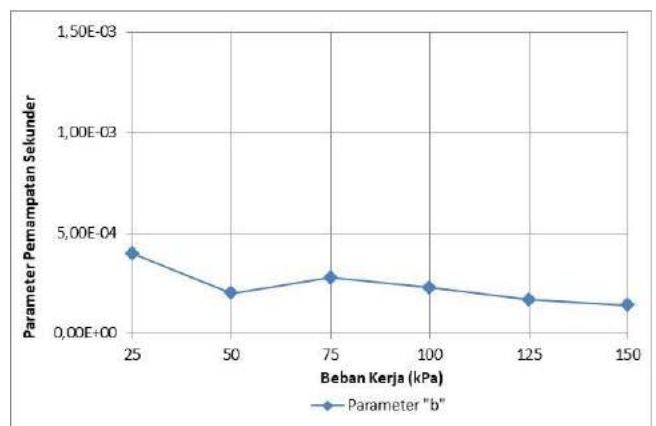


Fig. 9 Secondary consolidation parameter curve with load variations.

However, the secondary consolidation curve is more sloping than the primary consolidation curve because in secondary consolidation, water comes out from the smaller pore, this is the pore in peat fiber and the time needed to complete secondary consolidation is also getting longer (Figure 7).

Acknowledgement

Thank you, we would like to say to the DPRM, Dirjen Dikti the Ministry of Research, Technology and Higher Education for the research grants in 2017 and 2018 so that this research can be completed.

References

- [1] MacFarlane, I.C. (1959). "Muskeg Engineering Handbook". National Research Council of Canada, University of Toronto Press, Toronto, Canada.
- [2] MacFarlane, I.C. dan Radforth, N.W. (1965). "A Study of Physical Behaviour of Peat Derivatives Under Compression. **Proceeding of The Tenth Muskeg Research Conference. National Research Council of Canada, Technical Memorandum No 85.**
- [3] Mochtar, Noor E. dan Mochtar, Indrasurya B. (1991). Studi Tentang Sifat Fisik dan Sifat Teknis Tanah Gambut Banjarmasin dan Palangkaraya Serta Alternatif Cara Penanganannya untuk Konstruksi Jalan. **Dipublikasi sebagai hasil penelitian BBI dengan dana dari DIKTI Jakarta.**
- [4] Mochtar, Noor E. dan Eding I. Imananto (2000). "Pengaruh Rasio Penambahan Beban Terhadap Perilaku Pemampatan Tanah Gambut Berserat Asal Riau dan Usulan Metode Hardin untuk Prakiraan Pemampatannya". **Majalah IPTEK ITS** Vol 11 no 2, Mei.
- [5] Terzaghi, K. (1925), **Principles of Soil Mechanics**. Engr. News Record, Vol. 95, pp. 832-836.
- [6] Edil, T.B. and Dhowian, A.W.(1979). Analysis of Long-Term Compression of Peats. **Geotechnical Engineering, Southeast Asian Society of Soil Engineering**, Vol. 10, pp159-178
- [7] Gibson,R.E. and Lo, K.Y. (1961). A Theory of Consolidation of Soil Exhibiting Secondary Compression. **Acta Polytechnica Scandinavica**.
- [8] Edil,T.B. and N.E.Mochtar (1984). Prediction of Peat Settlement. **Proceeding of a Symposium: Sedimentation Consolidation Models**. ASCE. San Francisco, USA.
- [9] Mochtar, N.E. and Marzuki, A. (2010). Method to Predict Compression Behavior of Tropical Fibrous Peat in The Field. **The International Symposium on Lowland Technology (ISLT)**. Saga, Japan.
- [10] Yulianto, F.E. and Mochtar, N.E. (2010), "Mixing of Rice Husk Ash (RHA) and Lime For Peat Stabilization. **Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010)**, March 9-10, 2010.
- [11] Yulianto, F.E. and Mochtar, N.E. (2012). Behavior of Fibrous Peat Soil Stabilized with Rice Husk Ash (RHA) and Lime. **Proceedings of 8th International Symposium on Lowland Technology**. September 11-13, 2012, Bali, Indonesia.
- [12] Harwadi, F. and Mochtar, N.E. (2010), "Compression Behavior of Peat Soil Stabilized with Environmentally Friendly Stabilizer. **Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010)**, March 9-10, 2010.
- [13] Day, J.H., Rennie, W., Stanek, G.P., and Raymond (Editorial Committee) (1979). **Peat Testing Manual**. Sponsored by: Muskeg Subcommittee. Technical Memorandum No 125.
- [14] ASTM Annual Book (1992) Reapproved 1996. Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing (D4427-92). **ASTM, Section 4, Volume 04.08 Soil and Rock**, Philadelphia.
- [15] Mochtar, Noor E., Mustain A., and Trihanyndio R. (2009). Pemakaian Campuran Bahan *Pozolan* dan Kapur sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Gambut yang Ramah Lingkungan untuk Konstruksi Jalan. **Hasil Penelitian Strategis Nasional dengan Dana dari DIKTI Jakarta.**
- [16] Huttunen, E., and Kujala, K. (1996), On the stabilization of organic soils. **Proceedings of the 2nd International Conference on Ground Improvement Geosystem, Tokyo 96. Vol. 1, pp.411-414.**
- [17] Yulianto, F.E. and Mochar. N.E. (2016). The Effect of Curing Period and Thickness of The Stabilized Peat Layer to The Bearing Capacity and Compression Behavior of Fibrous Peat. **ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences**, Vol. 11, No. 19, October 2016. Page: 2150-2153.
- [18] Mullin, J. W. (1982), *Crystallization*, Butterworths, London.
- [19] Toyukara, Ken et all (1982), *Crystallization*, Volume I & II , JACE Design Manual Series, Tokyo.
- [20] Mochtar, N.E., Yulianto, N.E., Satria, T.R., (2014). Pengaruh Usia Stabilisasi Pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO₃ dan Pozolan. **Jurnal Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung**, Vol.21, No. 1, April.
- [21] Yulianto, F.E., Ma'ruf, A.M., Mochtar, N.E. (2014). Pengaruh filtrasi Air pada Tanah Gambut yang Distabilisasi dengan Campuran Kapur+Abu Sekam Padi. **Prosiding Konferensi Teknik Sipil_8 (KONTEKS_8)**, 16-18 Oktober, Bandung.
- [22] Ingles, O.G. and Metcalf, J.B (1979). **Soil Stabilization (Principles and Practice)**, Butterworths, Sydney, Australia..

The Characteristic of Palangkaraya Fibrous Peat

Faisal Estu Yulianto^{1,*}, Fuad Harwadi², and Rusdiansyahi³

¹Civil Engineering Departement, Madura University, East Jawa, Indonesia.

²Civil Engineering Departement, Kaltara University, North Kalimantan, Indonesia.

³Civil Engineering Departement, Lambung Mangkurat University, South Kalimantan, Indonesia.

Abstract. Palangkaraya fibrous peat soil is a soil with high organic content and was formed due to decomposition of plants in submerged areas for long periods. In the tropics, peat has a high fiber content that affects the physical and engineering characteristic and have different behavior with clay. Laboratory and field tests were conducted to determine the physical and engineering characteristic of fibrous peat and to compare it with clay. The results of the tests on fibrous peat show peat soil parameter very different from clays. The unit weight of peat is 1.04 gr/cm³ with specific gravity is 1.4 and water content reach 650%. This physical parameter shows that peat is a very soft soil that is dominated by water in its structure. Organic content of peat reached 97% with a very low ash content of 3%. This behavior indicates that the decomposition of plants causes physical properties of peat that are very different from clays. The bearing capacity of the peat is also very low. The shear strength was about 26.8 kPa ($\sigma_v=50$ kPa) and was dependent on the fiber distribution in the sample under test. Vane shear test results also show the same thing that is 5-7 kPa. The very different behavior of fibrous peat with clay is the consolidation. Peat has 4 stages of compression wherein secondary compression is the main compression. This behavior is due to the fibrous peat has two pores, that are micropores and macropores. The results of comparisons can serve as a basis for determining appropriate peat soil improvement methods.

1 Introduction

Fibrous peat Palangkaraya is classified as tropical peat soils. Its formed by the decomposition process of marsh plants such as a variety of grass, mangrove, pandanus, ferns, areca, and other marsh plants over than 5000 years [1]. Because the area of marsh plant is always humid and stagnate by water and oxygen circulation is not good, so that the process of humification by bacteria does not occur perfectly. As a result, the fibers of the marsh plant are still visible and very affect the behavior of the peat soil very much.

MacFarlane and Radforth [2] stated that peat soils are divided into 2 (two) types base on their fiber content, there is fiber content $\geq 20\%$, it called fibrous Peat, while peat soil with $<20\%$ fiber content is amorphous granular peat. Fibrous peat and amorphous granular peat soils can be classified as very soft soils and generally have a low bearing capacity and high

* Corresponding author: faisal_ey@yahoo.co.id

settlement. If the amorphous granular peat soil has a behavior similar with clay, the fibrous peat soil has a very different behavior from clay due to its fiber distribution so that the classical theory of clay cannot be applied to fibrous peat soil to determine its physical and engineering parameters. Based on the explanation above, this paper written to explain the differences of characteristics based on the results of field and laboratory testing so that we can determine correct method of soil improvement if the civil construction on the fibrous peat soil.

2 Peat Soil Studied

Fibrous peat soil samples were taken at Bereng Bengkel, Palangkaraya, Central Kalimantan. Peat soil samples were taken in undisturbed condition by using PVC tubes (20 cm high) of 20 tubes. The undisturbed peat soil sampling process is shown in Figure 1.



Fig. 1. The sample of undisturbed peat soil.

Field and laboratory tests were conducted to determine and identify the behavior of the Palangkaraya fibrous soil. Field testing that can be done is a unit weight test with sand cone method, acidity test with pH meter and peat shear strength through vane shear (Fig. 2).



Fig. 2. Field Testing; a) Vane Shear test; b) Acidity test

While laboratory testing covers the physical and engineering properties of fibrous peat. Tests of physical properties include unit weight, fiber content, specific gravity test, water content, organic content, ash content, and fiber distribution. While engineering properties test of the fibrous peat covers the consolidation test and direct shear. All tests performed are based on Peat Testing Manual [3].

2.1. Physical Properties of Palangkaraya Fibrous Peat

The properties of the Palangkaraya fibrous peat soil resulted from laboratory/field testing is shown by Table 1. The results of the test show that the Palangkaraya fiber peat soil is still in the intervals of other researcher (Mohctar, N.E., [4], [5], [6]; Hasyim, [7]; Harwadi, F., [8]; Yulianto, F.E., [9], [10]; Kolay, [11]; Afief, M., [12]). ASTM D4427-84 states that peat soil classification is based on fiber content, ash content, acidity, and water content. Table 1 shows that Palangkaraya peat soil has the fiber content of 59.6%, ash content of 2%, and acidity <5 and it is **classified as Hemic fibrous peat soil with low ash content and high acidity**.

Table 1. Palangkaraya Fibrous Peat Soil Parameters

No	Soil Parameters	Unit	Peat Studied	Others Researcher
1	Speific Gravity (Gs)	-	1,37	1.4 - 1.7
2	Wter Content (w_c)	%	670,00	450 - 1500
3	Unit Weight (γ_t)	gr/cm ³	0,99	0.9 - 1.25
4	Dry Unit Weight (γ_d)	gr/cm ³	0,14	-
5	Void Ratio (e)	-	11,40	6.89 - 11.09
6	Acidity (pH)	-	3,5 - 5,0	3-7
7	Organic Content (Oc)	%	98,00	62.5 - 98
8	Ash Content (Ac)	%	2,00	2 - 37.5
9	Fiber Content (Fc)	%	59,60	39.5 - 61.3
	- Coarse Fiber Content	%	56,25	35.35 – 49.69
	- Medium Fiber Content	%	29,38	31.94 – 35.84
	- Fine Fiber Content	%	14,37	18.37 – 29.00
11	Direct Shear: Phi (ϕ)	⁰	25, 36, 42	30 ^o - 50 ^o
	: C	kPa	0,50	-
12	Vane shear	kPa	5, 7, 12	5 – 10

The specific gravity (Gs) of Palangkaraya's fibrous peat soil is 1.37. It is very different from clay and even organic clay [13]. This value indicates that the peat soil has a high organic content (98%) according to MacFarlane's [14] statement that the Gs of peat still in the range of 1.4-1.7. it's will increase to 2 if contaminated by minerals. The high organic content of Palangkaraya fibrous peat soil have consequences to the acidity of the peat (<5) so it unsafe for building materials.

The unit weight (γ_t) and dry unit weight (γ_d) of Palangkaraya fibrous peat are 0.99 gr/cm³ and, 0.14 gr/cm³ while high water content 670%. It shows that the largest material in peat soil is water about 6 times the solid. It means that peat soil is a soil with the large void ratio (11.44). The fiber content of peat studied reached 59.6% with a coarse fiber dominance of 56.25% [2]. This indicates that the decomposition process is still slow so that the coarse and medium fibers are still clearly visible and the peat studied is included in H4 based on the Von Post classification [15]. Physical parameters of Palangkaraya fibrous soil given in Table 1 shows very different values with clay so that the fibrous peat physical

behavior will affect the engineering behavior. In another hand, the condition of peat pore is also very different from clay soil if the clay has one pore then the fibrous peat has two pores ie macropore is the pore among the peat fibers and micropore is a pore in the peat fiber as shown by image of Scanning Electron Microscope/SEM (Fig. 3).

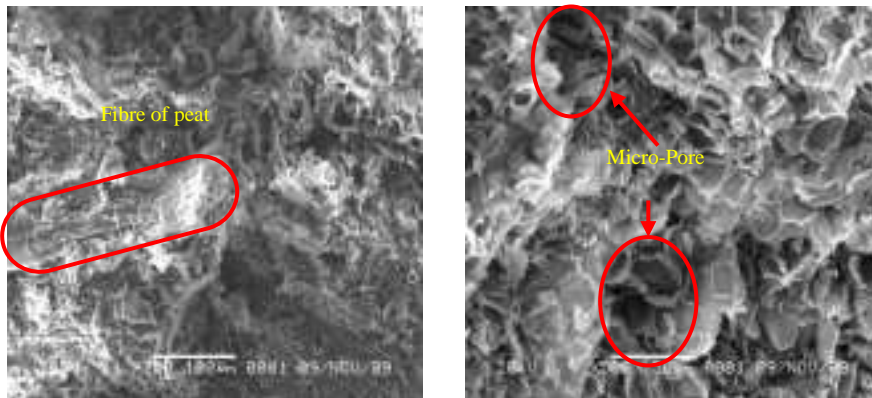


Fig. 3 Image of SEM of fibrous peat soil: (a) 1000 magnification, (b) 2000 magnification (Yulianto, FE., and Mochtar, NE., 2012).

2.2. Engineering Properties of Palangkaraya Fibrous Peat

Peat soil is *frictional material* or *noncohesive material* [16] so the shear strength only relies on the strength of the shear angle (ϕ). Therefore, the fiber distribution on peat soils very affects the value of the shear angle. From 3 (three) times direct shear testing conducted got a different value of shear angle that is 25° , 36° dan 42° ; This behavior is due to the presence of different fiber sizes on each sample of the peat tested. However, the results obtained are still in accordance with the Landva statement [17] wherein the shear angle value (ϕ) of fibrous peat soils is in the range $27^\circ - 32^\circ$.

Peat soils have the character that easily compresses when there is a load on it (*High Compressibility*); This is because peat soils have a large pore. The amorphous granular peat has a compression behavior similar to the clay; However, the compressible behavior of fibrous peat is very different from clay soil. This is indicated by the compression curve (e vs $\log t$) of the fibrous peat soil (Fig 4). The result of the laboratory test done by Terzaghi method [18]. The compression curve has 2 broken lines so that the compression index needed to predict compression cannot be obtained when using the Terzaghi method. Based on the explanation, Mochtar, NE., [5] introduced a one-step loading method to determine compression in fibrous peat.

Yulianto, F.E, and Mochtar, N.E [10] explained that the consolidation curve of fibrous peat soils consists of 4 components: immediate compression (s_i), primary compression (s_p), secondary compression (s_s) and tertiary compression (s_t) as shown in Figure 5. Primary compression is the process of water discharge from macropore that occurred in a short time. While secondary compression occurs for a long time and it is the process of water discharge from micropore to macropore, and tertiary compression is the compression caused by the decomposition of fibers peat.

Based on those, Gibson and Lo [19] and Dhowian and Edil [20] provide a method to determine the compression of fibrous peat soil with one step loading until 14 days. Amount of strain on fibrous peat soils is calculated by the following equation :

$$\varepsilon_t(t - t_k) = \Delta\sigma \left[a + b \left(1 - e^{-\frac{\lambda}{b} t_k} \right) + b_1 \left(1 - e^{-\frac{\lambda_1}{b_1} (t - t_k)} \right) \right] \quad (1)$$

With, ε_t : Strain at time of t , t : Time of loading (minutes), t_k : time of tertiary compression (minute), $\Delta\sigma$: Addition of effective load (kPa), e : void ratio, a : Primary compression parameters, b : Secondary compression parameters, b_1 : tertiary compression parameters, λ_1/b_1 : Secondary compression velocity factor (1/minute)

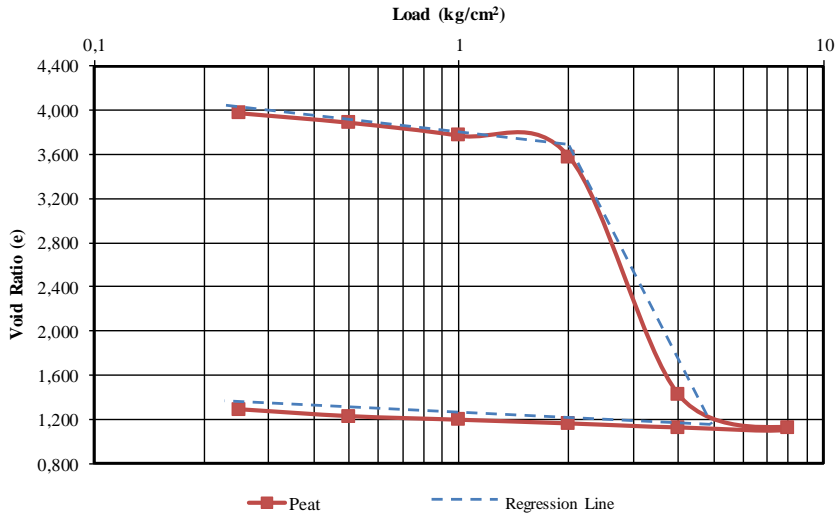


Fig. 4. Compression curve (e vs $\log t$) by Terzaghi method of fibrous peat soil.

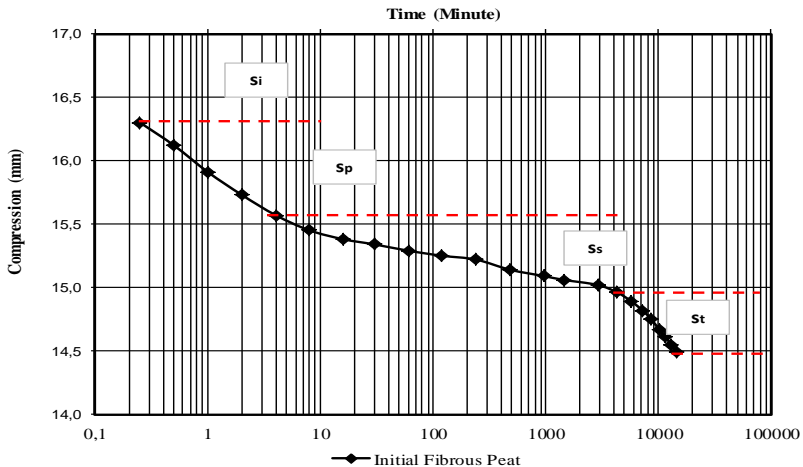


Fig. 5 Relationship curve Δh vs $\log t$ on peat soil with 50 kPa (Yulianto dan Mochtar, 2012)

From the explanation of the physical and engineering properties of peat soil above, it is known that the characteristics of peat are very different from clay soil (inorganic soil), so the fibrous peat also has different treatment if the peat soil will be used as the foundation of a civil structure. Therefore, soil improvement methods used to improve bearing capacity of

peat soil are generally classified into 2 (two) types, there are mechanical methods and stabilization methods. However, the main priorities for selecting peat soil improvement methods are: Peat soil thickness and its subsoil (Table 2), Type of peat: fibrous or amorphous granular peat and the amount of compression to be overcome

Table 2. Peat soil Classification by Thick Layers of Peat

Basic Classification	Category	Information
Thick Layers of Peat	1. < 1,0 m	Very Shallow
	2. 1,0 -< 2.0 m	Shallow
	3. 2.0 -3.0 m	Deep
	4. >3.0 m	Very Deep

(source: Wetlands Indonesia, [21])

3. Conclusion

From the explanation given, it can be concluded, that's:

1. Palangkaraya peat soil classified as Hemic fibrous peat soil with low ash content and high acidity.
2. The physical properties of Palangkaraya's peat soil are very different from clay due to the high organic content and specific pore structure
3. Peat fiber distribution is very influential on the value of shear angle. so the shear angle value is always different in every test.
4. One step loading method is the right method to determine the compression of Palangkaraya peat soil due to pore structure which is very different from clay.

4. REFERENCES

- [1] Van De Meene (1984), Geological Aspects of Peat Formation in The Indonesian-Malaysian Lowlands, *Bulletin Geological Research and Development Centre*, 9, 20-31.
- [2] MacFarlane, I.C. dan Radforth, N.W. (1965), A Study of Physical Behaviour of Peat Derivatives Under Compression, *Proceeding of The Tenth Muskeg Research Conference. National Research Council of Canada, Technical Memorandum No 85*.
- [3] Canada National Research Council (CNRC) 1979, Muskeg Subcommittee 1979; *Peat Testing Manual*; Technical memorandum 125, 193p.
- [4] Mochtar, NE. et al. (1999), Aplikasi Model Gibson & Lo untuk Tanah Gambut Berserat di Indonesia, *Jurnal Teknik Sipil, ITB, Vol. 6 NO. 1*.
- [5] Mochtar, NE, Yulianto, FE., Satria, TR., (2014), Pengaruh Usia Stabilisasi pada Tanah Gambut Berserat yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO₃ dan Pozolan, *Jurnal Teknik Sipil ITB (Civil Engineering Journal ITB), Vol. 21, No. 1, Hal 57-64*.
- [6] Mochtar, NE., Yulianto, FE., (2018), Compression Behavior of Fibrous Peat Stabilized with Admixtures of Lime CaCO₃+Rice Husk Ash and Lime CaCO₃+Fly Ash, *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, Vol. 8, No.3, pp. 792-798.
- [7] Hasyim, R, and Islam, S (2008), Engineering Properties of Peat Soil in Peninsular, Malaysia, *Journal of Applied Sciences*, 1812-5654.

- [8] Harwadi, F., and Mochtar, N.E. (2010), Compression Behavior of Peat Soil Stabilized with Environmentally Friendly Stabilizer, *Proceedings of the First Makassar International Conference on Civil Engineering (MICCE2010), March 9-10, 2010*.
- [9] Yulianto, F.E., and Mochtar, N.E. (2012), Behavior of Fibrous Peat Soil Stabilized with Rice Husk Ash (RHA) and Lime, *Proceedings of 8th International Symposium on Lowland Technology September 11-13, 2012, Bali, Indonesia*.
- [10] Yulianto, F.E., and Mochtar, N.E. (2016), The Effect of Curing Period and Thickness of The Stabilized Peat Layer to The Bearing Capacity and Compression Behavior of Fibrous Peat., *ARPJ Journal of Engineering and Applied Science, Vol. 11, No. 19., pp. 11250-11253*.
- [11] Kolay, P.K., Sii, H. and Taib, S.N.L. (2011), Tropical Peat Soil Stabilization using Class F Pond Ash from Coal-Fired Power Plant, *International Journal of Civil and Environmental Engineering 3:2*.
- [12] Afief Ma'ruf, M. (2012), *Pengaruh Air di Sekitar Area Lahan Gambut yang Distabilisasi Terhadap Sifat Fisik dan Sifat Teknis Tanah Gambut*, Tesis Program Magister FTSP-Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- [13] Hardiyatmo, HC., (2002), *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- [14] MacFarlane, I.C. (1959), *Muskeg Engineering Handbook*, National Research Council of Canada, University of Toronto Press, Toronto, Canada
- [15] Von Post, L. (1992), Sveriges Geologiska Undersoknings Torvinventering Och Nagre av Dess Hittills Vienna Resultat, *Sv. Mosskulturfor. Tidskr. 1:1-27*.
- [16] Adam, J.I. (1965), The Engineering Behaviour of a Canadian Muskeg. *Proc. Sixth International Conference On Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol.1, pp 3-7*.
- [17] Landva, A.O., E.O. Korpijaakko, P.E. Pheeney, and P.M. Jarret, editor (1982), *Geotechnical Classification of Peats and Organic Soils, Testing of Peats and Organic Soils*, ASTM, STP 820.
- [18] Terzaghi, K. (1925), *Principles of Soil Mechanics*. Engr. News Record, Vol. 95, pp. 832-836.
- [19] Gibson, R.W., Lo, K.Y (1961), *A Theory of Consolidation of Soils Exhibiting Secondary Compression*, Acta Polytechnica Scandinavia.
- [20] Dhowian, A, W and T.B. Edil (1980), Consolidation Behaviour of Peat, *Geotechnical Testing Journal, Vol.3. No. 3. pp 105-144*.
- [21] Wetlands International – Indonesia Programme (2004), *Peta sebaran Lahan Gambut, Luas dan Kandungan Karbon Di Kalimantan*, Edisi Pertama ISBN 979-95899-9-1, Bogor.

CERTIFICATE

No. 6469/UN14.2.5/PB/2018

This is to certify that

Faisal Estu Yulianto

attended

THE 1ST INTERNATIONAL COLLABORATION CONFERENCE
ON ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES (ICCEAS) 2018
in conjunction with ICANCEE and ICDEMM
October 24 - 25, 2018, Sanur - Denpasar - Bali
as

Presenter

ICCEAS 2018 Chairman



Dewa Made Priyantha Wedagama., ST,MT,MSc,Ph.D.
NIP. 197003031997024005

Organized by



5

Deskripsi**APLIKASI PERHITUNGAN KONSOLIDASI TANAH GAMBUT BERSERAT****Bidang Teknik Invensi**

10 Invensi ini berhubungan suatu metode untuk menghitung pemampatan tanah gambut berserat dengan beban kerja sesuai kondisi riil di lapangan. Lebih khusus invensi ini digunakan untuk menghitung besar penurunan tanah gambut berserat akibat beban yang bekerja di atasnya, menggambarkan kurva penurunan
15 yang terjadi serta menentukan parameter penurunan tanah gambut berserat berdasarkan beban yang ada di atas tanah gambut berserat. Aplikasi ini mampu digunakan dimana saja serta hanya memerlukan waktu sangat singkat (kurang dari 5 menit) untuk menghitung penurunan yang terjadi berikut kurva dan parameter
20 lainnya.

Latar Belakang Invensi

Tanah gambut juga mempunyai pori yang sangat besar sekitar 7-15 (Mochtar, NE., 1999; Harwadi, F dan Mochtar, NE., 2010).
25 sehingga tanah gambut sangat sensitif terhadap beban yang bekerja karena gambut akan mengalami pemampatan dengan cepat, besar dan tidak merata. Penentuan besar pemampatan tanah gambut tidak dapat dilakukan dengan metode Terzaghi (1925), Hal ini disebabkan kandungan serat pada tanah gambut tidak menghasilkan
30 kurva penurunan seperti pada tanah lumpung yang mengakibatkan penentuan indeks compresi (Cc) tidak dapat dilakukan (Mochtar, NE dan Ending, I; 1999).

Metode Den Haan (adalah salah satu metode yang digunakan untuk menentukan besar pemampatan tanah gambut berserat
35 berdasarkan kandungan air pada tanah gambut setelah pembebanan. Hanya saja metode ini masih bergantung pada parameter lainnya

Draft Paten Sederhana

(w_c' dan N) sehingga tidak dapat menghasilkan prediksi pemampatan yang cepat dan akurat (Afif, M; 2012) serta memerlukan beberapa pengujian lainnya. Edil dan Dhowian (1980) mengadopsi metode Ginson dan Lo (1961) untuk menentukan besar pemampatan pada tanah gambut berserat pada daerah sub tropis (*Temperate Peat*). Metode tersebut juga dapat digunakan untuk memprediksi pemampatan pada tanah gambut berserat tropis (*Tropical Peat*) yang ada di Indonesia dengan hasil yang sangat baik (Mochtar, NE dan Ending, I; 1999). Hanya saja, prediksi untuk menentukan pemampatan tanah gambut tersebut hanya unuk beban kerja sebesar 25, 50 dan 100 kPa dan memerlukan waktu sekitar 14 hari untuk mengetahui besar pemampatan yang terjadi. Sedangkan dalam kenyataannya beban yang bekerja di atas tanah gambut sangat bervariasi. Kelemahan metode Gibso dan Lo (1961) tersebut adalah prediksi pemampatan yang terjadi hanya sampai dengan separuh waktu pemampatan sekuder (S_s) sedangkan pemampatan primer dan separuh pemampatan sekunder yang terjadi tidak dapat diprediksi dengan baik (Yulianto, FE dan Mochtar, NE, 20115).

Penelitian yang dilakukan saat ini masih kus dalam peningkatan daya dukung tanah gambut, sedangkan penelitian yang membahas konsolidasi/penurunan 20 tahun terakhir ini pada tanah gambut berserat sangat sedikit bahkan tidak ada hal ini dapat diketahui dari penulusuran publikasi jurnal maupun situ situs penyedia paten (espacenet, wipo dan google/patent). Beberapa paten tentang konsolidasi hanya mengklaim bagaimana mengurangi konsolidasi gambut atau mengatasi konsolidasi yang terjadi. Niya Hiroshi dalam paten bermomor JP2016160730A dengan judul paten : Vacuum Consolidation Method mengklaim bagaimana mengatasi konsolidasi yang terjadi dengan menggunakan metode vacum pada lapisan tanah lunak seperti tanah gambut.

Fox Stuart Jhon dalam paten bernomor GB22577545 yan berjudul : Soil Stabilization and Consolidation and Composition, mengklaim material stabilisasi pada tanah lunak termasuk gambut untuk mengurangi konsolidasi. sedangkan, Frisz Grafmuller daalam

Draft Paten Sederhana

paten bernomor GP1792422.0 yang berjudul : Method for Consolidation o Soil mengklaim bagaimana cara melindungi tanah lunak termasuk gambut akibat erosi dengan menggunakan natural syntetyc. Dari beberapa paen tentang tanah gambut semua paten
 5 tersebut belum mengkalim bagaimana menghitung pemampatan/konsolidasi yang terjadi pada gambut terutama gambut berseerat dengan beban yang bekerja di atasnya.

Invensi ini menggunakan aplikasi komputer untuk menghitung besar konsolidasi tanah gambut yang berseerat, menggambar kurva
 10 pemampatan yang terjadi serta menghasilkan juga parameter pemampatan tanah gambut dengan waktu kurang dari 10 menit. Kunggulan dari invensi ini adalah mampu menghitung beban yang bekerja dengan beban sesuai kondisi sebenarnya di lapangan dengan waktu yang sangat singkat dibandingkan metode sebelumnya.

15

Uraian Singkat Invensi

Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah sebuah aplikasi yang digunakan untuk menghitung penurunan tanah gambut berseerat sesuai beban yang bekerja di atasnya. Selain besar
 20 penurunan yang terjadi aplikasi ini mampu menggambarkan kurva penurunan yang terjadi serta mampu menentukan parameter pemampatan tanah gambut berseerat. Data awal dari aplikasi ini berasal dari uji laboratorium pada beban sebesar 10 kPa, 50 kPa, 75 kPa, 100 kPa, 125 kPa dan 150 kPa. Data yang diperoleh
 25 dijadikan daabase untuk menentukan penurunan yang terjadi pada rentang beban yang bekerja mulai dari 0-150. Dua Aplikasi dibangun untuk menghitung penurunan yang terjadi, menggambar kurva penurunannya dan menentukan parameter penurunan gambut berseerat. Hasil akhirnya adalah besar penurunan yang terjadi,
 30 kurva penurunan dan parameternya diketahui akibat beban yang bekerja di atasnya dengan cepat dan akurat dalam waktu kurang dari 5 menit.

Uraian Lengkap Invensi

Seperti yang telah dijelaskan pada latar belakang, invensi
 35 ini merupakan penggunaan aplikasi komputer untuk menghitung

Draft Paten Sederhana

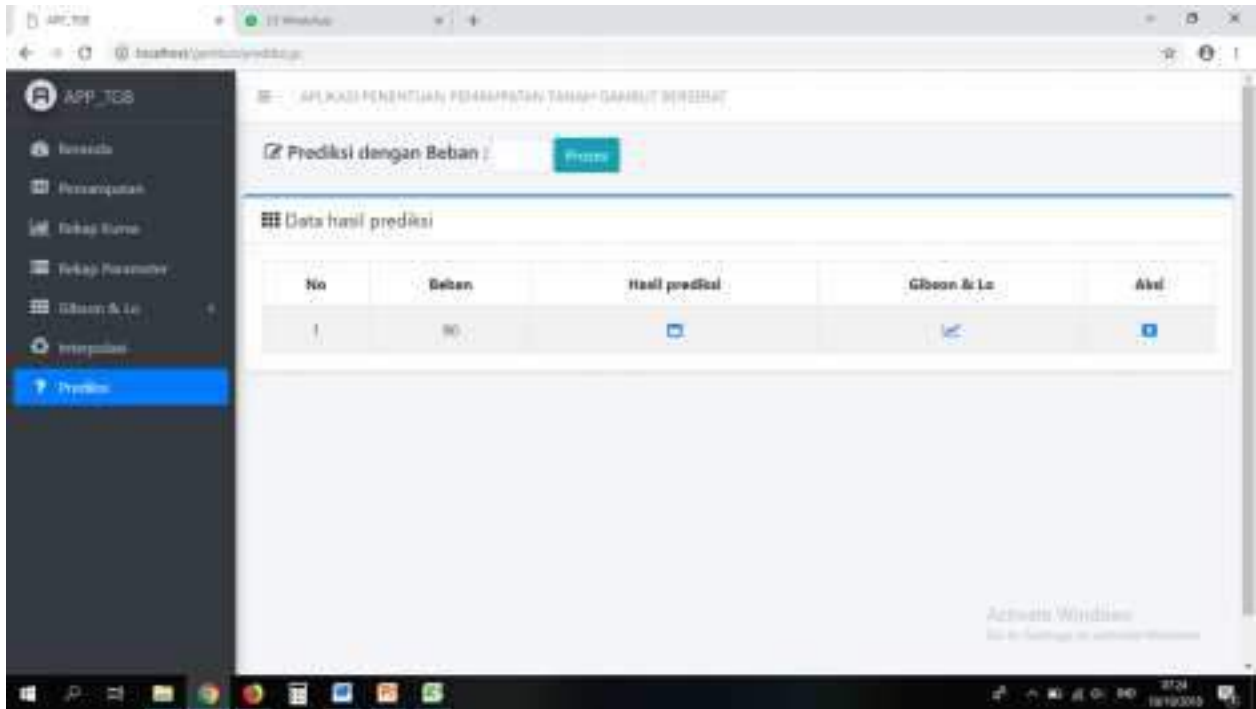
penurunan yang terjadi pada tanah gambut berserat, menggambar kurva konsolidasi yang terjadi dan menghitung parameter pemampatan pada tanah gambut berserat. Database yang digunakan dalam aplikasi komputer ini berasal dari data laboratorium berupa uji konsolidasi untuk beban 10 kPa, 50 kPa, 75 kPa, 100 kPa, 125 kPa dan 150 kPa. Dari data yang diperoleh tersebut akan dibangun aplikasi komputer dengan dua metode yaitu aplikasi dengan PHP dengan persamaan linier dan program MatLab dengan interpolasi Lagrange.

Tahapan penyusunan aplikasi dimulai dengan menyiapkan data awal sebagai masukan bahasa program, menyusun algoritma pemrograman, pengkodean pemrograman coding) dan evaluasi program. Output dari program berupa nilai penurunan pada tanah gambut dengan beban kerja sesuai kondisi riil (0-150 kPa), kurva pemampatan antara waktu dan regangan yang terjadi dan parameter pemampatan tanah gambut sesuai dengan beban yang terjadi. Kelebihan dari metode ini dibandingkan metode sebelumnya yaitu hanya memerlukan waktu tidak lebih dari 10 menit untuk mendapatkan data pemampatan tanah gambut berserat sesuai beban yang terjadi (metode sebelumnya 14 hari) dengan kurasi yang lebih baik. Beberapa data utama yang digunakan dalam menyusun aplikasi komputer dan tampilan dari aplikasi yang selesai dibangun ditunjukkan pada Tabel 1, Gambar 1 dan Gambar 2 berikut ini.

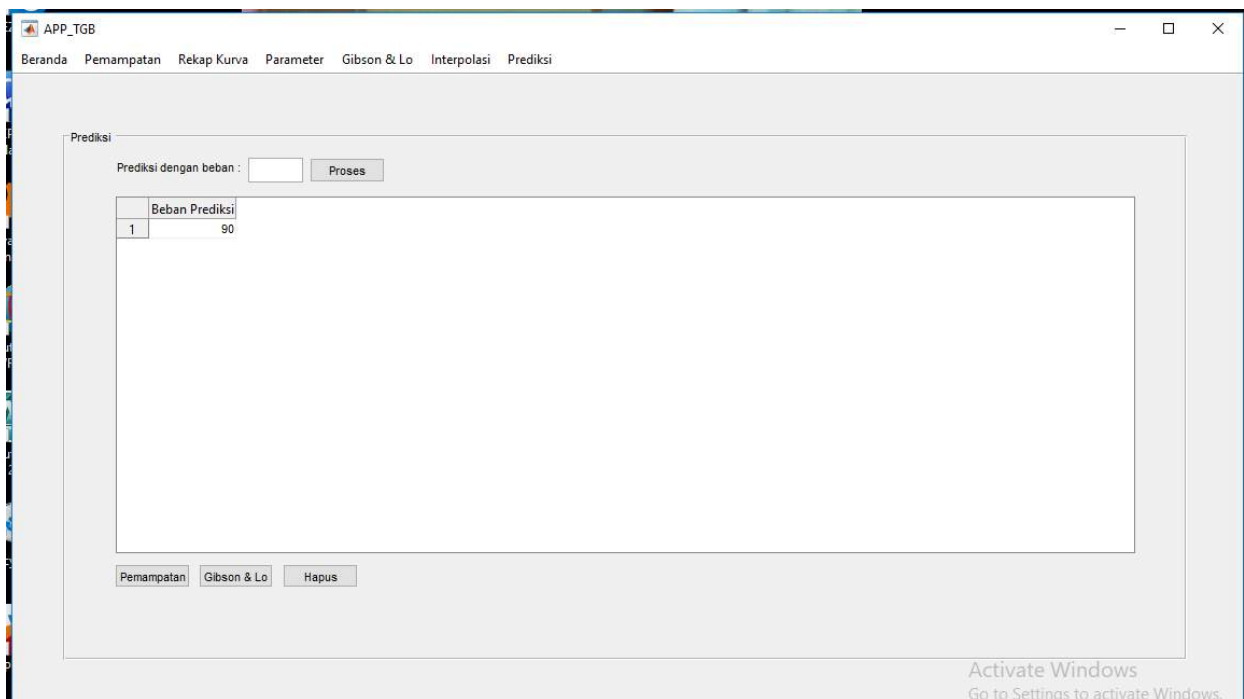
Tabel 1. Data Parameter Pemampatan sebagai Data Awal Program

No	Beban	α	β	λ	(λ/β)
1	25	0,0032756	0,0003993	5,52E-08	0,0001382
2	50	0,0024878	0,0001996	2,76E-08	0,0001382
3	75	0,0020965	0,0002775	4,48E-08	0,0001613
4	100	0,0018855	0,0002269	3,66E-08	0,0001613
5	125	0,0018636	0,0001684	2,72E-08	0,0001613
6	150	0,0018604	0,0001395	2,57E-08	0,0001843

Draft Paten Sederhana



Gambar 1 Interace Aplikasi Komputer dengan PHP untuk



5 Gambar 2 Interace Aplikasi Komputer dengan MatLab untuk

Klaim

1. Data dan parameter pemampatannya yang terdiri atas: faktor pemampatan primer (α), faktor pemampatan sekunder (β), dan faktor kecepatan pemampatan sekunder (λ)

Draft Paten Sederhana

2. Suatu aplikasi komputer untuk menghitung besar penurunan yang terjadi pada tanah gambut berserat sesuai beban yang bekerja, dengan output yang dihasilkan yaitu:

- 5 a. Dial pembacaan uji konsolidasi dengan waktu 0 sampai dengan 14000 menit;
- b. Gambar kurva pemampatan berupa regangan (ϵ) vs waktu (t) dan penurunan (Δh) vs waktu (t);
- 10 c. Parameter pemampatan gambut berserat yang terdiri atas faktor pemampatan primer (α), faktor pemampatan sekunder (β), dan faktor kecepatan pemampatan sekunder (λ);

15

20

25

30

Abstrak**APLIKASI PERHITUNGAN KONSOLIDASI TANAH GAMBUT BERSERAT**

5 Invensi ini merupakan pemanfaatan aplikasi komputer untuk memprediksi kurva dan parameter pemampatan tanahgambut berserat dengan beban kerja sesuai kondisi riil di lapangan yaitu mulai 10 kPa sampai dengan 150 kPa. Aplikasi ini dibangun berdasarkan data konsolidasi hasil pengujian laboratorium dengan menggunakan
10 persamaan Gibson dan Lo. Prediksi pemampatan dihitung berdasarkan persamaan interpolasi linier dan interplasi laggrange. Penggunaan aplikasi ini hanya memasukkan data beban yang akan dihitung pemampatannya pada menu prediksi. Dalam waktu tidak lebih dari 5 menit aplikasi akan menghasilkan dial
15 pembacaan konsolidasi, kurva pemampatan regangan (ϵ) dengan waktu (t), faktor pemampatan primer (α), faktor pemampatan sekunder (β), dan faktor kecepatan pemampatan sekunder (λ), rekap kurva pemampatan dan rekap parameternya. Perwujudan dari aplikasi ini adalah kemudahan pengguna untuk menentukan kurva
20 pemampatan dan parameter lainnya dengan akurasi yang lebih baik dari metode sebelumnya dengan waktu yang sangat singkat.

**BUKU CATATAN HARIAN PENELITIAN / LOG BOOK
(BCHP)**

PROGRAM HIBAH PENELITIAN STRATEGIS NASIONAL 2018



**PENGGUNAAN METODE NUMERIK UNTUK
MENENTUKAN BESAR PEMAMPATAN TANAH GAMBUT
BERSERAT DENGAN VARIASI BEBAN YANG BEKERJA**

Tahun ke-2 dari rencana 2 tahun

Dr. Faisal Estu Yulianto, ST., MT..
NIDN: 0018077702

Dr. Rusdiansyah, ST., MT.
NIDN: 1128017101

Badar Sa'id, S.Kom., M.Kom.
NIDN : 0723078403

**UNIVERSITAS MADURA
Nopember, 2018**

Catatan Kemajuan Penelitian

No	Tanggal	Kegiatan
1	28 Maret 2018	Persiapan alat lab untuk uji siat fisik dan teknis gambut Dokumen Pendukung : Foto persiapan alat laboratorium
2	07 April 2018	Pengadaan 2 zak sampel gambut terganggu Pengadaan 15 Tabung sampel tanah gambut tidak terganggu Dokumen Pendukung : Foto foto pengambilan sampel
3	08 April 2018	Mobilisasi gambut dari lokasi ke jalan raya Pengepakan gambut Dokumen Pendukung : Foto foto mobilisasi dan packing sampel
4	09-12 April 2018	Pengiriman sampel Gambut Palangkaraya-Surabaya Pengiriman sampel Gambut Surabaya-Pamekasan Dokumen Pendukung : Foto sampel gambut siap kirim dan foto ekspedisi sampek
5	15 April 2018	Pengujian konsolidasi beban 10 kPa Dokumen Pendukung : Foto pengujian konsolidasi beban 10 kPa
6	20 April 2018	Pengklasifikasian data untuk pemograman Dokumen Pendukung : Grafik dan tabel klasifikasi data pemograman
7	23 April 22018	Penyusunan dan penyesuaian persamaan program komputer Metode ke-1 Dokumen Pendukung : Data penyesuaian program komputer
8	25 April 2018	Akhir pengujian konsolidasi 10 kPa (bongkar alat) Dokumen Pendukung : Foto pembongkaran uji konsolidasi 10 kPa
9	27 April 2018	Pengujian konsolidasi beban 30 kPa Dokumen Pendukung : Foto pengujian konsolidasi beban 30 kPa
10	30 April 2018	Analisa Desain Program Pertama Dokumen Pendukung :

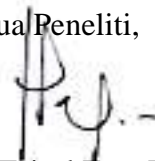
		Desain Program Pertama
11	07 Mei 2018	Akhir pengujian konsolidasi 30 Kpa (bongkar alat) Penyusunan Algoritma Program Pertama Dokumen Pendukung : Foto pembongkaran uji konsolidasi 30 kPa Algoritma Program pertama
12	10 Mei 2018	Publikasi pada Jurnal Internasional terindeks Scopus Q2 Dokumen Pendukung : Paper terbit pada IJASEIT Vol. 3 No. 18
13	11 Mei 2018	Pengujian konsolidasi beban 60 kPa Dokumen Pendukung : Foto pengujian konsolidasi beban 30 kPa
14	14 Mei 2018	Evaluasi Algoritma Program Pertama Dokumen Pendukung : Data Evaluasi Algoritma Program Pertama
15	21 Mei 2018	Akhir pengujian konsolidasi 60 Kpa (bongkar alat) Dokumen Pendukung : Foto pengujian konsolidasi beban 60 kPa
16	24 Mei 2018	Pengujian konsolidasi beban 90 kPa Dokumen Pendukung : Foto pengujian konsolidasi beban 90 kPa
17	28 Mei 2018	Coding Interpolasi Linier Program Pertama Dokumen Pendukung : Data Coding Interpolasi Linier Program Pertama
18	03 Juni 2018	Akhir pengujian konsolidasi 90 kPa (bongkar alat) Dokumen Pendukung : Foto pengujian konsolidasi beban 90 kPa
19	04 Juni 2018	Coding Pemampatan Program Pertama Dokumen Pendukung : Data Coding Pemampatan Program Pertama
20	11 Juni 2018	Coding Prediksi Program Pertama Dokumen Pendukung : Data Coding Prediksi Program Pertama
21	25 Juni 2018	Coding Rekap Kurva Pemampatan Program Pertama Dokumen Pendukung : Data Rekap Kurva Pemampatan Program Pertama

22	01 Juli 2018	Coding Rekap Parameter Pemampatan Program Pertama Dokumen Pendukung : Data Coding Rekap Parameter Pemampatan Program Pertama
23	04 Juli 2018	Evaluasi pemograman (uji hasil prediksi program pertama) Dokumen Pendukung : Out put aplikasi komputer
24	07 Juli 2018	Validasi dan Evaluasi data Aplikasi dengan Data Lab. Dokumen Pendukung : Data Validasi dan grafik validasi
25	11 Juli 2018	Penyusunan Model Numerik Program Komputer Ke2 Dokumen Pendukung : Data Model Numerik
26	18 Juli 2018	Analisa Desain Program Kedua Dokumen Pendukung : Desain Program Kedua
27	24 Juli 2018	Penyusunan Algoritma Program Kedua Dokumen Pendukung : Data Algoritma Program Kedua
28	31 Juli 2018	Evaluasi Algoritma Program Kedua Dokumen Pendukung : Data Evaluasi Algoritma Program Kedua
29	05 Agustus 2018	Pengujian Konsolidasi 110 Dokumen Pendukung : Foto pengujian konsolidasi beban 30 kPa
30	07 Agustus 2018	Coding Persamaan Gibson dan Lo Program Kedua Dokumen Pendukung : Data Coding Persamaan Gibson dan Lo Program Kedua
31	15 Agustus 2018	Coding Interpolasi Laggrange Program kedua Biaya Pengujian Konsolidasi 110 kPa Dokumen Pendukung : Data Interpolasi Laggrange Program kedua Dokumentasi Pembongkaran Konsolidasi 110
32	22 Agustus 2018	Coding Pemampatan Program Kedua Dokumen Pendukung : Data Pemampatan Program Kedua
32	25 Agustus	Penyusunan Laporan Kemajuan

	2018	Dokumen Pendukung: Laporan Kemajuan Penelitian
32	29 Agustus 2018	Coding Prediksi Program Kedua Dokumen Pendukung : Data Coding Prediksi Program Kedua
33	06 September 2018	Coding Rekap Kurva Pemampatan Program Kedua Dokumen Pendukung : Data Rekap Kurva Pemampatan Program Kedua
34	10 September 2018	Pendaftaran Seminar Internasional IcanCee
		Dokumen Pendukung: Bukti Pendaftaran dan Jadwal Presentasi
35	14 September 2018	Coding Rekap Parameter Pemampatan Program Kedua Dokumen Pendukung : Data Coding Rekap Parameter Pemampatan Program Kedua
36	17 September 2018	Evaluasi pemograman (uji hasil prediksi program pertama) Dokumen Pendukung : Out put aplikasi komputer
37	19 September 2018	Validasi dan Evaluasi data Aplikasi program kedua dengan Data Lab. Dokumen Pendukung : Data Validasi dan grafik validasi untuk program kedua
38	27 September 2018	Pengujian sifat fisik dan teknis selesai Dokumen Pendukung : Data sifat fisik dan teknik gambut berserat
39	24-25 Oktober 2018	Presentasi dalm SeminarInternasinal ICANCEE di Sanur, Bali. Dokumen Pendukung : Foto Presentasi dan sertifikat pemakalah
39	26 Oktober 2018	Penyusunan Laporan Akhir Dokumen Pendukung : Laporan Akhir dan dokumen pendukung lainnya

Pamekasan, 11 Nopember 2018

Ketua Peneliti,



Dr. Faisal Estu Yulianto, ST., MT.