

# KARAKTERISTIK PEMAMPATAN TANAH GAMBUT DENGAN VARIASI SERAT

Deny Wulandari<sup>1)</sup>, Ferry Fatnanta<sup>2)</sup>, Soewignjo Agus Nugroho<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

E-mail : deny.wulandari@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*A peat soil has different characteristics compared to clay, therefore some consolidation tests are needed to obtain a proper compression method when construction are located on peat soils. The purpose of this research was to determine the compression characteristics of peat soil with fiber variation based on Gibson and Lo (1961) method and laboratory testing. This research used amorphous peat, a samples which taken from Tambang, Kampar. The first sample is undisturbed, and the second with zero fiber, 30 % fiber and 60 % fiber. The equipment used consist of modified consolidometer, with a diameter and height are 15 cm. The load were applied 10 kPa, 20 kPa, 40 kPa, 80 kPa and 160 kPa. Some loads were added every 14 days. The result showed that water content has no influence to settlement, and samples with great amount of water content has low strain. Samples with high fiber content and low unit weight, i.e. 60% of fiber content produce the highest strain. Therefore, unit weight is a very crucial point in determining settlement in this research. Square root of time method can't be used on peat due to the different from settlement vs time root curve. The void ratio vs strain curve formed in concave shape due to the macropores and micropores inside the peat. On real condition and 30% of fiber samples, the time to reach 90 % of compressibility were reduced along with enhanced loads, the fiberless and 60 % of fiber samples were increased along with enhanced loads. Gibson and Lo method can't be used on amorphous peat. Hence, it needs to be corrected with primary compression parameters (a), secondary compression parameters (b) and  $\lambda$ .*

*Keywords: Peat, Amorphous, Fiber Content, Consolidometer*

## I. PENDAHULUAN

Tanah gambut mempunyai karakteristik yang berbeda dari tanah lempung, misalnya pada sifat fisik tanah gambut mempunyai kadar organik tinggi, kadar air tinggi, angka pori besar dan mengandung serat sehingga tanah gambut mempunyai sifat plastis yang kecil. Dari sifat mekaniknya, tanah gambut memiliki sifat kompresibilitas tinggi dan daya dukung rendah, sehingga penurunan yang terjadi pada tanah gambut sangat besar.

Jika dilihat dari karakteristik tersebut, gambut dikhawatirkan akan mengalami kegagalan konstruksi

dikarenakan daya dukung tanah gambut yang sangat rendah (Junaidi dkk, 2018), sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut. Penelitian pada tanah gambut menjadi penting, mengingat lahan gambut di Indonesia sangat luas yaitu diperkirakan sebesar 20,6 juta hektar atau sekitar 10,8% dari luas daratan Indonesia. Dari luasan tersebut, sekitar 35% terdapat di Pulau Sumatera (Wahyunto dkk, 2005).

Perilaku pengujian konsolidasi tanah gambut berbeda dengan tanah lempung, dimana penurunan tanah tidak terjadi setelah konsolidasi sekunder

selesai atau proses disipasi tekanan air pori berlebih selesai. Pada tanah gambut, penurunan masih dapat terjadi setelah disipasi tekanan air pori selesai karena adanya pemampatan pada butiran-butiran tanah, sehingga analisis pada tanah lempung tidak dapat digunakan pada tanah gambut (Rahayu, 2012).

Agar mendapatkan metode yang tepat, dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui karakteristik tanah gambut. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan tentang pelaksanaan konstruksi di atas tanah gambut dengan mengetahui karakteristik pemampatannya.

Permasalahan yang akan diteliti dalam penelitian ini adalah:

- Bagaimana batas-batas regangan primer dan sekunder yang terjadi pada tanah gambut.
- Bagaimana pengaruh kadar air, kandungan serat dan berat volume tanah gambut terhadap kompresibilitas.
- Apakah bentuk hubungan angka pori dan tegangan pada tanah gambut sama dengan tanah lempung.
- Bagaimana hubungan koefisien perubahan volume terhadap tegangan.
- Bagaimana waktu konsolidasi  $T_{90}$
- Bagaimana bentuk hubungan regangan terhadap waktu pada tanah gambut.

Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik pemampatan tanah gambut dengan variasi serat berdasarkan analisis metode Gibson dan Lo (1961) dan pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Universitas Riau.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah Gambut

Menurut Wahyunto dkk, 2005 tanah gambut adalah tanah-tanah jenuh air yang tersusun dari bahan tanah organik, yaitu sisa-sisa tanaman dan

jaringan tanaman yang melapuk dengan ketebalan lebih dari 50 cm.

Tanah gambut merupakan tanah sangat lunak (*very soft soil*) dengan daya dukung yang sangat rendah dan mempunyai sifat mudah mampat jika terdapat beban yang bekerja di atasnya (Parlan dkk, 2016). MacFarlane (1969) menggolongkan tanah gambut menjadi dua jenis berdasarkan kandungan serat, yaitu *fibrous peat* (kandungan serat 20 % atau lebih) dan *amorphous granular peat* (kandungan serat kurang dari 20 %).

(Huat dkk., 2014) menjabarkan beberapa karakteristik gambut sebagai berikut :

1. Memiliki kadar air asli yang tinggi (bisa sampai 1500%)
2. Memiliki kompresibilitas tinggi, termasuk pemampatan sekunder dan tersier
3. Memiliki kuat geser rendah (biasanya  $S_u = 5-20$  kPa)
4. Memiliki angka pori besar
5. Berpotensi mengalami pembusukan lebih lanjut sehingga dapat mengubah kondisi lingkungannya
6. Memiliki permeabilitas yang besar dibandingkan dengan lempung

Semakin tinggi kandungan organiknya, maka semakin rendah daya dukung (*bearing capacity*) dan kekuatan gesernya (*shear strength*), serta semakin besar pemampatannya (*compressibility*) (Wardana & Widiarta, 2010).

### 2.2 Pemampatan Tanah Gambut

Besar pemampatan akibat konsolidasi suatu lapisan tanah sangat bergantung pada besar beban yang diberikan serta tebal lapisan tanah yang dibebani (Fatnanta, 2014). Menurut Ariza dkk, 2014 faktor yang sangat penting terhadap proses konsolidasi adalah muka air tanah, permeabilitas tanah, *drain* pada tanah dan beban yang diterima tanah.

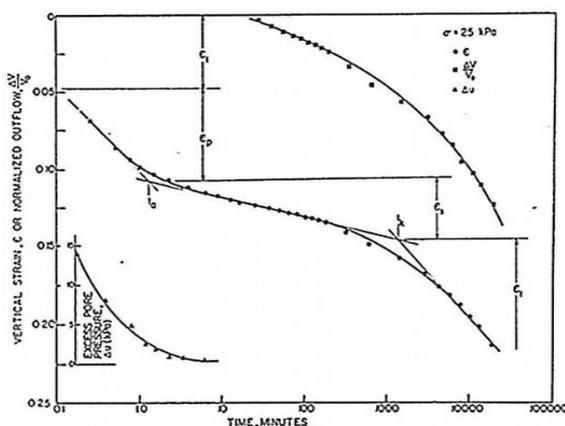
Menurut Wardhana, 1997 (dalam Yenni 2008) ada 2 alasan mendasar yang menjelaskan teori konsolidasi Terzaghi

tidak dapat digunakan untuk memperkirakan pemampatan pada tanah gambut, yaitu:

1. Daya rembesnya yang berkurang secara cepat (dalam teori konsolidasi Terzaghi selama masa konsolidasi daya rembesnya adalah konstan).
2. Daya mampatnya yang tinggi, pada teori konsolidasi Terzaghi dinyatakan bahwa kerangka butiran tanah adalah tak termampatkan, sedangkan pada gambut terjadi dekomposisi pada serat.

Menurut Dhowian dan Edil (1980) kurva pemampatan pada gambut (regangan vs waktu) hasil uji laboratorium terdiri dari 4 komponen regangan seperti pada Gambar 1. Komponen regangan tersebut adalah:

1. Regangan langsung (*instantaneous strain,  $\epsilon_i$* ), terjadi dengan segera setelah beban diberikan.
2. Regangan primer (*primary strain,  $\epsilon_p$* ), terjadi pada waktu yang relatif singkat sampai waktu  $t_p$ , dengan kecepatan pemampatan yang tinggi karena disipasi tekanan air pori.
3. Regangan sekunder (*secondary strain,  $\epsilon_s$* ), terjadi pada waktu yang relatif lama sampai waktu  $t_k$ , dengan kecepatan pemampatan yang lebih rendah akibat pemampatan butiran tanah.
4. Regangan tersier (*tertiary strain,  $\epsilon_t$* ), terjadi secara terus menerus sampai seluruh proses pemampatan berakhir.



**Gambar 1.** Hubungan Regangan vs Waktu, Beban 25 kPa

Sumber : (Dhowian & Edil, 1980)

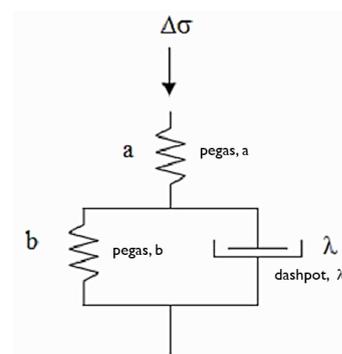
### 2.3 Konsolidasi Modifikasi

Menurut MacFarlane (1969), pada umumnya alat konsolidasi tanah gambut sudah banyak diuji. Namun alat konsolidasi tersebut mengalami modifikasi. Diameter sampel tanah bervariasi, antara 2,5 sampai 12 inci (6,35 sampai 30,5 cm).

Rasio ketebalan harus lebih besar dari yang digunakan dengan tanah mineral, karena pemampatan yang besar akan terjadi. Diameter sampel minimum yang direkomendasikan adalah 2,5 inci atau 6,35 cm. Pembebanan yang direkomendasikan adalah peningkatan tunggal.

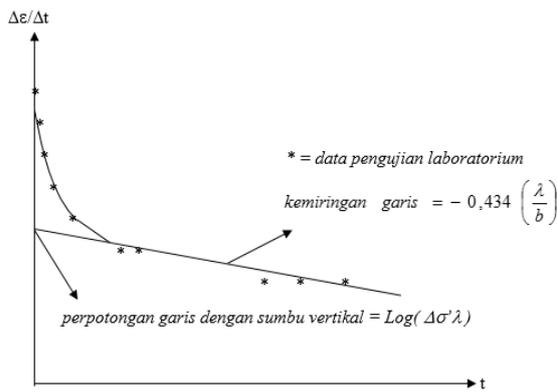
### 2.4 Metode Gibson dan Lo (1961)

Dhowian dan Edil (1980) mengadopsi teori yang diperkenalkan oleh Gibson dan Lo (1961) untuk dipakai dalam menentukan besar pemampatan tanah gambut berserat. Teori Gibson dan Lo (1961) berasumsi bahwa viskositas (kekentalan) struktural tanah adalah linier dan struktural dari tanah yang mengalami pemampatan sekunder dianggap mempunyai perilaku seperti model reologi seperti pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Model Reologi Gibson dan Lo (1961)

Parameter pemampatan  $a$ ,  $b$  dan  $\lambda/b$  dari model reologi Gibson dan Lo (1961) dapat ditentukan dengan metode yang diperkenalkan oleh Dhowian dan Edil (1980). Metode ini menggunakan grafik hubungan antara *long strain rate* (kecepatan regangan) terhadap waktu ( $\frac{\Delta \epsilon}{\Delta t}$  vs  $t$ ), seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik hubungan  $\Delta\varepsilon/\Delta t$  vs  $t$

### III. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi pada penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan seperti studi literatur, persiapan alat dan bahan yang dimulai dengan pengambilan tanah gambut, pengujian konsolidasi di laboratorium yang dilakukan selama 14 hari untuk masing-masing pembebanan, dan analisis data pengujian hingga didapatkan kesimpulan.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan Jurusan Teknik Sipil Universitas Riau. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah gambut *amorphous*, diambil dari Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar.

#### 3.1 Sampel

Sampel tanah yang digunakan adalah sampel tanah *remoulded* untuk sampel variasi tanpa serat, serat 30 % dan serat 60 %. Sedangkan untuk sampel kondisi asli digunakan sampel *undisturbed* (tak terganggu). Saat tanah dalam keadaan *remoulded* (dipetak kembali/berubah dari kondisi aslinya), kekuatan tanah sangat bergantung dari pengaruh kadar air, pada kadar air yang rendah kekuatan tanah cenderung lebih tinggi atau sebaliknya (Nugroho dan Putra, 2010).

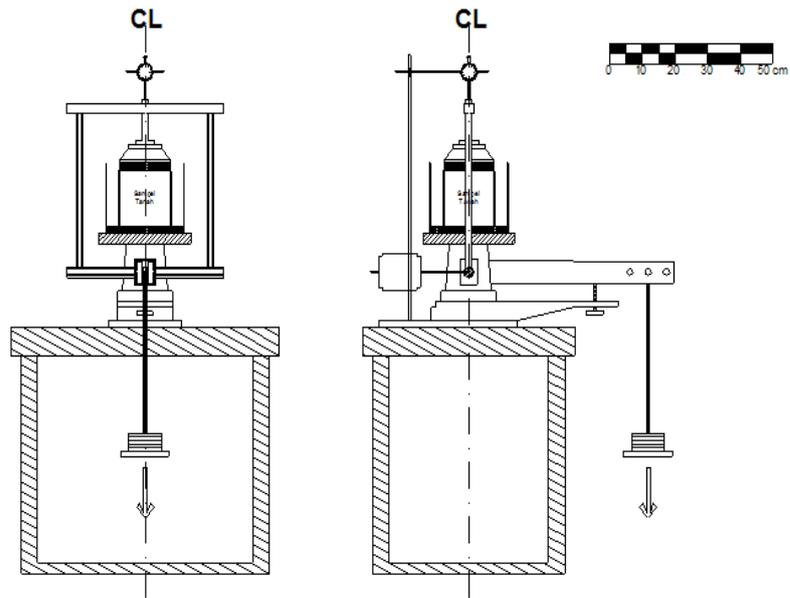
#### 3.2 Alat

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

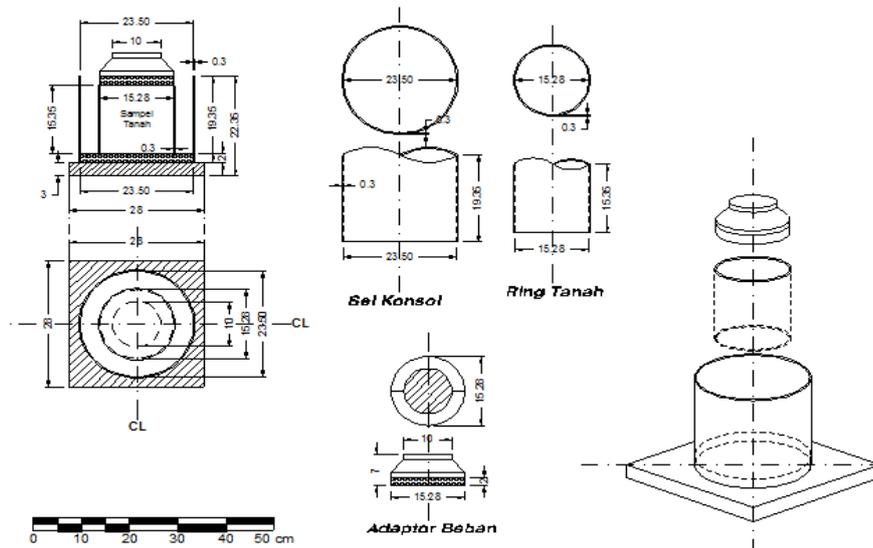
1. Cangkul, sekop, dan peralatan lain untuk mengambil tanah gambut
2. Wadah untuk tanah yang sudah diambil
3. Pan untuk meletakkan serat yang sudah dipisahkan dari tanah gambut
4. Oven untuk mengeringkan sampel
5. Timbangan untuk menimbang sampel, ring konsolidasi dan lainnya
6. Jangka sorong untuk mengukur dimensi ring konsolidasi
7. Stopwatch untuk mengukur lamanya waktu pengujian
8. Alat konsolidasi modifikasi untuk mengetahui besarnya penurunan

#### 3.3 Metode

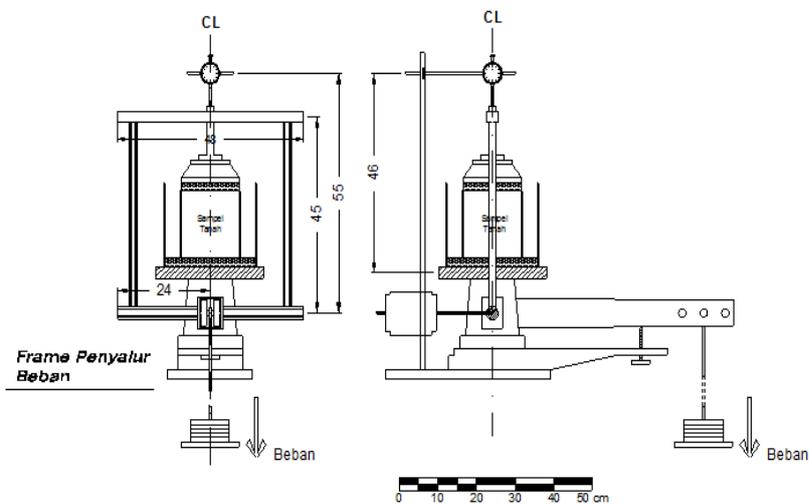
Untuk mengukur besarnya konsolidasi di laboratorium pada penelitian ini digunakan alat konsolidasi modifikasi. Alat ini menggunakan ring tanah dengan dimensi 15 x 15 cm dan sel konsolidasi 23,5 x 19,36 cm, masing-masing mempunyai ketebalan 0,3 cm. Pada bagian dasar diberikan batu pori dengan diameter 23,5 cm dan tebal 2 cm, kemudian di atasnya diletakkan sampel tanah yang sebelumnya sudah dimasukkan ke dalam ring. Selanjutnya bagian atas sampel tanah dipasang batu pori, dan di atasnya diberikan penyalur beban. Isi sel konsolidasi dengan air agar tanah jenuh. Setelah semua alat terpasang, sampel diberi beban vertikal dan penurunan diukur dengan *dial gauge*. Tekanan tersebut dibiarkan sampai penurunan selesai. Pada setiap pembebanan, pembacaan penurunan dilakukan pada jangka waktu tertentu. Gambar alat serta dimensinya dapat dilihat pada Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6 berikut.



Gambar 4. Skema Alat Konsolidasi Modifikasi



Gambar 5. Detail Alat Konsolidasi Modifikasi



Gambar 6. Frame Penyalur Beban

### 3.4 Pemisahan Serat Gambut

Menurut (K & Nuraini, 1997), cara menentukan kadar serat bahan organik pada tanah gambut dilakukan dengan mengambil sejumlah massa tanah gambut (misalnya satu genggam tangan) kemudian dipisahkan materi yang masih berupa serat dari massa tanah gambut tersebut. Selanjutnya perbandingan jumlah materi serat tersebut terhadap massa total. Adapun cara memisahkan materi serat dari massa gambut dapat dilakukan dengan:

1. Memisahkan langsung materi yang berupa serat dari massa gambutnya dengan memungut dan mengumpulkan materi seratnya.
2. Memeras massa tanah gambut, yang tersisa di dalam tangan itulah materi seratnya.
3. Mencuci massa tanah gambut dengan air, massa yang tertinggal itulah materi seratnya.

Pada penelitian ini, pemisahan serat gambut dilakukan dengan 3 cara tersebut.

### 3.5 Sifat Fisik Tanah Gambut

Pengujian karakteristik tanah gambut seperti menentukan kadar air, berat volume, *specific gravity* (Gs), kadar abu dan kadar serat. Hasil pengujian karakteristik tanah gambut dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Pemeriksaan Karakteristik

No	Pemeriksaan	Hasil per Kedalaman		Rerata
		50 - 100 cm	100 - 150 cm	
1	Kadar air rerata (w), %	190,949	236,837	213,893
2	Berat Jenis (Gs)	1,355	1,480	1,418
3	Berat Volume ( $\gamma_w$ ), g/cm <sup>3</sup>	0,794	0,795	0,795
4	Berat Volume Kering ( $\gamma_d$ ), g/cm <sup>3</sup>	0,273	0,236	0,255
5	Kadar Abu, %	35,544	54,463	45,004
6	Kadar Serat, %	17,938	17,866	17,902

Sumber : Ditra (2016)

ASTM D4427-92 (2002) mengklasifikasikan gambut berdasarkan kadar serat, kadar abu, dan kemampuan menyerap air. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan oleh Ditra (2016) didapatkan nilai kadar serat

sebesar 17,902 %, maka tanah gambut tergolong *Sapric*.

### 3.6 Pengujian Konsolidasi

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kompresibilitas tanah gambut. Untuk skala laboratorium, biasanya digunakan alat uji konsolidasi. Untuk mendapatkan parameter dan perilaku pemampatan tanah gambut menggunakan uji konsolidasi dengan berbagai variasi serat, diperoleh dengan cara:

1. Pembebanan dilakukan secara bertahap sebesar 1,8 kg (10 kPa) ; 3,6 kg (20 kPa); 7,2 kg (40 kPa); 14,4 kg (80 kPa) dan 28,8 kg (160 kPa).
2. Pembacaan penurunan pada arloji (*dial gauge*) dilakukan 15 menit, 30 menit, 45 menit, 60 menit, 120 menit, 240 menit, 480 menit, 1440 menit untuk hari pertama dan selanjutnya pencatatan penurunan dilakukan setiap 24 jam sampai hari ke-14.
3. Hal-hal di atas dilakukan pada tahap beban selanjutnya pada masing-masing variasi sampel yaitu:
  - Sampel ke-1, sampel tanah gambut kondisi asli.
  - Sampel ke-2, sampel tanah gambut tanpa serat.
  - Sampel ke-3, sampel tanah gambut dengan serat 30 %.
  - Sampel ke-4, sampel tanah gambut dengan serat 60 %.
4. Setelah tahap beban selesai keluarkan ring+benda uji, timbang dan masukkan ke oven untuk mendapatkan berat keringnya.

### 3.7 Analisis Data

Data hasil pengujian laboratorium dikumpulkan dan disusun dalam bentuk tabel dan grafik agar mudah untuk dianalisis berdasarkan teori dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, untuk kemudian diambil suatu kesimpulan. Pengolahan data

penelitian ini dibantu dengan menggunakan perangkat lunak (*software*) komputer. Analisa data pemampatan dilakukan dengan menggunakan metode model reologi Gibson dan Lo (1961).

Data yang dikumpulkan selama penelitian ini yaitu :

1. Data uji konsolidasi yaitu data hasil penurunan vs waktu
2. Data tanah yaitu kadar air dan berat volume

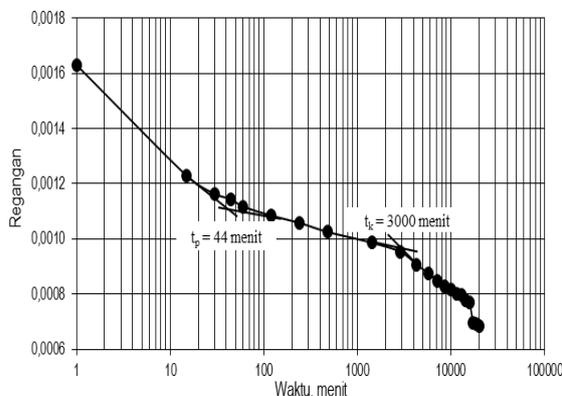
Analisis data tersebut dilakukan berdasarkan hasil uji pembebanan. Tahap analisis data yang dilakukan yaitu:

1. Data tanah berupa penurunan diplot ke dalam grafik regangan vs waktu.
2. Analisis hubungan angka pori dan tegangan pada tanah gambut.
3. Data hasil pembebanan dianalisis menggunakan metode model reologi Gibson dan Lo (1961).

#### IV. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

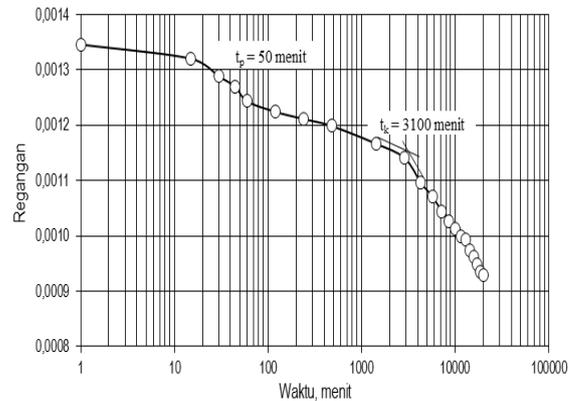
##### 4.1 Batas-batas Pemampatan Setiap Variasi Sampel

Melihat Gambar 7, saat beban pertama diberikan, beban akan diterima oleh air pori sehingga mengakibatkan kenaikan air pori. Pada variasi sampel kondisi asli, regangan primer terjadi sampai waktu  $t_p$  yaitu 44 menit, kemudian terjadi regangan sekunder pada waktu yang cukup konstan hingga 3000 menit. Setelah waktu  $t_k$ , terjadi regangan tersier terus menerus sampai seluruh proses pemampatan berakhir.



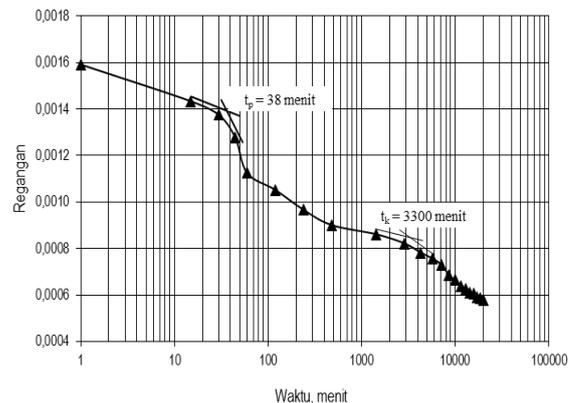
**Gambar 7.** Hubungan Regangan vs Waktu, Beban 80 kPa Variasi Sampel Kondisi Asli

Pada sampel variasi tanpa serat (Gambar 8), regangan primer terjadi sampai waktu  $t_p$  50 menit, lebih lama dibandingkan pada variasi sampel kondisi asli. Regangan sekunder terjadi hingga waktu  $t_k$  3100 menit.



**Gambar 8.** Hubungan Regangan vs Waktu, Beban 80 kPa Variasi Sampel Tanpa Serat

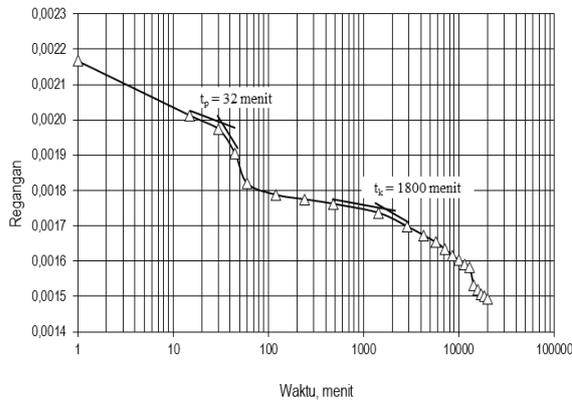
Pada sampel variasi serat 30 % (Gambar 9), regangan primer terjadi pada waktu yang relatif singkat sampai waktu  $t_p$  38 menit karena kecepatan pemampatan yang tinggi. Regangan sekunder terjadi pada waktu yang cukup lama sampai waktu  $t_k$  3300 menit dengan kecepatan pemampatan yang lebih rendah akibat pemampatan butiran tanah.



**Gambar 9.** Hubungan Regangan vs Waktu, Beban 80 kPa Variasi Sampel Serat 30 %

Seperti sampel variasi serat 30 %, pada sampel serat 60 % (Gambar 10) regangan primer juga terjadi pada waktu yang relatif singkat sampai 32 menit dengan kecepatan pemampatan yang tinggi karena disipasi tekanan air pori.

Dilanjutkan dengan regangan sekunder sampai waktu  $t_k$  1800 menit, setelah itu terjadi regangan tersier sampai proses pemampatan selesai.



**Gambar 10.** Hubungan Regangan vs Waktu, Beban 80 kPa Variasi Sampel Serat 60 %

Batas waktu  $t_p$  dan  $t_k$  pada 80 kPa Setiap Variasi Sampel ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Batas Waktu  $t_p$  dan  $t_k$  (80 kPa) Setiap Variasi Sampel

No.	Sampel	$t_p$ (menit)	$t_k$ (menit)
1.	Kondisi Asli	44	3000
2.	Kondisi Tanpa Serat	50	3100
3.	Kondisi Serat 30 %	38	3300
4.	Kondisi Serat 60 %	32	1800

Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa sampel kondisi serat 60 % mempunyai nilai  $t_p$  yang paling kecil yaitu 32 menit, disusul sampel kondisi serat 30 %, kondisi asli dan kondisi tanpa serat.

Batas waktu regangan sekunder  $t_k$  terkecil terjadi pada sampel kondisi serat 60%, selanjutnya sampel kondisi asli, kondisi tanpa serat dan yang paling besar kondisi serat 30%.

#### 4.2 Pengaruh Kadar Air Terhadap Perilaku Kompresibilitas

Grafik pengaruh kadar air terhadap kompresibilitas dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Nilai Kadar Air dan Regangan Masing-Masing Sampel (20 kPa)

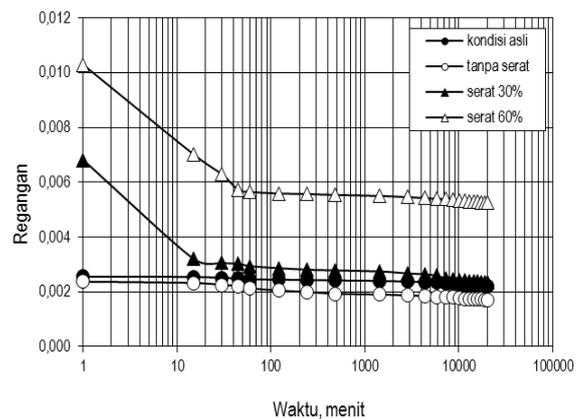
Sampel	Kadar Air (%)	$\epsilon$
Kondisi Asli	142,76	0,002202
Kondisi Tanpa Serat	145,89	0,001705
Kondisi Serat 30 %	110,31	0,002349
Kondisi Serat 60 %	90,95	0,005250

Berdasarkan hasil pengujian, sampel kadar serat 60 % dengan kadar air 90,95 % memiliki nilai regangan yang paling besar. Sedangkan sampel tanpa serat dengan kadar air 145,89 % pada penelitian ini memiliki nilai regangan yang paling kecil.

Tanah dengan kadar air besar mempunyai angka pori yang besar juga, akan mengalami regangan yang paling besar. Namun, pada penelitian ini kondisi yang terjadi adalah sampel dengan kondisi kadar air yang besar memiliki regangan yang kecil. Jadi pada penelitian ini kadar air tidak berpengaruh terhadap penurunan.

#### 4.3 Pengaruh Serat Terhadap Perilaku Kompresibilitas

Hubungan antara regangan vs waktu hasil pengujian konsolidasi ditampilkan pada Gambar 11.



**Gambar 11.** Regangan vs Waktu dengan Beban 20 kPa untuk setiap Variasi Sampel

Hasil pengujian pada Gambar 11 menunjukkan sampel dengan kadar serat 60 % mengalami regangan yang paling besar, sedangkan pada kondisi tanpa serat

sampel mengalami regangan yang kecil. Jadi pada penelitian ini, serat berpengaruh terhadap kompresibilitas.

#### 4.4 Pengaruh Nilai Berat Volume Terhadap Perilaku Kompresibilitas

Besarnya nilai berat volume untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Berat Volume dan Regangan Masing-Masing Sampel (20 kPa)

Sampel	$\gamma$ ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	$\epsilon$
Kondisi Asli	1,62	0,002202
Kondisi Tanpa Serat	1,78	0,001705
Kondisi Serat 30 %	1,33	0,002349
Kondisi Serat 60 %	0,83	0,005250

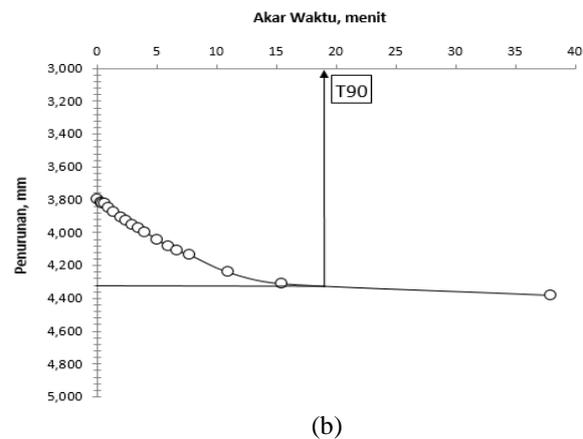
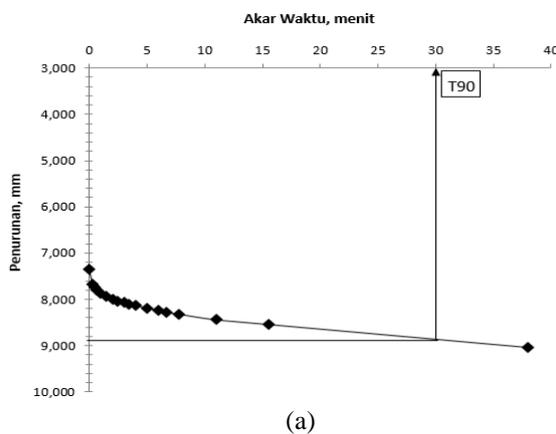
Tabel 4 menunjukkan bahwa sampel dengan berat volume yang kecil yaitu kondisi serat 60 % mengalami regangan yang paling besar. Sedangkan untuk sampel kondisi tanpa serat dengan

berat volume besar mengalami regangan yang paling kecil.

#### 4.5 Perbandingan Kompresibilitas Tanah Gambut dan Lempung Terhadap Waktu

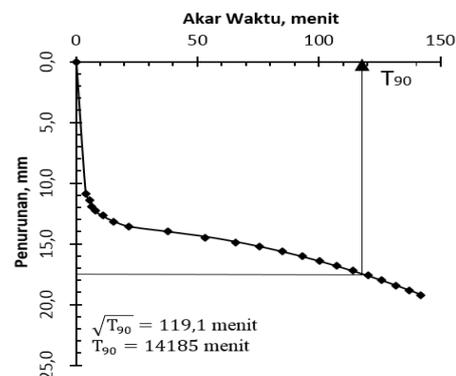
Penentuan waktu konsolidasi  $T_{90}$  pada penelitian ini, dilakukan dengan cara menentukan penurunan 90 % dari total penurunan, sehingga diperoleh waktu  $T_{90}$ .

Pada sampel tanah gambut dan tanah lempung dengan tinggi awal sebesar 2 cm dengan beban 2 kg memperlihatkan bahwa waktu konsolidasi  $T_{90}$  pada tanah gambut lebih lama yaitu 900 menit (Gambar 12.a), sedangkan untuk tanah lempung waktu konsolidasi  $T_{90}$  lebih cepat dibandingkan tanah gambut yaitu sebesar 361 menit (Gambar 12.b).



**Gambar 12.** Waktu Konsolidasi  $T_{90}$ . (a) Tanah Gambut. (b) Lempung.  
Sumber : (Data Laboratorium)

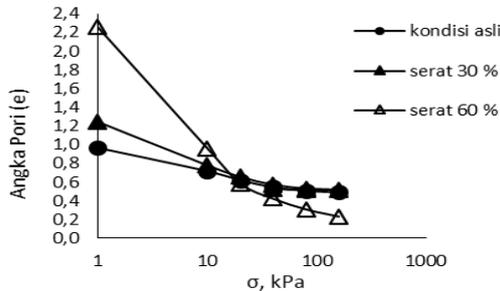
Pada sampel dengan tinggi 15 cm, tanah gambut memperlihatkan karakter kurva yang berbeda, yaitu cekung pada awal penurunan dan cembung pada akhir penurunan seperti pada Gambar 13.



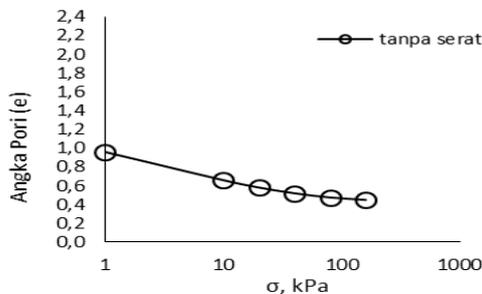
**Gambar 13.** Penurunan vs Akar Waktu pada Sampel Gambut Kondisi Asli, Beban 10 kPa

#### 4.6 Hubungan Antara Angka Pori dan Tegangan

Gambar 14 dan Gambar 15 menampilkan grafik hubungan angka pori terhadap tegangan pada tanah gambut yang diuji.



**Gambar 14.** Angka Pori vs Tegangan Tanah Gambut Kondisi Asli, Serat 30 % dan Serat 60 %

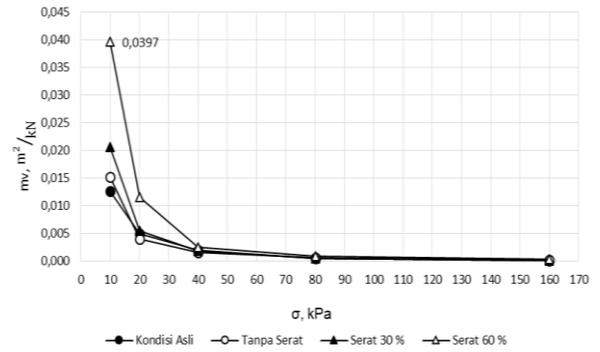


**Gambar 15.** Angka Pori vs Tegangan Tanah Gambut Tanpa Serat

Berdasarkan Gambar 14 dan Gambar 15 kurva pemampatan angka pori vs tegangan tanah gambut berbentuk cekung, menurut Ma'aruf (2012) hal ini karena tanah gambut memiliki tekstur terbuka dimana selain pori-pori makro, juga didominasi oleh pori-pori mikro yang berada di dalam serat-serat gambut. Selain itu butiran pada tanah gambut (serat) mengalami pemampatan yang semakin besar dengan bertambahnya beban. Maka, untuk menentukan besarnya pemampatan pada tanah gambut digunakan metode Gibson dan Lo (1961).

#### 4.7 Hubungan Koefisien Perubahan Volume ( $m_v$ ) Terhadap Tegangan ( $\sigma$ )

Berdasarkan penelitian ini, diperoleh nilai koefisien perubahan volume tanah gambut untuk setiap variasi sampel seperti pada Gambar 16.



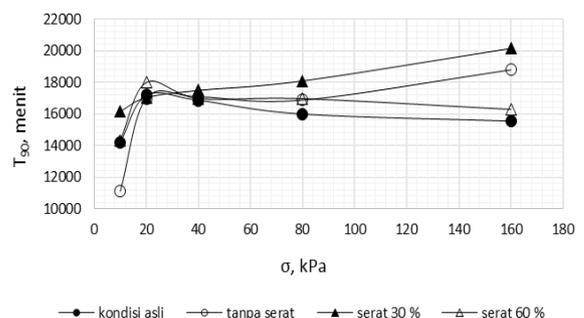
**Gambar 16.** Hubungan Koefisien Perubahan Volume ( $m_v$ ) Terhadap Tegangan ( $\sigma$ )

Gambar 16 memperlihatkan koefisien perubahan volume tanah gambut variasi serat 60 % pada tegangan 10 kPa, paling besar dibandingkan dengan variasi sampel lainnya yaitu sebesar 0,0397 m<sup>2</sup>/kN, hal ini karena gambut variasi serat 60 % memiliki ruang pori yang besar sehingga saat diberikan beban, terjadi perubahan volume yang besar.

Pada tanah gambut variasi serat 30 %, dimana pada tegangan yang sama (10 kPa) koefisien pemampatannya lebih besar dibandingkan variasi sampel tanpa serat dan sampel kondisi asli karena ruang pori pada sampel variasi tanpa serat dan sampel kondisi asli lebih kecil dibandingkan sampel variasi serat 30 % dan sampel serat 60 %. Sehingga, ruang pori yang kecil menyebabkan perubahan volume yang terjadi juga kecil.

#### 4.8 Analisis Waktu Pemampatan (Kompresibilitas) Mencapai 90 %

Analisis waktu pemampatan mencapai 90 % dapat dilihat pada Gambar 17 berikut.

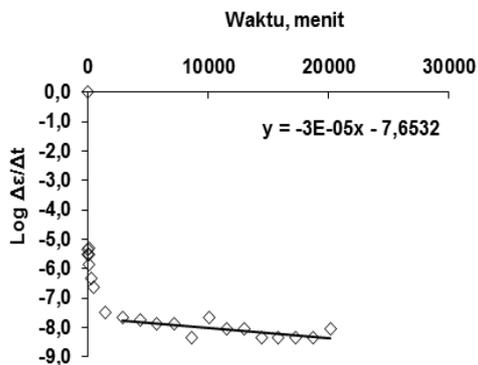


**Gambar 17.** Waktu Pemampatan 90 % untuk Semua Variasi Sampel

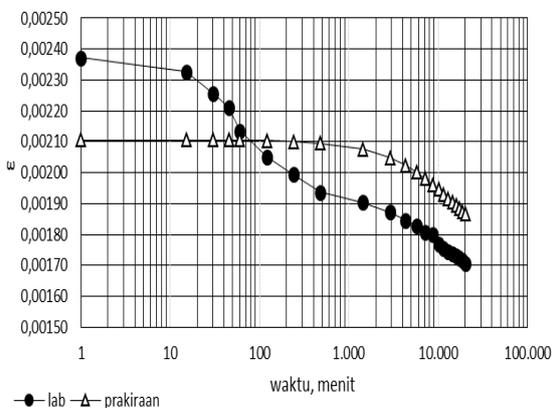
Pada Gambar 17 dapat dilihat bahwa sampel kondisi asli dan serat 60 % waktu pemampatan mencapai 90 % hampir sama, dimana semakin bertambahnya beban maka waktu pemampatan semakin berkurang. Sedangkan untuk sampel tanpa serat dan serat 30 % waktu pemampatan mencapai 90 % semakin bertambah seiring bertambahnya beban.

#### 4.9 Metode Gibson dan Lo (1961)

Data hasil uji pembebanan di laboratorium kemudian dihitung menggunakan metode model reologi Gibson dan Lo (1961). Untuk mendapatkan nilai perpotongan garis dengan sumbu vertikal (c) dan kemiringan garis (m) dengan membuat kurva hubungan kecepatan regangan terhadap waktu seperti pada Gambar 18 sehingga diperoleh nilai c sebesar -7,6532 dan m sebesar -0,00003.

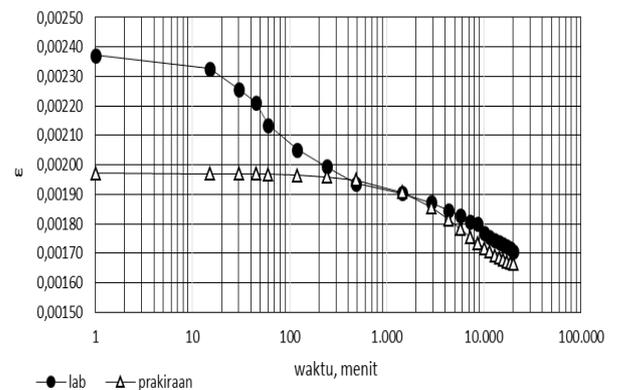


**Gambar 18.** Hubungan Kecepatan Regangan vs Waktu Beban 20 kPa



**Gambar 19.** Regangan vs Waktu Sampel Tanpa Serat dengan Beban 20 kPa (sebelum koreksi)

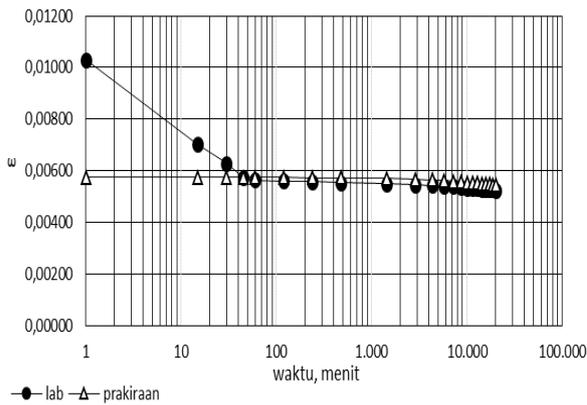
Pada Gambar 19 ditampilkan sampel gambut tanpa serat (*amorphous peat*) sebelum dikoreksi. Hasil pengujian memperlihatkan prakiraan pemampatan tanah gambut dengan metode Gibson dan Lo (1961) menggunakan parameter  $a = 7,32 \times 10^{-5}$ , parameter  $b = 1,61 \times 10^{-5}$  dan  $\lambda = 1,1 \times 10^{-9}$  memberikan hasil yang berbeda dari data laboratorium. Agar hasil prediksi mendekati data laboratorium, maka dicoba mengoreksi parameter  $a$  dan  $\lambda$  dengan faktor koreksi  $a = 0,95$  dan  $\lambda = 0,45$ . Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 20



**Gambar 20.** Regangan vs Waktu Sampel Tanpa Serat dengan Beban 20 kPa (telah dikoreksi)

Hasil koreksi memperlihatkan bahwa hasil prediksi mulai mendekati hasil laboratorium pada menit ke 480. Sedangkan menit sebelumnya hasil prediksi tetap tidak bisa mendekati hasil laboratorium, hal ini dikarenakan metode Gibson dan Lo (1961) diasumsikan sebagai model reologi pegas yang jika dibebani akan turun secara teratur sedangkan tanah gambut tidak, selain itu metode Gibson dan Lo (1961) tidak cocok untuk memprediksi pemampatan pada tanah yang berserat sedikit (*amorphous peat*).

Pada tanah gambut berserat (*fibrous peat*), hasilnya dapat dilihat pada sampel serat 60 % yang seperti Gambar 21.



**Gambar 21.** Regangan vs Waktu Sampel Serat 60 % dengan Beban 20 kPa

Dari Gambar 21 dapat dilihat bahwa prakiraan pemampatan menggunakan teori Gibson dan Lo (1961) pada tanah gambut berserat memperlihatkan hasil yang mirip pada daerah regangan sekunder. Sehingga disimpulkan bahwa model reologi Gibson dan Lo (1961) dapat digunakan untuk memprakirakan pemampatan tanah gambut yang mempunyai sifat berbeda dengan tanah lempung (Edil & Mochtar, 1984).

## V. KESIMPULAN

1. Sampel serat 60 % mempunyai nilai  $t_p$  yang paling kecil yaitu 32 menit, sedangkan nilai  $t_p$  terbesar terjadi pada sampel tanpa serat yaitu  $t_p$  50 menit. Batas aktu regangan sekunder  $t_k$  terkecil terjadi pada sampel kondisi serat 60%, selanjutnya sampel kondisi asli, kondisi tanpa serat dan yang paling besar kondisi serat 30%.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa:
  - Sampel dengan kondisi kadar air yang besar memiliki regangan yang kecil.
  - Sampel dengan kadar serat yang besar mengalami regangan yang besar, dibandingkan dengan sampel kondisi tanpa serat. Sehingga kadar serat berpengaruh terhadap kompresibilitas.
  - Sampel dengan berat volume yang kecil yaitu sampel dengan serat 60

% mengalami regangan yang paling besar. Sedangkan untuk sampel tanpa serat dengan berat volume besar mengalami regangan yang paling kecil.

3. Kurva pemampatan angka pori vs tegangan pada tanah gambut berbentuk cekung. Hal ini karena selain memiliki pori-pori makro, tanah gambut juga didominasi oleh pori-pori mikro yang berada di dalam serat-serat gambut. Selain itu butiran pada tanah gambut (serat) mengalami pemampatan yang semakin besar dengan bertambahnya beban.
4. Koefisien perubahan volume tanah gambut variasi serat 60 % pada tegangan 10 kPa, paling besar dibandingkan dengan variasi sampel lainnya yaitu sebesar  $0,0397 \text{ m}^2/\text{kN}$ , karena gambut variasi serat 60 % memiliki ruang pori yang besar sehingga saat diberikan beban, terjadi perubahan volume yang besar.
5. Sampel kondisi asli dan serat 30 % waktu pemampatan mencapai 90 % hampir sama, dimana semakin bertambahnya beban maka waktu pemampatan semakin berkurang. Sedangkan untuk sampel tanpa serat dan serat 60 % waktu pemampatan mencapai 90 % semakin bertambah seiring bertambahnya beban.
6. Metode Gibson dan Lo (1961) menunjukkan hasil yang mirip di daerah regangan sekunder pada sampel serat 60 % (*fibrous peat*) dengan beban 20 kPa, dimana kurva prakiraan mendekati hasil laboratorium, sedangkan pada sampel tanpa serat (*amorphous peat*) dengan beban yang sama yaitu 20 kPa menunjukkan hasil yang berbeda dari data laboratorium, sehingga diperlukan adanya koreksi terhadap parameter pemampatan.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM D4427-92. 2002. *Standard Classification of Peat Samples by Laboratory Testing*. International Journal of the Physical Sciences. United States of America: Annual Book of ASTM Standards sec 4.
- Ariza., Satibi, Syawal., & Fatnanta, Ferry. (2014). Analisis Pengaruh Parameter Permeabilitas *Smear Zone* Terhadap Penurunan Konsolidasi (Studi Kasus di PLTU-Pekanbaru, Riau). *Jom FTEKNIK*, 1(2). Universitas Riau, Pekanbaru.
- Ditra, R. (2016). *Analisis Pengaruh Variasi Jarak Pelat Helical Terhadap Daya Dukung Tekan Helical Pile pada Tanah Gambut*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Dhowian, A. W., & Edil, T. B. (1980). Consolidation Behavior of Peats. *Geotechnical Testing Journal*, 3(3), 105–114.
- Fatnanta, Ferry. (2014). Penerapan Test Konsolidasi Metoda *Constant Rate of Strain (CRS-Consolidation Test)* Pada Tanah Gambut Berserat. *Jurnal Aptek*, 6(2), 135-144.
- Huat, B. B. ., Prasad, A., Asadi, A., & Kazemian, S. (2014). *Geotechnics of Organic Soils and Peat*. Netherlands: CRC Press/Balkema. <https://doi.org/10.1201/b15627>.
- Junaidi, Bahrul., Putra, Agus I., & Nugroho, Soewignjo A. (2018). Potensi Likuifaksi Tanah Pasir Diatas Tanah Lunak Dengan Variasi Tebal Timbunan Pasir Melalui Uji Model Laboratorium. *Jom FTEKNIK*, 5(1). Universitas Riau, Pekanbaru.
- K, A. Syahrudin., & Nuraini. (1997). Identifikasi Gambut di Lapangan. *Lokakarya Fungsional Non Peneliti* (pp. 81–84). Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Ma'aruf, M. A., Indarto, & Mochtar, N. E. (2012). Perilaku *Suction* Tanah Gambut yang Distabilisasi. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah (ATPW)* (pp. 13–20). Surabaya.
- MacFarlane, I. C. (1969). *Muskeg Engineering Handbook*. Canada: Muskeg Subcommittee of the NRC Associate Committee on Geotechnical Research University of Toronto Press.
- Nugroho, Soewignjo A., & Putra, Agus I. (2010). Korelasi Kuat Geser Tanah Hasil Pengujian Triaksial dan *Unconfined Compression Strength (UCS)*. *Prosiding Seminar Temu Ilmiah Nasional Dosen Teknik ke-IX*. Universitas Tarumanegara, Indonesia.
- Parlan., Fatnanta, Ferry., & Muhardi. (2016). Pengaruh Jumlah Plat *Helical* Terhadap Daya Dukung Pondasi Tiang *Helical* Pada Tanah Gambut. *Jom FTEKNIK*, 3(2). Universitas Riau, Pekanbaru.
- Rahayu, T. (2012). Analisis Pemampatan Sekunder pada Tanah Gambut Jambi dengan Metode Gibson-Lo. *Jurnal Konstruksia*, 4(1), 53–70.
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto, & Subaagjo, H. (2005). *Sebaran Gambut dan Kandungan Karbon di Sumatera dan Kalimantan*. Bogor: Wetlands International - Indonesia Programme
- Wardana, I. G. N., & Widiarta, I. (2010). Korelasi Strain Rate dengan Kadar Organik pada Test Konsolidasi Metode Constant Rate of Strain. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 14 (1), 43-56.
- Yenni, F. (2008). *Perilaku Kompresibilitas Tanah Gambut Akibat Siklus Pembasahan dan Pengeringan Setelah Dipadatkan*. Universitas Indonesia.