

**PERBAIKAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT  
MENGUNAKAN CAMPURAN PASIR DAN  
TEKNIK *BIO-GROUTING* BERBAHAN  
BAKTERI**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana S1  
Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau  
Pekanbaru*



Disusun Oleh :

**RIZKY AMARULLAH**

**133110360**

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

**2020**

## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini mengenai **“PERBAIKAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT MENGGUNAKAN CAMPURAN PASIR DAN TEKNIK *BIO-GROUTING* BERBAHAN BAKTERI”**.

Banyak alasan yang ingin dikemukakan penulis dalam penelitian ini, pada dasarnya penulis ingin mengetahui seberapa besar pengaruh stabilisasi tanah gambut yang di tambahkan dengan larutan sementasi bakteri menggunakan campuran pasir dan *bio-grouting* teknik dengan bantuan bakteri *bacillus subtilis* serta bagaimana pengaruh atau perubahan yang terjadi untuk permeabilitas pada tanah gambut.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini.

Akhir kata semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca khususnya dan dunia pendidikan pada umumnya.

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh*

Pekanbaru, 15 Desember 2020

Penulis

Rizky Amarullah

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

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

1. Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, sebagai Rektor Universitas Islam Riau.
2. Dr. Eng. Muslim, MT, sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Dr. Mursyidah, M.Sc, sebagai Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Dr. Anas Puri, ST., MT, sebagai Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, sebagai Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Harmiyati, ST., M.Si, sebagai Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
7. Sapitri, ST., MT, sebagai Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Firman Syarif, ST., M.Eng, sebagai dosen pembimbing.
9. Dr. Anas Puri, ST., MT, sebagai dosen penguji 1.
10. Dr Elizar ST., MT sebagai dosen penguji 2.

11. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
12. Seluruh karyawan dan karyawan fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
13. Pimpinan dan seluruh staff Lembaga UIR beserta karyawan yang telah memberikan arahan, data-data, serta izin untuk melakukan penelitian.
14. Ayahanda Edirijal dan Ibunda Ennawirni, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan seluruh kasih sayang, membimbing, selalu memberikan dorongan serta mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
15. Kakak Deasy Damayanti Nurhadini , Erwin Satria Anugerah, Arief Budiman, Indah Intan Nurhalimah, Julia Edwina Nurhasanah, yang selalu memberikan dukungan serta dorongan kepada penulis.
16. Seluruh teman-teman teknik sipil UIR seperjuangan, Andri Hartono, Ruzia Harmi Putra, Indra Mazela, Yarsino Aryadi, Harmonis Emilwa, S.T, Nurkholis, Zulpan Budiman, Rahmad Ramadan, James Imanta Sembiring, S.T, Dika Ibnu Handoyo, Anggi Yonda Putra, S.T.

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

***Wassalamu'alaikum Wr, Wb,***

Pekanbaru, 15 Desember 2020

Rizky Amarullah



## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>UCAPAN TERIMA KASIH</b> .....	ii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>ABSTRAK</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan penelitian.....	2
1.4 manfaat penelitian.....	2
1.5 batasan masalah.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 umum.....	4
2.2 hasil penelitian sejenis.....	4
2.3 keaslian penelitian.....	7
<b>BAB III LANDASAN TEORI</b>	
3.1 tanah.....	8
3.2 tanah organik.....	9
3.3 tanah gambut.....	9
3.4 sifat fisik tanah organik.....	11
3.5 pasir.....	12
3.6 permeabilitas.....	12
3.7 <i>bio-grouting</i> dan bakteri <i>bacillus subtilis</i> .....	14

**BAB IV METODE PENELITIAN**

4.1 umum.....	16
4.2 pengujian <i>falling head</i> .....	16
4.3 pelaksanaan pengujian dan lokasi pengambilan sampel tanah gambut.....	16
4.4 peralatan pengujian .....	19
4.4.1 peralatan pengujian pendahuluan .....	19
4.4.2 peralatan pengujian utama (pengujian permeabilitas).....	23
4.5 tahapan penelitian .....	24
4.5.1 pengujian pendahuluan .....	26
4.5.2 prosedur pengujian utama.....	27
4.5.3 analisis data .....	28
4.6 pelaksanaan pengujian.....	29
4.6.1 pengujian pendahuluan .....	29
4.6.2 pembuatan larutan sementasi .....	33
4.6.4 pengujian utama .....	34

**BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

5.1 umum.....	38
5.2 pendahuluan.....	38
5.2.1 kadar air tanah asli.....	38
5.2.2 berat spesifik (Gs) .....	39
5.2.3 pengujian pemadatan ( <i>proctor test</i> ).....	40
5.2.4 sifat-sifat tanah gambut.....	40
5.3 pengujian permeabilitas dengan campuran pasir dan bakteri.....	41

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 kesimpulan.....	49
6.2 saran .....	49

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN A****LAMPIRAN B****LAMPIRAN C**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 tanah gambut .....	17
Gambar 4.2 pasir.....	18
Gambar 4.3 bahan bakteri <i>bacillus subtilis</i> .....	18
Gambar 4.4 bahan Urea.....	19
Gambar 4.5 bahan CaCl <sub>2</sub> .....	19
Gambar 4.6 alat cawan.....	20
Gambar 4.7 alat timbangan .....	20
Gambar 4.8 alat oven dengan pengatur suhu .....	21
Gambar 4.9 piknometer dan timbangan digital .....	21
Gambar 4.10 kompor gas .....	22
Gambar 4.11 alat botol air suling .....	22
Gambar 4.12 alat uji pemadatan ( <i>proctor test</i> ).....	23
Gambar 4.13 alat uji permeabilitas <i>falling head</i> .....	23
Gambar 4.14 diagram alir penelitian .....	25
Gambar 4.15 pengujian kadar air.....	30
Gambar 4.16 pengujian berat jenis .....	31
Gambar 4.17 pengujian pemadatan ( <i>proctor</i> ) .....	32
Gambar 4.18 proses penyaringan larutan sementasi.....	34
Gambar 4.19 skema alat uji permeabilitas <i>falling head</i> .....	35
Gambar 4.20 proses pencampuran sampel uji.....	35
Gambar 4.21 proses memasukan sampel uji ke dalam silinder.....	36
Gambar 4.22 proses pemasangan silinder alat uji permeabilitas <i>falling head</i> .....	36
Gambar 4.23. proses pemeraman sampel agar jenuh air.....	36

Gambar 4.24 pembacaan setelah proses penjuanan sampel .....	37
Gambar 5.1 hubungan berat volume kering dan kadar air .....	40
Gambar 5.2 grafik tanah asli lolos air 2 menit awal .....	43
Gambar 5.3 grafik tanah dengan campuran pasir lolos air 2 menit awal.....	44
Gambar 5.4 grafik tanah dengan campuran pasir dan 25% bakteri lolos air per 2 menit awal.....	44
Gambar 5.5 grafik koefisien permeabilitas suhu air 26°C .....	45
Gambar 5.6 grafik koefisien permeabilitas suhu air 20°C .....	46





## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tipe Tanah Berdasarkan Kadar Organik (Perencanaan Kontruksi Timbunana Jalan Diatas Gambut Dengan Metode Prapembebanan, 2004).....	10
Tabel 3.2 variasi nilai $^nT^{\circ}c/^n20^{\circ}c$ .....	14
Tabel 3.3 kelas laju permeabilitas .....	14
Tabel 4.1 Material Campuran Larutan Sementasi .....	33
Tabel 5.1 pengujian kadar air .....	39
Tabel 5.2 pengujian berat jenis .....	39
Tabel 5.3 sifat-sifat tanah gambut .....	41
Tabel 5.4 data jumlah air per 2 menit awal sampel tanpa campuran.....	41
Tabel 5.5 data jumlah air per 2 menit awal sampel campuran pasir.....	42
Tabel 5.6 data jumlah air per 2 menit awal sampel campuran pasir dan 25% bakteri .....	42
Tabel 5.7 koefisien permeabilitas sampel uji suhu air $26^{\circ}c4$ .....	45
Tabel 5.8 koefisien permeabilitas $20^{\circ}c$ standar suhu air pengujian.....	46
Tabel 5.9 perbandingan koefisien suhu air $26^{\circ}c$ dan $20^{\circ}c$ .....	46
Tabel 5.10 perbandingan koefisien permeabilitas pengujian utama dengan campuran terak/klinker.....	47
Tabel 5.11 perbandingan koefisien permeabilitas pengujian utama dengan permeabilitas UMJ.....	47

## DAFTAR NOTASI

Cm	= Centimeter
Cm <sup>2</sup>	= Centimeter Persegi
cm <sup>3</sup>	= Centimeter Kubik
gr/cm <sup>3</sup>	= Gram/Centimeter Kubik
%	= Persen
Mol	= Molekul
gr	= Gram
w	= Kadar air
Gs	= Berat jenis (%)
V	= Volume (cm <sup>3</sup> )
W	= Berat (gram)
Pt	= Peat (gambut)
OMC	= Kadar Air Optimum (%)
K	= Koefisien permeabilitas (cm/detik)
a	= Luas buret
L	= Tinggi sample tanah
A	= Luas permukaan sample tanah
t	= Waktu
h1	= Ketinggian pada saat t = 0
h2	= Ketinggian pada saat t diperhitungkan
°	= derajat

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN A

- A-1. Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Asli
- A-2. Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis
- A-3. Hasil Uji Percobaan Pematatan *Proctor Test*
- A-4. Perhitungan mencari luas sampel (A) luas buret (a) dan nilai t sampel tanah asli dan campuran pasir
- A-5. Perhitungan laju permeabilitas

### LAMPIRAN B

- B-1. Dokumentasi Pekerjaan Uji kadar air tanah asli dan Berat Jenis Tanah Asli,
- B-2. Dokumentasi Pekerjaan pematatan standar (*proctor test*)
- B-3. Dokumentasi Pekerjaan pembuatan sampel dan larutan sementasi
- B-4. Dokumentasi pekerjaan pengujian permeabilitas

### LAMPIRAN C

Kumpulan surat-surat

**PERBAIKAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT  
MENGUNAKAN CAMPURAN PASIR DAN  
TEKNIK *BIO-GROUTING* BERBAHAN  
BAKTERI**

**RIZKY AMARULLAH**  
**133110360**

**Abstrak:**

Perbaikan permeabilitas tanah gambut menggunakan campuran pasir dan teknik *bio-grouting* berbahan bakteri untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir pasir 5% dari berat tanah kering dan bakteri terhadap permeabilitas tanah gambut. Tanah gambut merupakan permasalahan yang sering dihadapi dalam dunia konstruksi. Gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah membusuk, oleh sebab itu, kandungan bahan organiknya tinggi.

Metode pengujian penelitian dengan mengacu pada prosedur ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan SNI, pengujian pendahuluan yaitu pengujian kadar air tanah asli, pengujian berat jenis tanah asli dan pengujian pemadatan standar (*proctor test*), untuk pengujian permeabilitas menggunakan metode *falling head*. Tanah asli diambil di lokasi Desa Buana Makmur km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak, pasir 5% dari berat kering tanah, bahan tambahan bakteri dan  $\text{CaCl}_2$  serta Urea, Lokasi penelitian yaitu di Laboratorium mekanika tanah Teknik Sipil Universitas Islam Riau, teknik pengumpulan data sesuai standar laboratorium mekanika tanah Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Hasil pengujian sifat fisik tanah asli diketahui bahwa tanah lokasi Desa Buana Makmur km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak termasuk jenis tanah asli dengan kadar air 407,5 % dan Berat spesifik (Gs) 1,3 gr. Dari pengujian permeabilitas yang dilakukan pencampuran pasir 5% dan penambahan 25% bakteri memiliki nilai koefisien permeabilitas terendah dibandingkan tanah asli dan tanah campuran pasir dengan koefisien permeabilitas  $K_{20^{\circ}\text{c}} = 1,166 \times 10^{-3}$  cm/detik.

**Kata kunci :** Teknik *Bio-Grouting*, Stabilisasi, permeabilitas, pasir, bakteri *bacillus subtilis*



**RESTORING PERMEABILITY OF PEAT SOIL USES SAND-MIXED AND BIO-  
GROUTING TECHNIQUE INGREDIENT OF BACTERIA**

**RIZKY AMARULLAH**

**133110360**

***Abstract:***

*Improvement of peat soil permeability using a mixture of sand and bio-grouting techniques made from bacteria to determine the effect of adding sand sand 5% of the dry soil weight and bacteria on the permeability of peat soil. Peat soil is a problem that is often faced in the world of construction. Peat is a type of soil that is formed from the accumulation of semi-decomposed plant debris, therefore, its high organic matter content.*

*The research testing method refers to ASTM (American Society for Testing and Materials) and SNI procedures, preliminary testing, namely testing the original soil moisture content, testing the density of the original soil and testing standard compaction (proctor test), for permeability testing using the falling head method. The original soil was taken at the location of Buana Makmur Village km 55, Dayun District, Siak Regency, 5% sand from the dry weight of the soil, additional materials for bacteria and CaCl<sub>2</sub> and Urea. soil mechanics Civil Engineering Riau Islamic University.*

*The test results of the physical properties of the original soil show that the land in the village of Buana Makmur km 55, Dayun District, Siak Regency is the original soil type with a moisture content of 407.5% and a specific weight (Gs) of 1.3 gr. From the permeability test carried out by mixing 5% sand and adding 25% bacteria, it has the lowest permeability coefficient value compared to the original soil and sand mixed soil with a permeability coefficient  $K_{20oc} = 1.166 \times 10^{-3}$  cm / second.*

***Keywords:*** *Bio-Grouting Technique, Stabilization, Permeability, sand, Bacillus Subtilis*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Tanah gambut merupakan salah satu jenis tanah yang tidak memenuhi syarat untuk dijadikan sebagai lapisan tanah dasar konstruksi jalan raya, karena memiliki sifat-sifat antara lain mengandung kadar organik tinggi, sedikit mengandung kalsium, dan memiliki sifat kembang susut yang besar. Tanah gambut memiliki nilai permeabilitas yang tinggi, maka dilakukan uji eksperimental dengan penambahan pasir dan bahan bakteri pada tanah gambut guna untuk melihat reaksi yang dihasilkan bakteri terhadap tanah gambut. Bakteri dipilih karena bakteri ini dapat memperkecil hingga menutupi rongga-rongga pada tanah gambut. Rekayasa stabilisasi tanah dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan pasir dan bakteri terhadap permeabilitas tanah gambut. Gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah membusuk, oleh sebab itu, kandungan bahan organiknya tinggi. Tanah yang terutama terbentuk di lahan-lahan basah ini disebut dalam bahasa Inggris sebagai *peat*, dan lahan-lahan bergambut di berbagai belahan dunia dikenal dengan aneka nama seperti *bog*, *moor*, *muskeg*, *pocosin*, *mire*, dan lain-lain. Istilah gambut sendiri diserap dari bahasa daerah Banjar.

Tanah gambut merupakan permasalahan yang sering dihadapi dalam dunia konstruksi. Tanah gambut memiliki daya dukung yang rendah dan dapat menyebabkan penurunan tanah (*settlement*) yang besar saat terjadi pembebanan, Tanah gambut (Parlan dkk., 2016).

*Bio-grouting* adalah teknik stabilisasi tanah yang melibatkan mikroorganisme yang diinduksi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) presipitasi. Pengendapan kalsium karbonat bertindak sebagai pengikat antar sel yang merangsang proses sementasi di antara butiran tanah. Dalam menerapkan teknologi *biog-routing*, perlu mempertimbangkan jenis tanah yang akan distabilkan dan jenis mikroorganisme yang digunakan sebagai agen *bio-grouting* (Pangesti, 2005).

Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk mengalirkan air. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat meningkatkan laju infiltrasi, sehingga mengurangi

laju air yang mengalir. Dalam ilmu tanah, permeabilitas didefinisikan secara kualitatif sebagai pengurangan gas, cairan atau penetrasi akar tanaman atau lewat (Syarif dkk 2020)

*Bacillus* adalah bakteri berbentuk gram-positif dengan suhu optimal untuk pertumbuhan antara 25-35 ° C. Meskipun *Bacillus* dianggap aerobik yang ketat, ditemukan kemudian bahwa mereka dapat hidup secara anaerob dalam kondisi yang ditentukan. *Bacillus Subtilis* memiliki fisiologi yang relatif berbeda dari bakteri lain yang bukan patogen, yaitu relatif mudah dimanipulasi secara genetic dan muda pula dibiakkan sehingga dapat di kembangkan pada skala industri (Soesanto, 2008).

Perbaikan tanah yang biasanya memiliki sifat kembang susut seperti tanah gambut dilakukan dengan metode stabilisasi tanah, diantaranya stabilisasi tanah menggunakan metode *grouting* yang tidak ramah lingkungan yang biasanya berupa suspense (semen, lempung-semen, dsb) atau emulsi (aspal, dsb) (Xanthakos, 1994; Karol, 2003). Semua bahan kimia untuk *biogrouting*, kecuali sodium silikat dan atau berbahaya (Karol, 2003; van Passsen, 2009).

### 1.2. Rumusan Masalah

Bagaimana Pengaruh Campuran Pasir dan teknik *Bio-Grouting* dengan bantuan bakteri *Bacillus Subtilis* Terhadap permeabilitas Tanah Gambut.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui campuran pasir dan teknik *Bio-Grouting* dengan bantuan bakteri *Bacillus Subtilis* terhadap permeabilitas tanah gambut.

### 1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat antara lain :

1. Sebagai bahan pertimbangan bagi para engineer bidang teknik sipil untuk penerapan di lapangan khususnya pondasi pada tanah yang kurang baik.
2. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang teknologi material.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat – sifat fisik dan mekanik tanah organik.

### 1.5 Batasan Masalah

1. penelitian ini menggunakan campuran pasir dan teknik *bio-grouting*

2. penelitian ini menggunakan skala laboratorium
3. tanah gambut yang digunakan berasal dari desa Buana Makmur Km55 Kab.Siak
4. penelitian ini menggunakan bakteri *bacillus subtilis*
- 5.hanya membahas tentang permeabilitas tanah gambut





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Tinjauan pustaka merupakan peninjauan kembali (*review of related literature*). Sesuai dengan arti tersebut suatu tinjauan pustaka berfungsi sebagai peninjauan kembali pustaka (laporan penelitian dan sebagainya) tentang masalah yang berkaitan tidak terlalu harus tepat identik dengan bidang permasalahan yang dihadapi, termasuk pula yang sering dan berkala (*collateral*).

### 2.2 Hasil Penelitian Sejenis

Ada beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan kuat tekan, kuat geser, tanah organik, dan penambahan pasir untuk peningkatan daya dukung tanah yang bisa digunakan sebagai acuan dalam pembahasan pada penelitian ini. Dalam penelitian ini disajikan penelitian terdahulu yaitu syarif dkk (2020), Willy (2015), Angelina (2013), Waruwu (2013), Afriani (2008) dan De Jong, J.T. (2006).

Syarif dkk (2020), telah melakukan penelitian dengan judul “Penerapan Teknik *Biocementation* Oleh *Bacillus Subtilis* dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Pada Tanah Organik”. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh teknik *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP) / *Bio-Grouting* dalam sifat permeabilitas gambut, Dari hasil tes permeabilitas ditemukan bahwa sampel 1 (dengan Reagen) memiliki waktu yang lama untuk mengeluarkan air dari tabung / permeabilitas lebih rendah dari pada sampel 2 (tanpa reagen). Hal ini disebabkan oleh penambahan bakteri *Bacillus Subtilis* yang dapat membuat pori-pori partikel tanah organik tertutup atau diisi bakteri sehingga air tidak mudah mengalir.

Willy (2015), melakukan penelitian tentang pengujian kuat geser langsung dengan mencampurkan tanah lempung dengan pasir dengan persentase campuran 10%, 30 20%, 30% dan 40%. Dari hasil pengujian didapat nilai hubungan persentase campuran dan sudut geser. Nilai sudut geser yang cenderung meningkat dari fraksi lempung 100% sampai 60%. Sudut geser terendah terdapat pada tanah lempung

100% yaitu sebesar 40,9361 dan yang tertinggi sebesar 63,7067 pada fraksi lempung 60%.

Lynda (2013), telah melakukan penelitian dengan judul “Karakteristik Kuat Geser Tanah Dengan Metode Stabilisasi *Biogrouting* Bakteri *Bacillus Subtilis*”. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil stabilisasi tanah yang optimum dengan metode *Bio-Grouting*, *Bio-Grouting* yang dimaksud pada penelitian ini, yaitu ketika nilai parameter kuat geser tanah (kohesi dan sudut geser dalam ) yang diperoleh merupakan nilai terbesar dari semua perbandingan pencampuran sampel tanah dengan bakteri untuk waktu permanen selama 28 hari. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimen laboratorium berupa pengujian tanah pasir berlempung yang di *Grouting* menggunakan larutan bakteri *bacillus subtilis*. Dari penelitian ini diperoleh hasil stabilisasi *bio-grouting* bakteri *bacillus subtilis* yang optimum diperoleh pada sampel tanah dengan 3x injeksi (6cc larutan bakteri dan 6cc larutan sementasi). Dimana nilai kohesi yang diperoleh sebesar 1.192 dan nilai sudut geser dalam sebesar 35.07°. Untuk memperoleh hasil stabilisasi yang optimum dibutuhkan larutan bakteri *bacillus subtilis*, larutan sementasi dan tanah pasir berlempung dengan perbandingan 1:1:11, yaitu 1 cc larutan bakteri *bacillus subtilis* berbanding 1 cc larutan sementasi berbanding 11 cm<sup>3</sup> tanah pasir berlempung. Karakteristik mekanis tanah yang mengalami stabilisasi optimum mengalami perubahan pada parameter kuat gesernya, yaitu: Terjadi peningkatan nilai kohesi sebesar 297% terhadap nilai kohesi sampel tanah asli dan terjadi peningkatan nilai sudut geser dalam sebesar 6,86 % terhadap nilai sudut geser dalam tanah asli.

Waruwu (2013), melakukan penelitian tentang peningkatan kuat tekan tanah gambut akibat *preloading*. Tujuan dari metode *preloading* adalah untuk mempercepat proses penurunan yang diharapkan serta meningkatkan daya dukung tanah. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian kuat tekan bebas pada sampel *undisturbed* dan *disturbed*, kemudian tanah gambut diberi beban awal (*preloading*) sebesar 10 kPa dan 20 kPa pada jangka waktu pemeraman selama 1 sampai 2 hari, setelah itu dilakukan pengujian kuat tekan bebas dengan menggunakan alat *unconfined compression test*. Setelah dilakukuan penelitian tanah gambut bagan siapiapi kab. Rokan hilir riau dapat

diklasifikasikan sebagai tanah gambut dengan kadar abu rendah (*low ash-pead*) berkisar 6,28%. Diproleh kadar serat antara 33% - 67% (ASTM D 4427-78 1989) diklasifikasikan sebagai tanah gambut (*hemic pead*) berkadar 6onger tinggi, nilai kadar air optimum sebesar 623,33% dan berat isi kering 0,160 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai kuat tekan bebas didapatkan untuk sampel *disturbed* 0,0837 kg/cm<sup>3</sup>, *undisturbed* sebesar 0,0872 kg/cm<sup>3</sup> mengalami peningkatan sebesar 0.1055 (kg/cm<sup>2</sup>) dengan *preloading* 10 kPa 1 hari dan 0.1191 (kg/cm<sup>2</sup>) untuk *Preloading* 10 kPa 2 (dua) hari. Sedangkan *preloading* 20 kPa 1 (satu) hari menghasilkan nilai qu sebesar 0.1343 (kg/cm<sup>2</sup>) dan *preloading* 20 kPa 2 hari sebesar 0.1381 (kg/cm<sup>2</sup>). Beban awal berpotensi meningkatkan nilai daya dukung tanah gambut dengan waktu yang 6ongerin lebih lama.

Afriani (2008), melakukan penelitian tentang pengaruh penambahan tanah pasir pada tanah lempung. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan material pasir pada tanah lunak akan meningkatkan besarnya berat volume tanah campur pasir, dengan peningkatan rata-rata sebesar 5,94 % Sedangkan nilai kohesi dari tanah lunak campur pasir akan menurun dibanding tanah lempung murni, dengan penurunan rata-rata sebesar 25,07 %. Peningkatan nilai sudut geser dalam dan lempung lunak yang dicampur dengan pasir rata-rata sebesar 67,03 %. Mengingat hasil diatas dapat disimpulkan bahwa nilai daya dukung tanah lunak akan semakin meningkat jika dilakukan penambahan campuran dengan pasir, hal ini terlihat dan meningkatnya sudut geser dalam yang signifikan. Nilai sudut geser-dalam tanah gambut berserat sangat besar yaitu >50° tetapi hal tersebut sangat dipengaruhi oleh serat yang ada. Landva, 1982 menyatakan bahwa harga sudut geser dalam untuk tanah gambut berserat sebenarnya berkisar antara 27 °–32 °.

DeJong, J.T. (2006) telah melakukan penlitian tentang teknologi *grouting* secara biologi yang dikenal dengan teknologi *bio-grouting* melalui mekanisme pengendapan kalsium karbonat. Keuntungan utama dari *biogrouting* adalah pemberian substrat dapat dipindahkan dalam bentuk inaktif ke daerah yang jauh dari titik injeksi. Teknologi *biogrouting* merupakan teknologi yang mensimulasikan proses diagenesis, yaitu transformasi butiran pasir menjadi batuan pasir (*calcarenite*



atau *sandstone*). Kristal kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang terbentuk dari teknologi *bio-grouting* akan menjadi jembatan antara butiran pasir sehingga menyebabkan proses sementasi, dan mengubah pasir menjadi batuan pasir. Secara alami, proses ini memerlukan waktu hingga jutaan tahun. Oleh karena itu digunakan bakteri untuk mempercepat proses secara in situ dengan memanfaatkan proses presipitasi karbonat hasil aktivitas metabolisme bakteri.

### 2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan syarif dkk, Willy, Lynda, waruwu, Afriani dan De Jong, J.T, penulis menyadari bahwa adanya persamaan baik dalam bentuk teori-teori yang dipakai maupun prinsip pengerjaannya. Tetapi penulis juga mengetahui bahwa terdapat perbedaan penelitian dan metode yang digunakan seperti permasalahan dan pembahasan yang tentu menimbulkan perbedaan data. Karena perbedaan tersebut penulis mengangkat tugas akhir ini.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Tidak menghitung kuat tekan tanah gambut seperti penelitian yang dilakukan waruwu (2013).
2. Tidak menghitung kuat geser tanah gambut seperti penelitian willy (2015)
3. Menggunakan campuran pasir dan metode teknik *bio-grouting* dengan bantuan campuran bakteri *bacillus subtilis*.

Adapun persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan campuran pasir dan teknik *bio-grouting* dengan bakteri *bacillus subtilis* terhadap tanah gambut.



## BAB III LANDASAN TEORI

### 3.1 Tanah

Tanah adalah material yang terdiri dari butiran mineral-mineral padat yang tidak terikat secara kimia satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1988). Selain itu dalam arti lain tanah merupakan akumulasi partikel mineral atau ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1991). Tanah ialah sebagai laboratorium alam yang menyediakan unsur hara bagi tanaman (Humphry Davy, 1913). Tanah merupakan lapisan paling luar kulit bumi yang biasanya bersifat tak padu dan mempunyai sifat tebal mulai dari selaput tipis sampai lebih dari 3 meter yang berbeda dari bahan dibawahnya dalam hal warna, sifat fisik, sifat kimia dan sifat biologinya (C.F.Marbut, 1914).

Adapun menurut para ahli teknik sipil, tanah dapat didefinisikan sebagai :

1. Tanah adalah kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).
2. Tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai/lemah ikatan antar partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan (Craig, 1987)
3. Tanah adalah material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang terikat secara kimia satu dengan yang lain dan dari bahan bahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995).
4. Secara umum tanah terdiri dari tiga bahan, yaitu butir tanahnya sendiri serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antar butir-butir tersebut (Wesley, 1997).

### 3.2 Tanah Organik

Tanah Organik adalah merupakan tanah yang mengandung banyak komponen organik, ketebalannya dari beberapa meter hingga puluhan meter di bawah tanah. Tanah organik berwarna hitam dan merupakan pembentuk utama lahan gambut. Tanah jenis ini umumnya mudah mengalami penurunan yang besar. Perilaku tanah organik sangat terganggu pada kadar organik (organic content), kadar abu (ash content), kadar serat (fibrous content). Makin tinggi kandungan organiknya makin rendah daya dukungnya (bearing capacity) dan kekuatan gesernya (shear strength), serta makin besar pemampatannya (compressibility).

Tanah organik memiliki tekstur terbuka dimana selain pori-pori makro, tekstur tanah organik juga didominasi oleh pori-pori mikro yang berada di dalam serat-serat organik. Dengan sistem pori ganda dan tingkat homogenitas yang tidak merata tersebut, serta berat isi tanah yang mendekati berat isi air, maka masalah pemampatan (compressibility) yang besar bisa mengakibatkan penurunan (settlement) yang besar juga. Selain itu karena tanah organik ini sangat lembek pada umumnya mempunyai daya dukung (bearing capacity) yang rendah.

### 3.3 Tanah Gambut

Tanah gambut adalah bahan organis setengah lapuk berserat atau suatu tanah yang mengandung bahan organis berserat dalam jumlah besar. Gambut mempunyai angka pori yang sangat tinggi dan sangat kompresibel (Dunn dkk, 1980). Tanah gambut umumnya berwarna coklat tua sampai dengan hitam karena terbentuk dari proses pelapukan dan pembusukan tumbuh tumbuhan, maka tanah gambut memiliki bau yang khas.

Tanah gambut yang ada di Indonesia sekarang ini terbentuk dalam waktu lebih dari 5000 tahun (Hardjowigeno,1997) dan merupakan jenis gambut tropis yang terbentuk sebagai hasil proses penumpukan sisa tumbuhan rawa seperti berbagai macam jenis rumput, paku-pakuan, 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.

Proses pembentukan tersebut menyebabkan tanah gambut mempunyai sifat fisik maupun sifat teknis yang tidak menguntungkan untuk bangunan sipil yang berada di atas tanah gambut. Sifat fisik tersebut antara lain kadar air ( $W_c$ ) yang mencapai 900%, berat volume tanah yang cukup kecil ( $0,8 - 1,04 \text{ gr/cm}^3$ ), angka pori yang besar berkisar antara 5-15, dan kandungan organik yang tinggi  $>75\%$  (Mochtar, NE., 2010, 2012, 2014, 2015).

Sifat fisik yang tidak menguntungkan tersebut secara otomatis mempengaruhi perilaku teknis tanah gambut. Tanah gambut mempunyai daya dukung yang sangat rendah 57 kPa (Jelusic dan Lappanen, 2002) dan pemampatan yang besar dan tidak merata sehingga banyak bangunan sipil rusak akibat perilaku tersebut (Mohtar, NE., dkk., 2014).

Tipe Tanah Berdasarkan Kadar Organik (perencanaan kontruksi timbunana jalan diatas gambut dengan metode prapembebanan, 2004)

**Tabel 3.1** (perencanaan kontruksi timbunana jalan diatas gambut dengan metode prapembebanan, 2004)

Jenis Tanah	Kadar Organik (%)
Lempung	<25
Lempung organic	25-27
Gambut	>75

Menurut MacFarlane (1965), tanah gambut dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok berdasarkan serat yang terkandung yaitu kandungan serat  $\geq 20\%$  dinamakan gambut beserat (*Fibrous Peat*), dan tanah gambut dengan kandungan serat  $< 20\%$  yang disebut sebagai gambut tidak beserat (*Amorphouse Gramular Peat*). Tanah gambut beserat dan gambut tidak beserat dikategorikan sebagai tanah sangat lembek yang pada umumnya mempunyai kemampuan mendukung beban (daya



dukung/ *baring capacity*) yang sangat rendah dan pemampatan (*settlement*) yang sangat besar.

Perilaku dan sifat tanah organik sangat tergantung pada komposisi mineral dan unsur-unsur kimianya, Tekstur dan partikel-partikelnya serta pengaruh lingkungan disekitarnya. Sehingga untuk dapat memahami sifat dan perilakunya diperlukan pengetahuan tentang mineral dan komposisi kimia gambut. Hal ini dikarenakan organik adalah faktor utama untuk mengontrol ukuran, bentuk, dan sifat fisik serta kimia dari partikel gambut. Sampai saat ini, penelitian gambut dibidang teknik sipil masih sangat sedikit sekali dilakukan di Indonesia. Sehingga pengetahuan tentang gambut masih sangat sedikit sekali. Oleh karena itu, pemecahan dengan metoda yang benar dan tepat adalah sangat diharapkan agar konstruksi yang dibangun dapat berdiri dengan kuat dan aman. Di dalam rekayasa geoteknik telah lama dikenal beberapa cara bagaimana memanfaatkan tanah asli yang memenuhi syarat sebagai material konstruksi, misalnya pada tanah lunak, gambut dan sebagainya. Hasil dari upaya rekayasa tersebut didapat keadaan tanah dengan daya dukung yang lebih baik serta sifat-sifat lainnya yang positif dilihat dari sudut pandang konstruksi. Untuk hal tersebut di atas telah dikenal rekayasa stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan dari segi konstruksi. Sehingga sifat-sifat dan karakteristik tanah tersebut menjadi memadai sebagai material konstruksi.

### **3.4 Sifat fisik Tanah Organik**

Konsep dasar untuk tanah yaitu terdiri dari 3 fase yang meliputi fase padat (*solid*), fase cair (*liquid*) dan fase gas. Konsep tersebut berlaku juga untuk tanah gambut amorphous granular (*amorphous granular peat*) dan tanah gambut berserat (*fibrous peat*), dan ditinjau gambut berserat tidak selalu merupakan bagian yang padat (*solid*) karena fase tersebut pada umumnya terdiri dari serat-serat yang berisi air dan gas. Oleh sebab itu, Mac Farlane (1959), Dalam Indra Farni (1996), menyebutkan bahwa gambut berserat mempunyai 2 jenis pori yaitu pori diantara serat-serat (makro pori) dan pori yang ada dalam serat-serat yang bersangkutan (mikro pori), sifat fisik tanah gambut dan tanah lempung sangat berbeda satu



terhadap yang lain, hal ini disebabkan fase solit yang ada pada tanah gambut pada umumnya berupa serat-serat yang berisi air atau gas.

Tipe dan jumlah kadar organik, kadar abu, dan kadar serat yang ada di dalam tanah:

1. Kadar air.
2. Susunan tanah.
3. Konsentrasi garam dalam air pori.
4. Sementasi.
5. Adanya bahan organik.

### 3.5 Pasir

Pasir merupakan agregat alami yang berasal dari letusan gunung berapi, sungai, dalam tanah dan pantai oleh karena itu pasir dapat digolongkan dalam tiga macam yaitu pasir galian, pasir laut dan pasir sungai.

Pada konstruksi bahan bangunan pasir digunakan sebagai agregat halus dalam campuran beton, bahan spesi perekat pasangan bata maupun keramik, pasir urug, *screed* lantai, dll. Menurut standar nasional (SK SNI-S-04-1989-F© pasir yang baik untuk sebuah konstruksi adalah sebagai berikut :

1. Agregat halus terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
2. Butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
3. Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5%, apabila melebihi agregat halus harus dicuci.
4. Agregat halus tidak banyak mengandung zat organik.
5. Modulus halus butir antara 1,5 – 3,8 dengan variasi butir sesuai standar gradasi.

### 3.6 Permeabilitas

Permeabilitas ini merupakan suatu ukuran kemudahan aliran melalui suatu media poros. Secara kuantitatif permeabilitas diberi batasan dengan koefisien permeabilitas. Beberapa faktor yang mempengaruhi permeabilitas di antaranya tekstur tanah, bahan

organik tanah, kerapatan massa tanah (bulk density), kerapatan partikel tanah (particle density), porositas tanah, dan kedalaman efektif tanah (Hanafiah, 2005).

Di dalam sifat tanah, sifat aliran mungkin laminar atau turbulen. Tahanan terhadap aliran bergantung pada jenis tanah, ukuran butiran, bentuk butiran, rapat massa, serta bentuk geometri rongga pori. Tempertur juga sangat memengaruhi tahanan aliran. Walaupun secara teoritis, semua jenis tanah mempunyai rongga pori, dalam kenyataannya istilah untuk tanah yang mudah meloloskan air (permeable) dimaksudkan untuk tanah yang memang benar-benar mempunyai sifat meloloskan air. Sebaliknya, tanah disebut kedap air (impermeable), bila tanah tersebut mempunyai kemampuan meloloskan air yang sangat kecil. (Hardiyatmo, Hary Christady. 2012) Tanah adalah granul struktur yang membentuk pori-pori yang saling berhubungan. Kemampuan air untuk menembus tanah media dilambangkan sebagai koefisien permeabilitas ( $k$ ). Untuk menentukan koefisien permeabilitas, yaitu metode dengan constant head dan falling head.

Debit rembesan dapat dihitung dengan persamaan :

$$q = k \frac{h}{L} A = -a \frac{dh}{dt} \quad (1)$$

$$dt = \frac{aL}{Ak} \left( -\frac{dh}{h} \right) \quad (2)$$

Hasil integral dari persamaan tersebut:

$$t = \frac{aL}{Ak} \log_e \frac{h_1}{h_2} \quad (3)$$

$$K = 2,303 \frac{aL}{At} \log \frac{h_1}{h_2} \quad (4)$$

Suhu air yang digunakan pada pengujian permeabilitas ini yaitu menggunakan suhu ruangan 26°. Untuk data hasil pengujian permeabilitas dapat interpretasikan dengan menggunakan tabel interpretasi sebagai berikut:

Suhu air harus sesuai dengan standar ketetapan, biasanya dinyatakan dalam suhu 20°C dan berat volume air selama percobaan dianggap tetap ( $\gamma_w(T1) \approx \gamma_w(T2)$ ),

sehingga persamaannya menjadi  $k_{20^\circ C} = \left( \frac{\eta_{T^\circ C}}{\eta_{20^\circ C}} \right) k_{T^\circ C}$ .

**Tabel 3.2** variasi nilai  $\eta_{T^\circ C} / \eta_{20^\circ C}$

Temperature, T (°C)	$\eta_{T^\circ C} / \eta_{20^\circ C}$	Temperature, T (°C)	$\eta_{T^\circ C} / \eta_{20^\circ C}$
15	1.135	23	0.931
16	1.106	24	0.910
17	1.077	25	0.889
18	1.051	26	0.869
19	1.025	27	0.850
20	1.000	28	0.832
21	0.976	29	0.814
22	0.953	30	0.797

Berikut adalah tabel untuk menentukan keterangan dan simbol angka kelas laju permeabilitas

**Tabel 3.3** kelas laju permeabilitas tanah

Keterangan	Laju Permeabilitas cm/jam	Simbol angka
Sangat Lambat	< 0,13	1
Lambat	0,13 – 0,51	2
Agak Lambat	0,51 – 2,00	3
Sedang	2,00 – 6,35	4
Agak Cepat	6,35 – 12,70	5
Cepat	12,70 – 25,40	6
Sangat Cepat	> 25,40	7

### 3.7 Bio-Grouting dan Bakteri *Bacillus Subtilis*

*Bio-grouting* adalah metode stabilisasi ramah lingkungan baru untuk menstabilkan tanah lunak dengan menerapkan mikro organisme. Mikro organisme menghasilkan  $\text{CaCO}_3$ , yang mengisi kekosongan partikel tanah dan mengikat partikel. Karya ini mempelajari *bio-grouting* dari tanah organik tropis plastisitas tinggi yang menggunakan bakteri *Bacillus subtilis*.

*Bacillus* adalah bakteri berbentuk batang gram positif dengan suhu optimal untuk pertumbuhan antara 25-35 ° C. Meskipun *Bacillus* dianggap aerobik yang ketat, ditemukan kemudian bahwa mereka dapat hidup secara anaerob dalam kondisi yang ditentukan. *Bacillus* secara alami ditemukan di tanah, mereka berkoloni pada sistem akar dan bersaing dengan mikroorganisme lain seperti jamur. *Bacillus subtilis* dikenal aman diaplikasikan pada produk makanan sebagai probiotik dan bagian dari bahan makanan. Dalam kondisi yang keras, *Bacillus* dapat membentuk endospora yang tahan stres sebagai mekanisme pertahanan. Spora tahan terhadap paparan panas, radiasi, bahan kimia, dan tahan pengeringan.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau



## BAB IV METODE PENELITIAN

### 4.1 Umum

Metodologi penelitian tugas akhir ini bersifat eksperimen (*research*). pada bab ini di jelaskan metode penelitian yang mencakup lokasi, alat, bahan, tahapan penelitian, serta prosedur dari pengujian pendahuluan dan pengujian utama. Dimana pengujian pendahuluan merupakan pengujian sifat fisik pada tanah gambut, dan pengujian utama merupakan pengujian permeabilitas tanah gambut yang telah di tambahkan campuran pasir serta pengaplikasian *bio-grouting* menggunakan bakteri *bacillus subtilis*.

Metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen merupakan metode percobaan yang digunakan dalam mempelajari pengaruh suatu variabel terhadap variabel lain dalam kondisi yang diciptakan, seperti yang dikemukakan Fathoni (2006:99).

### 4.2 Pegujian *falling head*

Uji permeabilitas dengan tinggi energi turun (*falling head*) digunakan untuk tanah berbutir halus, pada gambar 4.1, menunjukkan prinsip uji permeabilitas dengan metode falling head tersebut. Tanah benda uji dimasukkan kedalam tabung, pipa pengukur didirikan diatas benda uji. Air dituangkan melalui pipa pengukur dan dibiarkan mengalir melewati benda uji.

### 4.3. Pelaksanaan Pengujian dan Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Gambut.

Penelitian yang bersifat eksperimen ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau, Pekanbaru, Riau, baik pada pengujian awal maupun pengujian utama. Sedangkan pengambilan sampel tanah gambut diambil di Kec. Dayun, Kab. Siak, Riau.

Bahan Pengujian

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Tanah gambut
2. Pasir
3. Bakteri *bacillus subtilis*

4. Urea
5.  $\text{CaCl}_2$
6. Air

1. Tanah Gambut

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah gambut dalam kondisi terganggu, dimana sampel tersebut diambil pada kedalaman  $\pm 50 \text{ cm}$  dari permukaan tanah atas dengan menggunakan cangkul, kemudian sampel tanah tersebut dibawa ke laboratorium untuk dikeringkan dengan cara menjemur dengan sinar matahari secara terbuka, kemudian sampel tanah diayak hingga lolos saringan no.4 sampel tanah gambut digunakan sebagai bahan utama dalam pengujian pendahuluan dan pengujian utama permeabilitas.



**Gambar 4.1** tanah gambut

2. Pasir

Pasir adalah butiran yang terdiri dari partikel batuan dan mineral yang terpecah halus. Pasir yang digunakan pasir lolos saringan no.16 (1,2mm) untuk digunakan pada pencampuran pasir pada sampel uji. Pasir digunakan sebagai bahan campuran pada saat pengujian utama yaitu pengujian permeabilitas.



**Gambar 4.2** pasir

### 3. Bakteri

Bakteri yang digunakan untuk campuran larutan sementasi berasal dari laboratorium Pertanian Universitas Islam Riau. Digunakan sebagai bahan campuran pada pengujian utama yaitu pengujian permeabilitas yang di injeksikan kedalam sampel tanah uji.



**Gambar 4.3** bahan bakteri *bacillus subtilis*

### 4. Urea

Urea adalah senyawa kimia mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi. Unsur Nitrogen merupakan zat hara yang sangat diperlukan tanaman. Urea berbentuk butir-butir berwarna putih. Urea dengan rumus kimia  $\text{NH}_2\text{CONH}_2$  merupakan produk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat mudah menghisap air (higroskopis), karena itu sebaiknya disimpan ditempat yang kering dan tertutup rapat. Urea mengandung unsur hara N sebesar 46% dengan pengertian setiap 100 kg mengandung 46 kg Nitrogen, Moisture 0,5%, Kadar Biuret 1%, ukuran

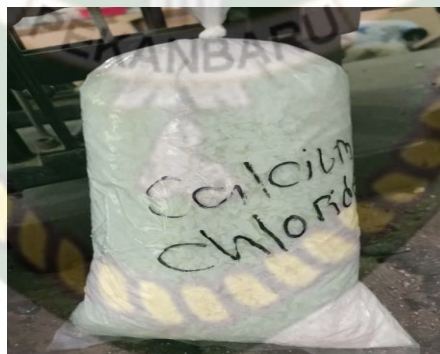
3,35MM 90% Min serta berbentuk Prill. Urea digunakan pada pembuatan larutan sementasi. Standar urea SNI-02-2801-1998. Digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan larutan sementasi.



**Gambar 4.4** bahan Urea

#### 5. $\text{CaCl}_2$ (*Calcium Chloride*)

Merupakan senyawa kimia yang digunakan sebagai bahan stabilisasi tanah yang mudah larut dalam air dan mampu mengalirkan arus listrik dengan cukup baik dan juga mampu mengikat partikel tanah.  $\text{CaCl}_2$  digunakan pada pembuatan larutan sementasi. Digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan larutan sementasi.



**Gambar 4.5** bahan  $\text{CaCl}_2$

### 4.4 Peralatan pengujian

Adapun peralatan yang digunakan pada pengujian ini disesuaikan dengan ketersediaan peralatan yang ada di laboratorium Teknil Sipil Universitas Islam Riau.

#### 4.4.1 Peralatan Pengujian Pendahuluan

Berikut adalah alat-alat yang digunakan untuk pengujian sifat tanah:



1. Peralatan uji kadar air (*moisture concent*)

a. cawan

Wadah kecil berbahan alumunium yang digunakan untuk sebagai tempat sampel pengujian.



**Gambar 4.6** alat cawan

b. Timbangan.

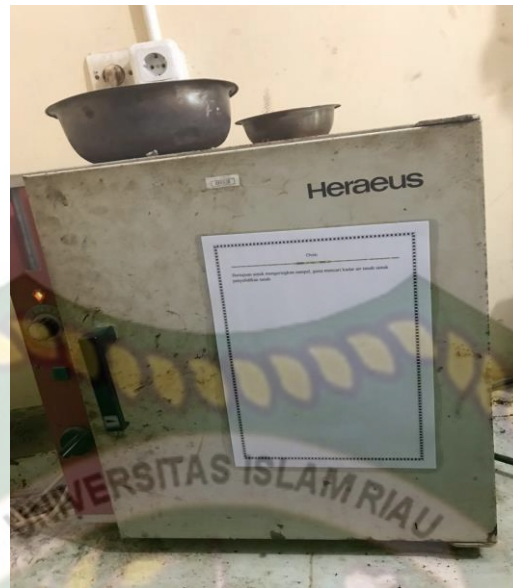
Timbangan merupakan alat yang digunakan sebagai pengukuran untuk mengukur suatu berat atau beban maupun massa pada suatu zat. Digunakan untuk menentukan berat sampel pengujian.



**Gambar 4.7** alat Timbangan

c. Oven dengan pengatur suhu.

sebuah peralatan berupa ruang termal terisolasi yang digunakan untuk pemanasan, pemanggangan (*baking*) atau pengeringan suatu bahan. Digunakan untuk pengujian kadar air sampel benda uji.



**Gambar 4.8** alat oven dengan pengatur suhu

2. Peralatan uji berat jenis.

- a. Piknometer untuk mengukur nilai berat jenis dengan kapasitas minimum 100ml.
- b. Timbangan digital digunakan untuk menentukan berat.



**Gambar 4.9** piknometer dan timbangan digital

c. Kompor gas.

Kompor gas adalah merupakan perabotan dapur untuk memasak yang menggunakan tenaga dari cairan gas di dalam tabung. Digunakan untuk pengujian berat jenis menggunakan piknometer.



**Gambar 4.10** kompor gas

4. Botol air suling.

Digunakan untuk menambahkan air ke dalam piknometer pada saat pengujian berat jenis.



**Gambar 4.11** alat botol air suling

3. Peralatan uji pemadatan (*proctor test*),

Alat-alat yang digunakan adalah :

- a. Mold pemadatan  $\varnothing$  4 sebagai dinding wadah pencetakan
- b. Palu pemadatan standar dengan berat 2,45 kg (5,5 Ib) sebagai alat untuk pemadatan
- c. *Extruder mold* untuk alat pemadatan dan mengunci mold atas dan mold bawah



- d. Pisau pemotong untuk memotong sampel yang berlebih dari permukaan mold
- e. Palu karet untuk memadatkan mold atas dan bawah
- f. Kantong plastik untuk sebagai wadah sampel sesudah dan sebelum di padatkan
- g. Cawan sebagai wadah sampel uji
- h. Spatula untuk pengadukan sampel tanah yang di tambahkan air
- i. Gelas ukuran 1000 ml untuk mengukur jumlah air
- j. Saringan no.4 untuk menyaring sampel tanah agak terbebas dari sampah organik.



**Gambar 4.12** alat uji pemadatan (*proctor test*)

#### 4.4.2 Peralatan pengujian utama Permeabilitas



**Gambar 4.13** Alat Uji Permeabilitas *Falling Head*



1. Stopwatch digunakan untuk pengukuran durasi waktu air menetes.
2. Pipet tetes 10ml digunakan mengambil air dengan yang debit kecil.
3. Air sebagai alat uji laju permeabilitas
4. Penggaris
5. Alat uji permeabilitas (*falling head*)
6. Timbangan digital
7. Gelas ukur 100ml
8. Cawan
9. Sendok
10. alat penumbuk berbentuk silinder dengan berat 797,8gr
11. thermometer suhu

#### 4.5 Tahapan penelitian

##### a. Persiapkan alat dan bahan

alat dan bahan yang harus disiapkan adalah alat uji permeabilitas (*falling head*), tanah gambut, bakteri *bacillus subtilis*, pasir lolos saringan 16 (1,18mm), air, gelas ukur 100ml, timbangan digital, alat penumbuk, cawan dan sendok.

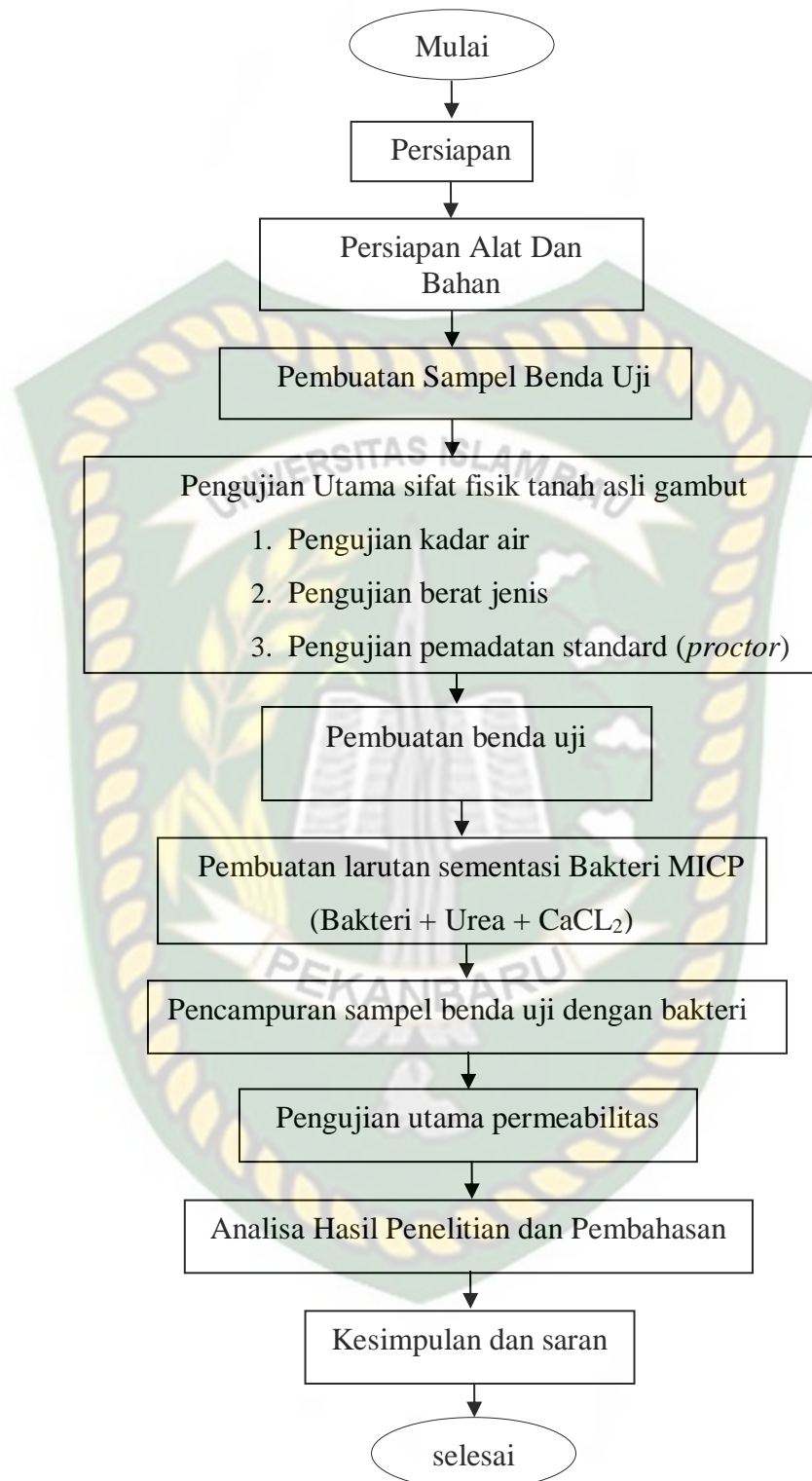
##### b. Pembuatan larutan sementasi

Larutan ini terdiri dari campuran Urea dan CaCl yang digunakan oleh bakteri untuk menghasilkan  $\text{CaCO}_3$  (*Calcium carbonat*) dengan komposisi Urea,  $\text{CaCl}_2$ , bakteri *bacillus subtilis*, dan air. Berikut adalah diagram alir penelitian.

Pada proses ini dilakukan pencampuran dengan bakteri *bacillus subtilis*.

Bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. Bakteri *bacillus subtilis*
2. Urea
3. CaCl
4. Air



Gambar.4.14 Diagram alir penelitian

#### 4.5.1. Pengujian pendahuluan

Pengujian pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat fisik tanah, bertujuan untuk memastikan kondisi tanah agar sesuai dengan kondisi tanah di lapangan. Berikut pengujian pendahuluan yang akan dilaksanakan:

1. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-98), dilakukan untuk mengetahui berat air terhadap berat tanah kering.
2. Berat isi dan angka pori, dilakukan untuk mendapatkan nilai kepadatan serta perbandingan pori-pori dalam tanah, kondisi berat tanah asli yang diperoleh dari lapangan digunakan sebagai acuan kepadatan.
3. Pemeriksaan berat jenis (ASTM D 854-02), dilakukan untuk mendapatkan berat jenis tanah yang merupakan perbandingan berat tanah terhadap berat air.
4. Uji sifat mekanis tanah dilakukan dengan uji pemadatan / *Proctor Test* (ASTM D 698), pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan kadar air optimum dan kepadatan maksimum, kemudian data tersebut digunakan sebagai pebanding terhadap kepadatan tanah dalam pengujian.

##### 1. Kadar air (*Moisture Content*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir

kering tanah tersebut yang dinyatakan dalam persen. Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98

Peralatan yang digunakan:

- a. Cawan satuan gram (gr)
- b. Sampel tanah
- c. oven

##### 2. Berat Volume (*Moist Unit Weight*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat volume tanah basah dalam keadaan asli (*undisturbed sample*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah. Pengujian berdasarkan ASTM D 2167.

Peralatan:

- a. Cawan
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- c. Sampel tanah

### 3. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu.

Peralatan :

- a. Picnometer no A9
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

### 4. Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)

Tujuan pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan.

Peralatan :

- a. Saringan (*sieve*) 1 set.
- b. Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.

#### 4.5.2 Prosedur Pengujian Utama

1. Pengujian permeabilitas tanah yaitu pengujian durasi waktu air mengalir per 2 menit awal sebanyak 5 kali bacaan jumlah air yang mengalir kedalam sampel uji dan perhitungan waktu hingga air menetes permukaan pada tutup alat uji permeabilitas *falling head*.

2. Pembuatan sampel yang akan di uji pada alat permeabilitas (*falling head*) dengan mencetak sampel menggunakan tabung alat uji permeabilitas (*falling head*) setelah sampel dicetak sampel di diamkan selama semalaman guna membuat nya jenuh air, tujuannya agar seluruh pori-pori udara yang ada didalam sampel terisi oleh air.

dibutuhkan 3 varian sampel uji yaitu :

- 1. Tabung ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan berat sampel setelah di padatkan, selanjutnya sampel tanah kering di timbang dengan berat



146,1gr dicampurkan dengan air sebanyak 123,9 ml, lalu di aduk rata, setelah tercampur rata sampel di masukan kedalam tabung lalu padatkan dengan 25 tumbukan setiap lapis nya sebanyak 3 lapis. Lalu sampel di timbang untuk menentukan berat sampel uji di kurang dengan berat tabung. Lalu letakan sampel kedalam alat uji yang telah di isi air 100ml.

2. sampel tanah kering di timbang dengan berat 138,8gr dicampurkan dengan pasir 5% 7,3gr dari berat tanah kering awal dan air sebanyak 123,9 ml, lalu di aduk rata, jumlah berat tanah kering berkurang karena di gantikan dengan berat pasir 5% 7,3gr, tujuannya agar berat dan tinggi sampel di dalam tabung sama. Setelah tercampur rata sampel di masukan kedalam tabung lalu padatkan dengan 25 tumbukan setiap lapis nya sebanyak 3 lapis. Lalu letakan sampel kedalam alat uji yang telah di isi air 100ml.

3. sampel tanah kering di timbang dengan berat 138,8gr dicampurkan dengan pasir 5% 7,3gr dari berat tanah kering awal, bakteri 25% 64,45ml dari berat sampel dan air sebanyak 59,45 ml, lalu di aduk rata, kadar air berkurang dari kadar air sebelumnya di karena kan digantikan dengan jumlah bakteri 25% 64,45ml lalu di tambahkan air 59,45ml agar jumlah air dari setiap sampel sama begitu juga dengan berat dan tinggi sampel nya. Setelah tercampur rata sampel di masukan kedalam tabung lalu padatkan dengan 25 tumbukan setiap lapis nya sebanyak 3 lapis. Lalu letakan sampel kedalam alat uji yang telah di isi air 100ml.

#### 4.5.3. Analisa Data

##### 1. Pengolahan Data

Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari penelitian yang dilakukan diolah, kemudian hasil dari penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan dibuat grafik.

##### 2. Analisis Data

Dari rangkaian pengujian-pengujian yang dilaksanakan dilaboratorium, maka :

- a. Dari pengujian kadar air sampel tanah, diperoleh nilai kadar air tanah dalam persentase.
- b. Dari pengujian berat jenis sampel tanah, diperoleh berat jenis tanah.
- c. Dari pengujian analisis saringan (*sieve analysis*), diperoleh persentase pembagian ukuran butiran tanah.

#### 4.6 Pelaksanaan pengujian

Sebelum dilakukannya pengujian pendahuluan dan pengujian utama, langkah pertama yang dikerjakan adalah pengambilan sampel tanah gambut di Kec. Dayun, Kab. Siak, Riau. Pengujian dilakukan sesuai pada aturan – aturan standar seperti yang ditetapkan ASTM. Oleh sebab itu pada prosedur pengujian ini dijelaskan tentang prosedur pengujian pendahuluan serta pengujian utama. Pada penelitian ini, pengujian pendahuluan dilakukan sebagai acuan atau tolak ukur pada pengujian utama.

##### 4.6.1 pengujian pendahuluan

Pengujian pendahuluan ini dilakukan dengan mengambil sampel tanah gambut yang telah tersedia atau yang akan digunakan sesuai keperluan pengujian yang akan dilaksanakan. Berikut ini adalah prosedur pengujian pendahuluan:

1. Pengujian kadar air (ASTM D 2216-98). Tanah dalam kondisi yang basah dari lapangan dimasukkan ke dalam wadah, kemudian tanah tersebut ditimbang, lalu dimasukkan kedalam *oven* selama  $\pm 24$  jam dengan suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Setelah dibiarkan didalam *oven* untuk menunggu proses pengeringan, lalu tanah tersebut ditimbang lagi, tahap selanjutnya dilakukan proses membandingkan berat air dengan berat tanah kering.

Prosedur pelaksanaanya yaitu (Laboratorium Mekanika Tanah, 2016) :

- a. Tanah yang akan diperiksa di tempatkan dalam cawan yang bersih, kering yang telah diketahui beratnya
- b. Cawan dan isinya kemudian ditimbang dan beratnya dicatat
- c. Cawan dimasukkan kedalam oven pengering hingga berat contoh tanah konstan (24 jam) oven suhu  $80^{\circ}\text{C}$
- d. Cawan dan isinya kemudian didinginkan
- e. Setelah dingin, ditimbang dan beratnya dicatat.



**Gambar 4.15** pengujian kadar air sampel tanah asli

2. Pengujian berat spesifik (ASTM D 854-2). Sampel tanah diambil secukupnya untuk dimasukkan kedalam *oven* selama  $\pm 24$  jam dengan suhu  $80^{\circ}\text{C}$ . Tanah yang sudah kering akibat proses di *oven* tadi, lalu disaring menggunakan saringan no. 4 dan diambil secukupnya. Kemudian tanah diambil secukupnya dimasukkan kedalam piknometer 50 ml dan ditimbang beratnya. Pada piknometer tersebut ditambahkan air hingga tanah terendam. Untuk mengangkat udara dalam pori-pori tanah, sampel uji dipanaskan diatas pasir dengan menggunakan kompor listrik. Setelah udara dalam pori tanah menghilang, lalu ditambahkan air hingga ke bibir piknometer, lalu ditimbang.

Prosedur pelaksanaan (laboraturium mekanika tanah, 2016) :

- a. Benda uji
  1. Benda uji dipersiapkan dan dioven sampai kering dengan berat tidak boleh kurang dari 50 gram
  2. Contoh didapat dengan menyaring tanah dengan saringan no.40
  3. Benda uji dikeringkan dengan oven pada suhu 105-1100 C
- b. Cara pelaksanaan
  1. Cuci piknometer dengan air suling dan keringkan. Timbang piknometer dan tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram ( $W_1$ )
  2. Masukkan benda uji kedalam piknometer dan timbang bersama tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram ( $W_2$ )
  3. Tambahkan air suling sehingga piknometer terisi  $2/3$  untuk bahan yang mengandung lebung diamkan benda uji terendam selama sedikitnya 24 jam.



4. Didihkan piknometer dengan hati-hati selama minimal 10 menit, ketika pemanasan sedang berlangsung miringkan botol sekali-kali untuk mempercepat pengeluaran udara yang tersekap
5. Isi piknometer dengan air suling, biarkan piknometer beserta isinya untuk mencapai suhu konstan (24 jam) didalam bejana air atau dalam kamar.
6. Sesudah suhu konstan tambahkan air suling seperlunya sampai batas, tutuplah piknometer, keringkan bagian luarnya dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram ( $W_3$ ),ukur suhu dan piknomter dengan ketelitian 10 celcius
7. Bila isi piknometer belum diketahui maka tentukan isi sebagai berikut kosongkan piknometer dan bersihkan,isi piknometer dengan air suling yang suhu nya sama dengan suhu pada C dengan ketelitin 10C dan pasang tutupnya, keringkan bagian luarnya dari piknometer dan timbang dengan ketelitian 0,01 gram dan koreksi terhadap suhu.

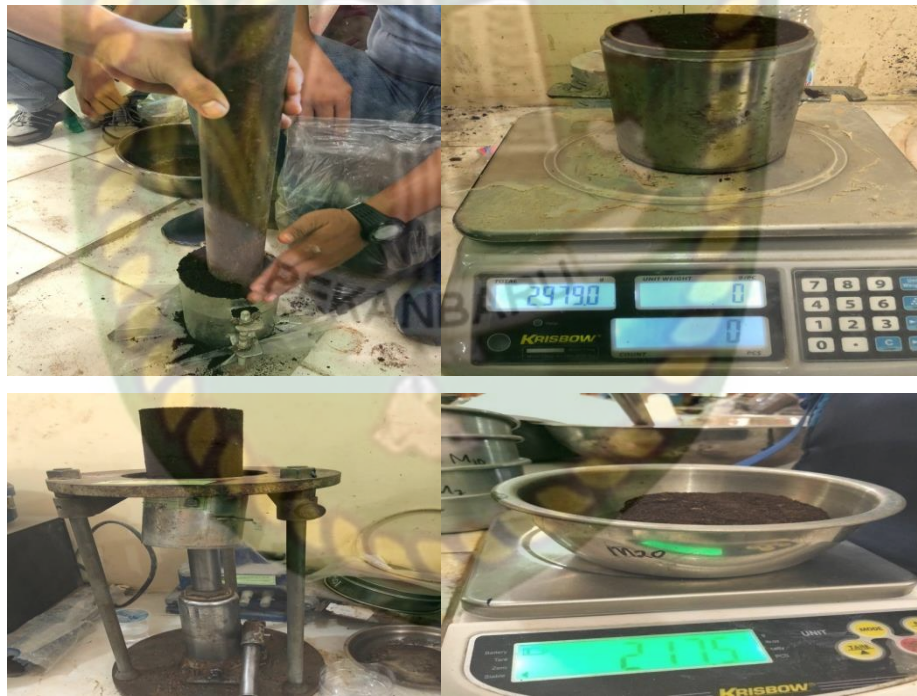


**Gambar 4.16** pengujian berat jenis

3. Uji sifat mekanis tanah dilakukan dengan Uji Pemadatan / *Proctor Test* (ASTM D 698). Sampel tanah yang sudah dikeringkan dengan dijemur panas matahari, ditimbang dengan berat 1,5kg persampel, dibuat sebanyak 5 sampel. Kemudian



ditambahkan air pada tanah dan diaduk rata, lalu tanah tersebut di diamkan selama 24 jam guna untuk air meresap rata keseluruhan tanah. Proses pemadatan dilakukan pada *mold proctor* dan ditumbuk 25 kali per lapisan, lapisan ini dibuat sebanyak 3 lapis menggunakan alat penumbuk. Setelah dipadatkan diambil sampel dari tanah pada bagian atas, tengah dan bawah sampel lalu letakkan di dalam cawan. Lalu cawan yang berisi sampel tanah ditimbang terlebih dahulu, lalu masukkan kedalam oven dan didiamkan selama 24 jam. Setelah 24 jam sampel dikeluarkan dari oven lalu ditimbang kembali. Perbedaan berat sampel sebelum dan sesudah di oven adalah kadar air yang terkandung di dalam sampel. Pemeriksaan ini diulang dengan kadar air yang bervariasi. Data yang diperoleh adalah berat volume basah, kadar air dan volume kering. Dari data tersebut kemudian dicari kadar air optimum dan berat volume kering maksimum.



**Gambar 4.17** pengujian pemadatan (*proctor*)

#### 4.6.2 pembuatan larutan sementasi

Larutan sementasi ini merupakan larutan campuran dari Urea dan  $\text{CaCl}_2$  yang digunakan oleh bakteri untuk menghasilkan  $\text{CaCO}_3$  (*Calcium Carbonat*).

Untuk pembuatan larutan sementasi harus disiapkan alat-alat dan bahannya, alat-alat yang dipakai yaitu, cawan, sendok, timbangan digital, wadah botol aqua, tabung piknometer, gelas ukur, cerocok dan kertas saring. Sedangkan untuk bahannya adalah bakteri,  $\text{CaCl}_2$ , urea, dan air

**Tabel 4.1** Material campuran larutan sementasi

NO	BAHAN	JUMLAH
1	Bakteri	10 ml
2	Urea	1000 gr
3	Cacl2	10 gr
4	Air	50 ml

##### 1. Pembuatan larutan Urea.

Langkah pertama adalah air diambil dengan jumlah 50 ml dan dimasukkan kedalam wadah, kemudian Urea diambil dan ditimbang seberat 1000gr. Lalu urea yang telah ditimbang sebesar 1000gr dimasukkan kedalam wadah yang sudah disediakan air sebanyak 50 ml, urea tersebut diaduk agar kemudian larut pada air tersebut.

##### 2. Pembuatan larutan $\text{CaCl}_2$

Sama dengan proses pembuatan Urea, langkah pertama untuk pembuatan larutan  $\text{CaCl}_2$  adalah dengan mengambil air sebanyak 50 ml dan dimasukkan kedalam wadah, kemudian  $\text{CaCl}_2$  diambil dan ditimbang seberat 10gr. Lalu  $\text{CaCl}_2$  yang telah ditimbang sebesar 10gr tadi dimasukkan kedalam wadah yang sudah ada air sebanyak 50 ml,  $\text{CaCl}_2$  tersebut diaduk agar kemudian larut pada air tersebut.

### 3. Larutan Bakteri *Bacillus Subtilis*

Pada proses ini disiapkan air sebanyak 50 ml dan dimasukkan kedalam wadah, kemudian bakteri *bacillus subtilis* diambil dan ditakar sebanyak 10 ml, lalu air sebanyak 50 ml dan bakteri sebanyak 10 ml ini dicampurkan dengan cara diaduk.

Tahap selanjutnya adalah larutan Urea, larutan  $\text{CaCl}_2$  dan larutan Bakteri kemudian dicampurkan dan atau diaduk didalam tabung erlemeyer. Setelah ketiga bahan tersebut dicampurkan dan menjadi sebuah larutan, lalu larutan ini disaring menggunakan kertas saringan. Kertas saringan ini lalu ditimbang berat bersihnya agar mendapatkan berat larutan hasil saringan tersebut, larutan yang sudah disaring kemudian dicampurkan dengan air. Komposisinya adalah, pada setiap 250 ml air, dicampurkan 0,1 gram larutan yang sudah tersaring tersebut. Hasil dari pencampuran air sebanyak 250 ml dan larutan hasil saringan seberat 0,1 gram ini adalah larutan sementasi *Bio-Grouting* tersebut.



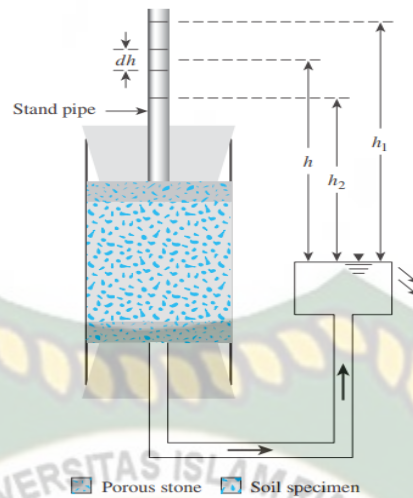
**Gambar 4.18** proses penyaringan larutan sementasi

#### 4.6.3 pengujian utama

Pada pengujian utama ini adalah pengujian permeabilitas *falling head* (ASTM D5084). Dilakukan setelah seluruh pengujian utama dan pembuatan larutan sementasi telah selesai dilakukan.

Dilaboratorium Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Riau dilakukan pembuatan sampel uji tanpa campuran, dengan campuran pasir dan dengan campuran pasir dan bakteri 25%. Tanah dengan pasir untuk sampel sebanyak 5% dari berat tanah kering jemur matahari.





**Gambar 4.19** skema alat uji permeabilitas (*falling head*)

Untuk pengujian permeabilitas ini, sampel tanah gambut yang dibutuhkan adalah sebanyak 3 varian sampel.

Alat uji berbentuk silinder, ukuran silinder alat uji dengan tinggi 17,5cm, diameter 6,5cm.

Skema alat uji *falling head* yaitu air di alirkan melalui buret, lalu di alirkan kedalam silinder yang telah diisi oleh sampel uji yang telah di jenuh kan selama 24jam, lalu buka kran pada alat uji dan biarkan air mengalir hingga tetes permukaan. Suhu air yang digunakan pada saat pengujian menggunakan suhu ruangan 28°C.



**Gambar 4.20** proses pencampuran sampel uji





**Gambar 4.21** proses memasukan sampel uji ke dalam silinder



**Gambar 4.22** proses pemasangan silinder alat uji permeabilitas (*falling head*)



**Gambar 4.23** proses pemeraman sampel agar jenuh air.



**Gambar 4.24** Pembacaan setelah proses penjuhan sampel.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Umum

Pada bab ini diuraikan hasil penelitian pengujian pendahuluan berupa pengujian kadar air tanah asli dengan standar (ASTM D 2216-98), berat spesifik (Gs) dengan standar (ASTM D 854-02), pengujian pemadatan / *proctor test* (ASTM D 698) dengan skala Laboratorium Mekanika Tanah Laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau dan pengaruh penambahan campuran pasir dan larutan sementasi bakteri dengan menggunakan metode *bio-grouting* pada pengujian permeabilitas tanah gambut dengan metode *falling head* (ASTM D 5084).

#### 5.2 Pendahuluan

Sebelum dilakukannya pengujian permeabilitas tanah gambut, terlebih dahulu dilakukan pengujian pendahuluan diantaranya adalah pengujian kadar air tanah asli, berat spesifik (Gs), dan pengujian pemadatan / *proctor test*. Setelah dilakukan pengujian, maka dapat diketahui sifat-sifat fisik tanah gambut antara lain kandungan bahan organik yang tinggi karena tanah berasal dari sisi tanaman mati dalam keadaan lembab maupun penggenangan permanen dan berat isi atau bulk desity sangat rendah sehingga dalam keadaan kering konsistensinya sangat lepas. berdasarkan lingkungannya termasuk gambut sungai, secara letak dalam pengambilan tanah gambut asli yang telah diuji diklasifikasi gambut secara iklim termasuk gambut tropis, dan berdasarkan urutan pembentukan termasuk gambut topogen.

##### 5.2.1 Kadar air tanah asli

Pengujian kadar air ini dilakukan sesuai dengan prosedur pada ASTM D2216-98. Hasil dari pengujian kadar air yang dilakukan pada tanah uji didapatkan nilai kadar air sebesar 407,5%. Hal ini disebabkan karena tanah asli yang diuji terdiri dari kandungan serat organik (gambut) yang dapat menyerap air sangat banyak sehingga mengandung kadar air yang tinggi, menurut Pusat Litbang Prasarana Transportasi adapun nilai kadar air gambut berkisar antara 200% hingga mencapai 900%. Berikut adalah tabel pengujian kadar air.

**Tabel.5.1** Data pengujian kadar air (ASTM D2216-98)

HURUF	KETERANGAN	SATUAN	M7	M21
A	BERAT CAWAN	gr	63.2	62.7
B	BERAT CAWAN + TANAH BASAH	gr	167.1	155.9
C	BERAT CAWAN + TANAH KERING	gr	84.1	80.7
D	BERAT AIR (B-C)	gr	83	75.2
E	BERAT TANAH KERING (C-A)	gr	20.9	18
F	KADAR AIR (D/E x 100%)	%	397.129	417.778
G	KADAR AIR RATA-RATA		407.4534822	

### 5.2.2 Berat spesifik (Gs)

Pengujian Berat Spesifik (*Specific Gravity*) ini dilakukan sesuai dengan ASTM D 854-02. Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap tanah asli, nilai berat spesifik (Gs) tanah yang digunakan adalah sebesar 0,544. Nilai berat spesifik (Gs) diakibatkan karena adanya serat-serat kayu dan kandungan organik lainnya pada tanah gambut. Berikut adalah tabel pengujian berat jenis.

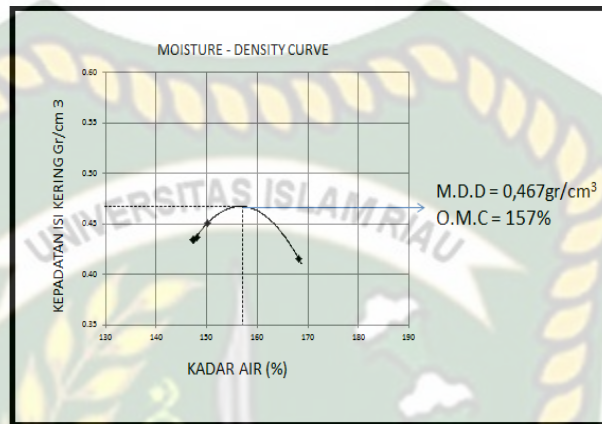
**Tabel.5.2** pengujian berat jenis (ASTM D 854-02)

1	Piknometer No.		A9
2	Mass of picnometer	$M_1$ gram	70.7
3	Mass of dry soil + picnometer	$M_2$ gram	78
4	Mass of dry soil + water + picnometer	$M_3$ gram	169
5	Mass of water + picnometer	$M_4$ gram	167.3
6	Temperature t°C		
7	$A = M_2 - M_1$		7.3
8	$B = M_3 - M_4$		1.7
9	$C = A - B$		5.6
10	Specific Gravity, $G_1 = A / C$		1.30



### 5.2.3 Pengujian pemadatan / *proctor test*

Pengujian pemadatan dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi kering maksimum ( $\gamma_d$  maks) tanah asli sebesar  $0,467 \text{ gr/cm}^3$  dan kadar air optimum (OMC) tanah asli sebesar 157 %. Grafik Hubungan berat volume kering dan kadar air dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.



**Gambar 5.1** Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air

Tingginya nilai kadar air optimum (OMC) disebabkan besarnya pori-pori tanah karena tanah terdiri dari serat-serat tumbuhan (organik) menyebabkan tanah menyerap banyak air untuk mencapai kepadatan yang optimum. Kadar air optimum (OMC) yang didapat dari pengujian pemadatan pada tanah asli ini dijadikan pembanding terhadap kondisi tanah yang digunakan pada pengujian permodelan. sesuai dengan berat volume kering yang didapat maka klasifikasi gambut berdasarkan berat volume kering pada tingkat pelapukannya atau dekomposisi  $> 0,2 \text{ gr/cm}^3$  (Mutalib, et al.,1991) tanah gambut yang berasal dari siak ini dikategorikan termasuk gambut *saprik* karena disebabkan pengaruh mineral tanah.

### 5.2.4 Sifat-sifat Tanah Gambut

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

**Table 5.3** Sifat-sifat Tanah Gambut

NO	Sifat-sifat	Besaran	Satuan
1	Berat Spesifik, $G_s$	1,3	-
2	Kadar Air, $w$	407,5	%
3	Berat Isi Kering Maksimum ( $\gamma_d$ maks)	0,467	Gr/cm <sup>3</sup>
4	Kadar Air optimum (OMC)	157	%

### 5.3 Pengujian Permeabilitas Tanah Gambut Dengan Campuran Pasir dan Bakteri *Bacillus Subtilis*.

Pengujian Permeabilitas ini menggunakan metode *falling head* dengan cara mencampurkan bakteri *bacillus subtilis* yang dibuat menjadi sebuah larutan (larutan sementasi) dengan tanah gambut yang telah dicampur pasir. Persentase pasir pada sampel benda uji ini adalah sebanyak 5% dari berat sampel tanah gambut. Sampel yang akan di uji berjumlah 3 sampel yaitu, sampel tanah tanpa campuran, sampel tanah dengan campuran pasir 5% dan sampel tanah dengan campuran pasir 5% dan larutan sementasi bakteri 25% yang telah di jenuh kan sebelumnya sebelum pengujian. Tujuan penjenruhan sampel untuk mengeluarkan pori-pori udara yang ada di dalam sampel.

Setelah pengujian selesai dilaksanakan, di dapatkan jumlah air per 2 menit awal sampel uji dari masing masing sampel, dan lama durasi waktu air menetes. Untuk data jumlah air per 2 menit awal tiap sampel dapat di lihat pada tabel berikut ini :

**Tabel 5.4** data jumlah air per 2 menit awal sampel tanpa campuran

NO	Waktu (menit)	Jumlah air lolos (ml)
1	2	1,8
2	2	4,8
3	2	2

4	2	3,2
5	2	3,2

Data tabel 5.4 sampel tanpa campuran dalam waktu 10 menit mengalirkan air sebesar 15ml, untuk sampai penetesan puncak sampel tanpa campuran membutuhkan waktu selama 23 jam 50 menit.

**Tabel 5.5** data jumlah air per 2 menit awal sampel campuran pasir

NO	Waktu (menit)	Jumlah air lolos (ml)
1	2	3,6
2	2	3,4
3	2	3,4
4	2	3,1
5	2	2,9

Data tabel 5.5 sampel dengan campuran pasir dalam waktu 10 menit mengalirkan air sebesar 16,4ml, untuk sampai penetesan puncak sampel dengan campuran pasir membutuhkan waktu selama 23 jam 5 menit.

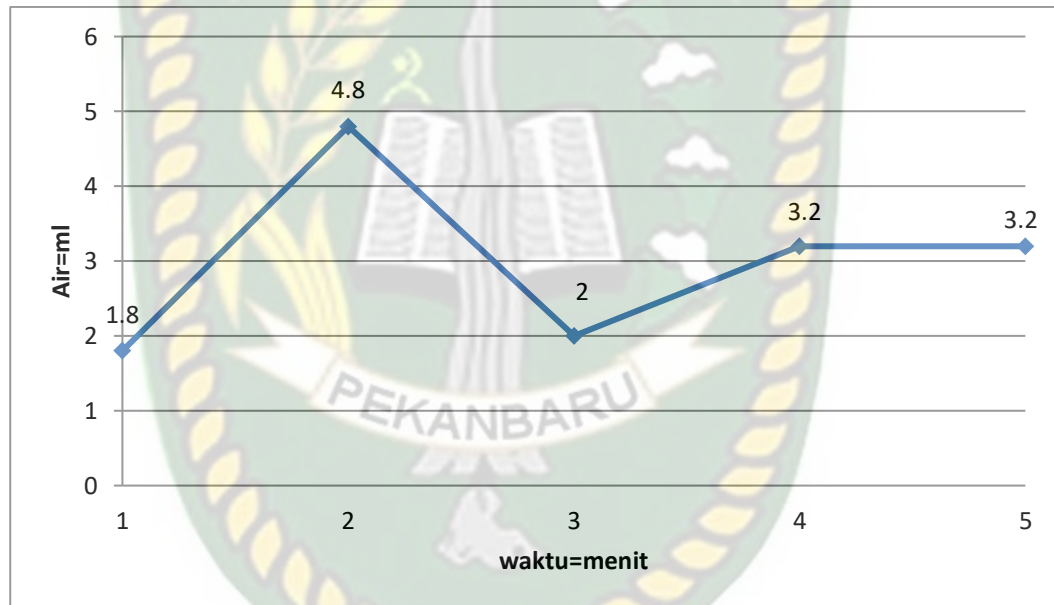
**Tabel 5.6** data jumlah air per 2 menit awal sampel campuran pasir dan 25% bakteri

NO	Waktu (menit)	Jumlah air lolos (ml)
1	2	18
2	2	6
3	2	4,2
4	2	3,8
5	2	3,8

Data tabel 5.6 sampel dengan campuran pasir dan 25% bakteri dalam waktu 10 menit mengalirkan air sebesar 35,8ml, untuk sampai penetesan puncak sampel

dengan campuran pasir dan bakteri 25% membutuhkan waktu selama 20 jam 53 menit.

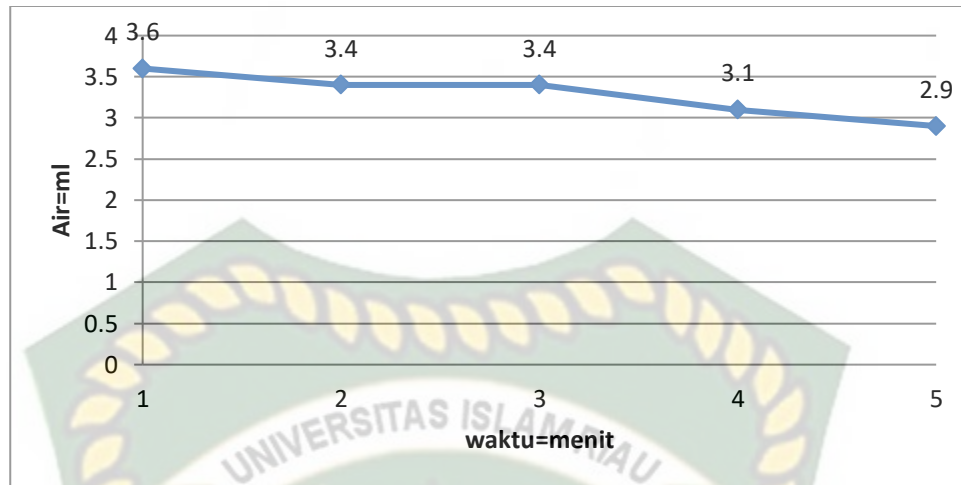
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa sampel tanpa campuran, dengan campuran pasir dan dengan campuran pasir dan 25% bakteri memiliki data yang berbeda, dimana data jumlah air per 2 menit awal sampel tanpa campuran memiliki durasi waktu menetes permukaan selama 23 jam 50 menit, data jumlah air per 2 menit awal sampel dengan campuran pasir memiliki durasi waktu menetes permukaan selama 23jam 5 menit,data jumlah air per 2 menit awal sampel dengan campuran pasir dan 25% bakteri memiliki durasi waktu menetes permukaan selama 20jam 53menit. Untuk perbedaan jumlah air lolos pada setiap 2 menit awal dapat pada tiap sampel dilihat pada gambar grafik berikut ini.



**Gambar 5.2** tanah asli lolos air per 2 menit awal

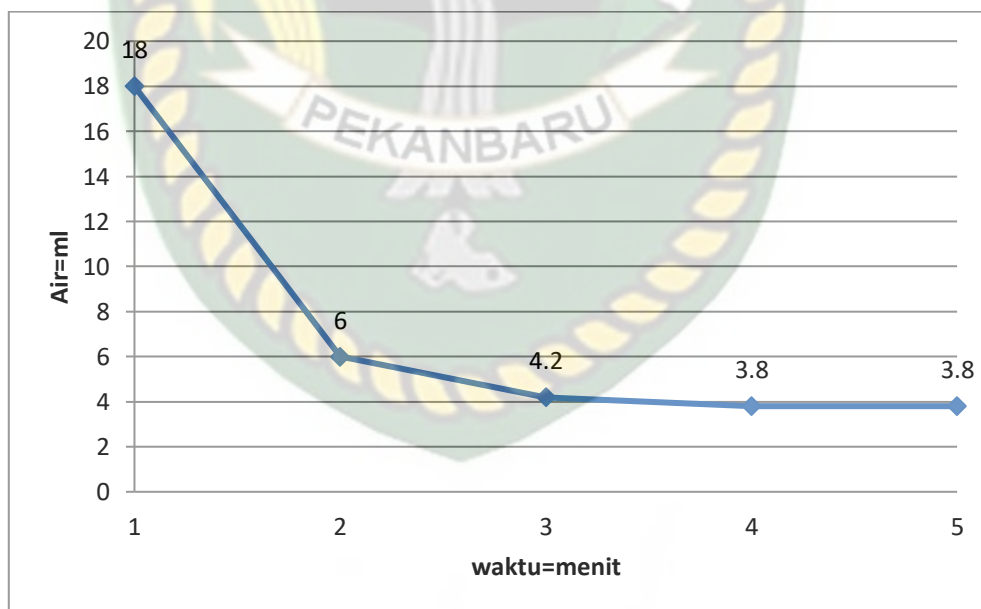
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa, pada 2 menit awal pada sampel tanah asli, jumlah lolos airnya sebesar 1,8ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 4,8ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos airnya 2ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3,2ml dan 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3,2ml.





**Gambar 5.3** tanah dengan campuran pasir 5% lolos air per 2 menit awal

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa, pada 2 menit awal pada sampel tanah dengan campuran pasir 5%, jumlah lolos airnya sebesar 3,6ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3,4ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos airnya 3,4ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3,1ml dan 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 2,9ml.



**Gambar 5.4** tanah dengan campuran pasir 5% dan 25% bakteri lolos air per 2 menit awal

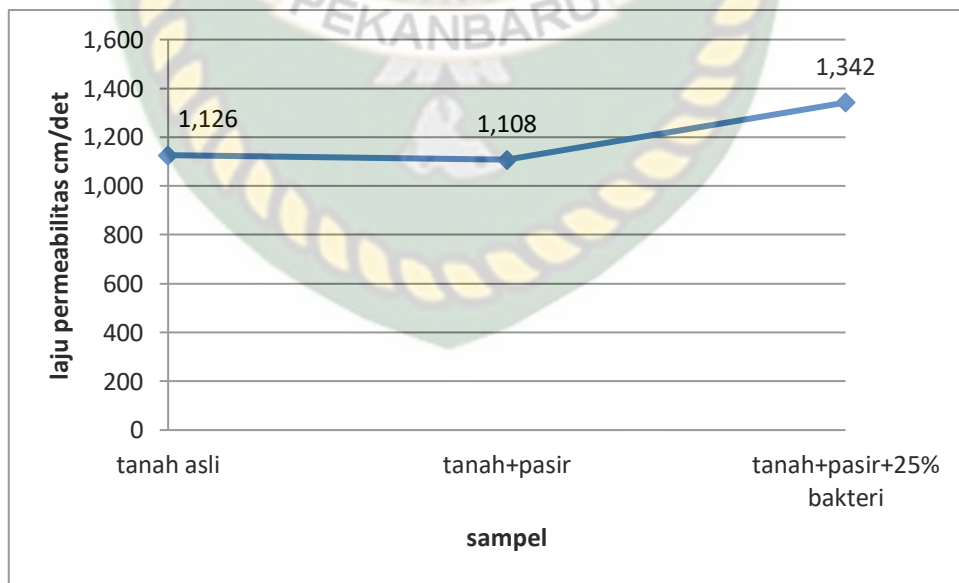
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa, pada 2 menit awal pada sampel tanah dengan campuran pasir 5% dan 25% bakteri, jumlah lolos airnya sebesar 18ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 6ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos airnya 4,2ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3,8ml dan 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3,8ml.

**Tabel 5.7** koefisien permeabilitas sampel uji suhu air 26°C

NO	sampel	Laju permeabilitas (cm/detik)
1	Tanah asli	$1,126 \times 10^{-3}$
2	Tanah campuran pasir	$1,108 \times 10^{-3}$
3	Tanah campuran pasir dan 25% bakteri	$1,342 \times 10^{-3}$

Pada tabel 5.8 nilai laju permeabilitas dari masing-masing sampel yang diuji menggunakan alat uji *falling head*. Pada sampel tanah asli diketahui memiliki laju permeabilitas sebesar  $1,126 \times 10^{-3}$  cm/detik, sampel tanah campuran pasir sebesar  $1,108 \times 10^{-3}$  cm/detik dan sampel tanah campuran pasir dan 25% bakteri sebesar  $1,342 \times 10^{-3}$  cm/detik.

Berikut adalah gambar grafik untuk uji permeabilitas suhu air 26°C



**Gambar 5.5** grafik koefisien permeabilitas suhu air 26°C

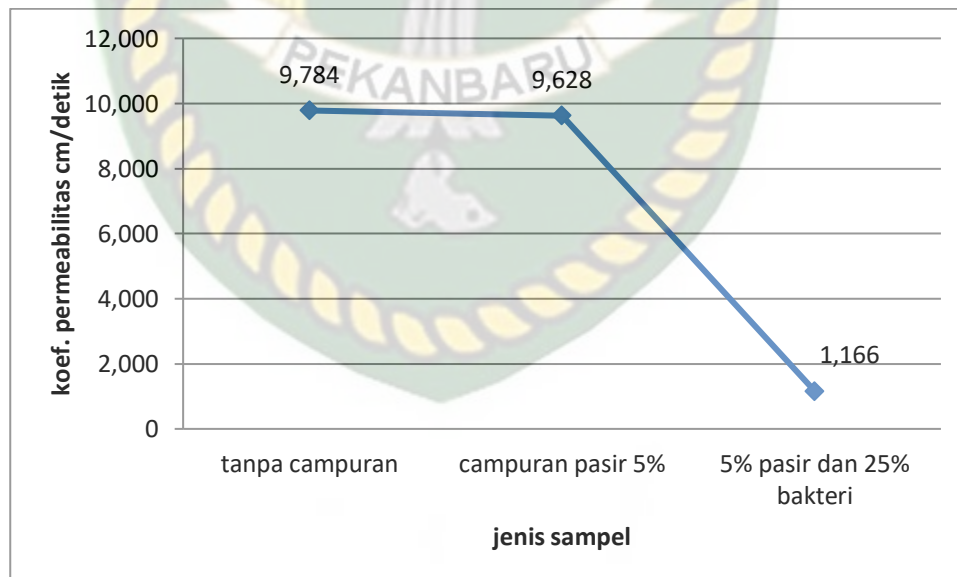
Hasil dari **gambar 5.2** pada grafik nilai permeabilitas dengan campuran pasir dan 25% bakteri suhu air 26°C terjadi kenaikan kecepatan laju permeabilitas sebesar  $1,342 \times 10^{-3} \text{ cm/detik}$ . Sedangkan pada sampel tanah asli memiliki kecepatan laju permeabilitas sebesar  $1,126 \times 10^{-3} \text{ cm/detik}$ , sedangkan sampel dengan penambahan pasir mengalami penurunan, yaitu dengan kecepatan  $1,108 \times 10^{-3} \text{ cm/detik}$ .

Keterangan laju permeabilitas dapat di lihat pada tabel 3.2 kelas laju permeabilitas. Untuk keterangan kecepatan dan simbol angka tiap sampel sama yaitu dengan keterangan kecepatan “agak lambat” di simbol kan dengan angka 3.

**Tabel 5.8** koefisien permeabilitas 20°C standar suhu air pengujian

NO	sampel	Laju permeabilitas (cm/detik)
1	Tanah asli	$9,784 \times 10^{-4}$
2	Tanah campuran pasir	$9,624 \times 10^{-4}$
3	Tanah campuran pasir dan 25% bakteri	$1,166 \times 10^{-3}$

Pada tabel 5.8 dapat dilihat koefisien permeabilitas setelah dihitung dengan standar pengujian 20°C air pada pengujian.



**Gambar 5.6** grafik koefisien permeabilitas suhu air 20°C

Adapun perbedaan koefisien permeabilitas pengujian utama sebelum menggunakan standar suhu air pengujian yaitu dengan suhu 26°C dan setelah standar pengujian suhu air 20°C.

**Tabel 5.9** perbandingan koefisien suhu air 26°C dan 20°C

NO	Sampel	Koefisien permeabilitas cm/detik	
		26°C	20°C
1	tanpa campuran	1.126	9.784
2	campuran pasir 5%	1.108	9.628
3	5% pasir dan 25% bakteri	1.342	1.166

Pada tabel 5.9 dapat dilihat perbedaan koefisien permeabilitas sebelum dan sesudah dihitung dengan suhu air standar yaitu 20°C.

Berikut ini adalah beberapa perbandingan pengujian permeabilitas yang bisa dijadikan pebanding pada pengujian ini.

**Tabel 5.10** perbandingan koefisien permeabilitas pengujian utama dengan campuran terak/klinker.

NO	Pengujian Utama	terak/klinker	koef.nilai permeabilitas cm/detik	
			P.Utama	terak/klinker
1	Tanpa campuran	0%	1.126	4.53
2	campuran pasir 5%	4%	1.108	4.03
3	pasir 5% dan bakteri 25%	8%	1.342	2.97
4		12%		2.32

Pada tabel 5.10 dapat dilihat perbedaan koefisien permeabilitas pengujian utama dan pengujian campuran terak/klinker.



**Tabel 5.11** perbandingan koefisien permeabilitas pengujian utama dengan pengujian permeabilitas UMJ (Universitas Muhammadiyah Jakarta).

NO	Pengujian Utama	permeabilitas UMJ	koef.nilai permeabilitas cm/detik	
			P.Utama	permeabilitas UMJ
1	Tanpa campuran	sampel 1	1.126	6.36
2	campuran pasir 5%	sampel 2	1.108	0.014
3	pasir 5% dan bakteri 25%		1.342	

Pada tabel 5.11 dapat dilihat perbedaan koefisien permeabilitas pengujian utama dan permeabilitas UMJ (Universitas Muhammadiyah Jakarta).

Efek *Bacillus subtilis* pada sifat rekayasa lumpur organik masih belum sepenuhnya ditemukan. Lumpur organik dan tanah liat berpasir menunjukkan karakteristik yang berbeda. Secara umum, tanah organik adalah tanah bermasalah yang terkait dengan berat unit rendah, karakteristik kekuatan tidak memuaskan dan kompresibilitas tinggi. Sifat-sifat tanah organik yang tidak diinginkan ini dapat menyebabkan masalah fondasi yang serius. Oleh karena itu, tanah organik perlu distabilkan sebelum infrastruktur sipil dibangun di atasnya.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengujian yang dilakukan dan sesuai dengan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Tanah gambut yang dicampur dengan pasir dan 25% bakteri mengalami peningkatan dari sampel tanah asli dan tanah campuran pasir, dengan koefisien permeabilitas sebesar  $1,342 \times 10^{-3}$  cm/detik.
2. Untuk sampel tanah asli memiliki koefisien permeabilitas sebesar  $1,126 \times 10^{-3}$  cm/detik dan tanah campuran pasir koefisien permeabilitasnya adalah  $1,108 \times 10^{-3}$  cm/detik.
3. Pada sampel campuran pasir terjadi penurunan koefisien permeabilitas di bandingkan dengan sampel tanah tanpa campuran.

#### 6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah :

1. Untuk pengujian selanjutnya disarankan untuk variasi sampel yang lebih banyak.
2. Jumlah *Calcium Carbonat* ( $\text{CaCO}_3$ ) yang di injeksikan kedalam sampel dihitung. Karena larutan  $\text{CaCO}_3$  yang dicampurkan dengan air 1500ml air bersifat acak yang terangkat pada saat pembagian larutan sebelum penetesan ke sampel uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afriani. 2008. Pengaruh Penambahan Tanah Pasir Pada Tanah Lempung  
C.F. Marbut 1914 pengertian tanah. Rusia  
Davy 1913 pengertian tanah. inggris  
DeJong, J.T. 2006. Teknologi *Grouting* Secara Biologi Yang Di Kenal Dengan  
Teknologi *Biogrouting* Melalui Mekanisme Pengendapan Kalsium  
Karbonat  
Fadli Ahmad. 2013. *Studi Metode Infiltrasi Falling Head Dan Constant Head Pada  
Beberapa Variasi Ketinggian Genangan Air*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor  
Karol, RH. 2003. *Chemical Grouting and Soil Stabilization*. New York. P558.  
Lynda. 2013. Karakteristik Kuat Geser Tanah Dengan Metode Stabilisasi *Bio-  
Grouting* Bakteri *Bacillus Subtilis*  
Mochtar, dkk. 2014. Pengaruh Usia Stabilisasi Tanah Gambut Beserta yang  
Distabilisasi dengan Campuran CaCo<sub>3</sub>. Jurnal Teknik Sipil. Surabaya.  
21(1): 50-64  
Noname. 2017. Laporan Pratikum Permeabilitas. Laboratorium Fisika Tanah Dan  
Lingkungan Prodi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Syiah  
Pangesti. 2017. Pengenalan *bio-grouting*  
Parlan, dkk. 2016. Pengaruh jumlah plat *helical* terhadap daya dukung pondasi tiang  
Helical pada tanah gambut. Jom .FTEKNIK Universitar Riau. Pekanbaru  
SK SNI-5-04-1989-F. Pasir Yang Baik Digunakan Untuk Sebuah Konstruksi  
SNI 1964-2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah  
SNI 1965-2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di  
Laboratorium  
SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik  
SNI-02-2801-1998. Standar Urea  
Soesanto. 2008. Pengenalan *Bacillus*

- Syarif, dkk. 2020. Penerapan Teknik *Biocementation* Oleh *Bacillus Subtilis* dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Pada Tanah Organik. *Jurnal Saintis*. Vol. 20, No. 01
- Van De Meene. 1984. Geological Aspects of Peat Formation in The Indonesian-Malyasin Lowlands, *Bulletin Geological Research and Development Centre*, 9, 20-31.
- Van Paassen, LA, Biogrout, ground improvement by microbial induced carbonate precipitation, 2009, Delft University of Technology, pp 202.
- Waruwu. 2013. Peningkatan Kuat Tekan Tanah Gambut Akibat *Preloading*
- Willy. 2005. Kuat Geser Langsung Dengan Mencampurkan Tanah Lempung Dengan Pasir Dengan Persentase Campuran Dan Sudut Geser

