

**PENERAPAN TEKNIK “*ENZYME INDUCE CALCITE
PRECIPITATION*” TERHADAP SIFAT PERMEABILITAS
TANAH GAMBUT SECARA EKPERIMENTAL UJI LABOR**

TUGAS AKHIR

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

Pekanbaru



OLEH

MUHAMMAD RIDHO FIRDAUS
153110309

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2021**

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullah Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya berupa akal, pikiran serta kesehatan jasmani dan rohani kepada penulis sehingga tetap semangat untuk menyelesaikan tugas akhir ini sesuai harapan. Salawat dan salam senantiasa tercurah kepada nabi besar Muhammad SAW karena berkat perjuangan beliau kita bisa menikmati ilmu pengetahuan hingga saat ini.

Dalam penyelesaian tugas akhir ini merupakan sebuah tanggung jawab sebagai seorang mahasiswa yang akan menyelesaikan studinya dibangku perkuliahan. Melalui proses yang panjang akhirnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul "**Penerapan Teknik "Enzyme Induce Calcite Precipitation" Terhadap Sifat Permeabilitas Tanah Gambut Secara Eksperimental Uji Labor**". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh metode EICP dan berapa besar permeabilitas tanah gambut.

Mengingat keterbatasan kemampuan seorang penulis, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini tidak luput dari kesalahan dan jauh dari kesempurnaan, dengan segala kerendahan hati penulis sangat menerima kritik dan saran yang bersifat membangun dan melengkapi Tugas Akhir ini.

Pekanbaru, Maret 2021

Muhammad Ridho Firdaus

UCAPAN TERIMA KASIH

س ————— الرحمن الرحيم ————— م

Assalamualaikum Wr. Wb.

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

1. Bapak Prof. Dr. H. Syafrinaldi, S.H., M.C..L, Rektor Universitas Islam Riau.
2. Bapak Dr. Eng Muslim, MT, Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
3. Ibu Dr. Mursyidah, S.Si.,M.Sc, Wakil Dekan I Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Bapak Dr. Anas Puri, ST.,MT, Wakil Dekan II Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
5. Bapak Akmar Efendi, S.Kom., M.Kom, Wakil Dekan III Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
6. Ibu Harmiyati, ST.,M.Si, Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau dan Sebagai dosen penguji.
7. Ibu Sapitri, ST.,MT, Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau.
8. Bapak Firman Syarif, ST., M.Eng Sebagai Dosen Pembimbing
9. Bapak Mahadi Kurniawan, ST.,MT, sebagai Dosen Penguji.
10. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
11. Teristimewa Ayahanda Firdaus dan Ibunda Tercinta Kasnaria, sebagai Orang Tua yang selalu memberikan support dan mendo'akan yang terbaik serta sangat berperan dalam proses pendewasaan penulis.
12. Teruntuk Adik-adikku Tersayang Nisa, Rizqi dan Jannatul yang memberikan dorongan serta semangat kepada penulis.
13. Teruntuk Senioraku Suryadi, Debi Perdana, Ryandi Mariska, Ilyandi Syaputra , Wulan dan Dona yang membantu memberikan penulis masukan dalam menyelesaikan skripsi.

14. Teruntuk sahabat saya Dwira Pandiangan, Dian Arafah, Wahyudi, Daniel, Zikri, Niza, Lala dan Sella yang menemani dan membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Kepada kak Miswarti, ST., MT, bang Rachmat Hidayat ST, kak Nurul Hafizha, ST, Harits Fajri, Rafi Yulianda, yang ada di Laboratorium Teknik Sipil memberi bimbingan serta bantuan selama ini.
16. Buat teman-teman lainnya di Fakultas Teknik serta semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Pekanbaru, Juli 2021

Penulis
Muhammad Ridho Firdaus

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	
KATA PENGANTAR.....	i
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR NOTASI.....	v
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Penelitian Terdahulu	4
2.3 Keaslian Penelitian.....	6
BAB III LANDASAN TEORI.....	7
3.1 Tanah Gambut	7
3.2 Pembentukan gambut	7
3.3 Sifat Fisik Tanah Gambut	8
3.4 Enzyme Induced Carbonate Presipitasi (EICP)	9
3.5 Enzym Urease	9
3.6 Permeabilitas	10
3.7 Teknik Bio-Grouting dengan enzym urease.....	12
BAB IV METODE PENELITIAN	13
4.1 Umum.....	13
4.2 Lokasi Penelitian	13
4.3 .Pelaksanaan Pengujian dan Bahan Pengujian	14
4.3.1.1 Tanah Gambut	13
4.3.1.2 Enzim.....	14
4.3.1.3 Urea	14
4.3.1.4 CaCl ₂ (Calsium Cloride).....	15

4.4 Peralatan Pengujian	16
4.4.1 Peralatan Pengujian Pendahuluan.....	16
4.4.2 Peralatan Pengujian Utama Permeabilitas	20
4.5 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	21
4.5.1 Pengujian Pendahuluan.....	21
4.5.2 Prosedur Pengujian Utama	23
4.5.3 Analisa Data	24
4.6 Pelaksanaan Pengujian	24
4.6.1 Pengujian Pendahuluan.....	25
4.6.2 Pembuatan Larutan Sementasi.....	28
4.6.3 Pengujian Utama.....	30
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35
5.1 Umum.....	35
5.2 Pendahuluan	35
5.2.1 Kadar air tanah asli	35
5.2.2 Berat spesifik (Gs).....	36
5.2.3 Pengujian pemadatan / <i>proctor test</i>	36
5.2.4 Sifat-sifat Tanah Gambut.....	37
5.3 Pengujian Permeabilitas Tanah Gambut Dengan Enzym urease	38
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
6.1 Kesimpulan.....	47
6.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN	

DAFTAR NOTASI

%	= persen
A	= luas (cm ²)
a	= luas buret
Cm	= centimeter
Cm ²	= centimeter persegi
Cm ³	= centimeter kubik
gr	= gram
Gr/cm ³	= gram/centimeterkubik
Gs	= berat spesifik
Kg/cm ²	= kilogram / centimeter
K	= Koefisien Permeabilitas
Ml	= milliliter
Mm	= millimeter
Mol	= molekul
°C	= derajat celcius
OMC	= kadar air optimum (%)
P	= beban (kg)
Pt	= gambut (<i>peat</i>)
t/m ³	= ton / meterkubik
v	= volume cetakan (cm ³)
w	= berat tanah yang dipadatkan dalam cetakan
w	= kadar air (%)
h1	= ketinggian pada saat t=0
h2	= ketinggian pada saat t diperhitungkan
W1	= berat piknometer (gr)
W2	= berat piknometer dan bahan kering (gr)
W3	= berat piknometer + bahan + air (gr)
W4	= berat piknometer dan air (gr)
Ws	= berat tanah kering (gr)

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Variasi Nilai Koefisien Suhu Permeabilitas.....	11
Tabel 3.2 Kelas Laju Permeabilitas	11
Tabel 5.1 Data Pengujian Kadar Air (ASTM D2216-98)	36
Tabel 5.2 Sifat-Sifat Tanah Gambut.....	38
Tabel 5.3 Sampel Tanah Gambut Murni.....	38
Tabel 5.4 Sampel Tanah Gambut Campuran Enzim 5%	39
Tabel 5.5 Sampel Tanah Gambut Campuran Enzim 15%	39
Tabel 5.6 Sampel Tanah Gambut Campuran Enzim 25%	39
Tabel 5.7 Koefisien Permeabilitas Sampel Uji Suhu Air 26° C	43
Tabel 5.8 Koefisien Permeabilitas 20°C Standar Suhu Air Pengujian.....	44
Tabel 5.9 Perbandingan Koefisien Suhu Air 26°c Dan 20°c.....	45
Tabel 5.10 Perbandingan Koefisien Permeabilitas Pengujian Utama Dengan Campuran Terak/Klinker	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Tanah Gambut	14
Gambar 4.2 Enzim Urease.....	14
Gambar 4.3 Bahan Urea	15
Gambar 4.4 Bahan CaCl ₂	15
Gambar 4.5 Cawan	16
Gambar 4.6 Timbangan Digital	16
Gambar 4.7 Alat Oven Dengan Pengatur Suhu.....	17
Gambar 4.8 Piknometer Dan Timbangan Digital	17
Gambar 4.9 Kompom Gas.....	18
Gambar 4.10 Alat Botol Air Suling.....	18
Gambar 4.11 Alat Uji Pemadatan (<i>Proctor Test</i>).....	19
Gambar 4.12 Alat Uji Permeabilitas <i>Falling Head</i>	20
Gambar 4.14 Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Asli.....	25
Gambar 4.15 Pengujian Berat Jenis.....	27
Gambar 4.16 Pengujian Pemadatan (<i>Proctor</i>).....	28
Gambar 4.17 Proses Penyaringan Larutan Sementara	30
Gambar 4.18 Skema Alat Uji Permeabilitas (<i>Falling Head</i>)	31
Gambar 4.19 Proses Pencampuran Sampel Uji	32
Gambar 4.20 Proses Memasukkan Sampel Uji Ke Dalam Silinder	32
Gambar 4.21 Proses Pemasangan Silinder Alat Uji Permeabilitas.....	33
Gambar 4.22 Proses Pemeraman Sampel Agar Jenuh Air	33
Gambar 4.13 Diagram Alir Penelitian.....	34
Gambar 5.1 Hubungan Berat Volume Kering dan Kadar Air	37
Gambar 5.2 Tanah Asli Lolos Air Per 2 Menit Awal.....	40

Gambar 5.3 Tanah Dengan Campuran Enzym 5% Lolos Air Per 2 Menit	41
Gambar 5.4 Tanah Dengan Campuran Enzim 15% Air Per 2 Menit Awal	42
Gambar 5.5 Tanah Dengan Campuran Enzim 25% Air Per 2 Menit Awal	42
Gambar 5.6 Grafik Koefisien Permeabilitas Suhu Air 26 ^o c.....	43
Gambar 5.6 Grafik Koefisien Permeabilitas Suhu Air 20 ^o c.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Analisa Data
Lampiran B : Dokumentasi Penelitian
Lampiran C : Admistrasi Dalam Melakukan Penelitian



**PENERAPAN TEKNIK *ENZYME INDUCE CALCITE*
PRECIPITATION TERHADAP SIFAT PERMEABILITAS
TANAH GAMBUT SECARA EKPERIMENTAL UJI LABOR**

MUHAMMAD RIDHO FIRDAUS
153110309

ABSTRAK :

Penerapan konstruksi pada tanah gambut sangat penting untuk di perhatikan karena tanah gambut memiliki sifat permeabilitas yang rendah. Inovasi yang sedang dikembangkan pada saat ini adalah teknologi *Biogrouting*, *Biogrouting* merupakan upaya perbaikan tanah dengan menggunakan bantuan campuran *Enzyme*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui reaksi enzim tanah gambut menggunakan metode falling head.

Pengambilan sampel untuk pengujian ini di Desa Buana Makmur Km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak, Propinsi Riau. Bahan tambahan *Enzyme*, dan *Urea*, serta CaCl_2 produsen Bandung. Pengujian metode ini mengacu pada prosedur ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan SNI. Pengujian ini dilakukan dalam skala labor yang dilakukan di Universitas Islam Riau, di uji menggunakan alat permeabilitas dengan menggunakan sampel tanah murni, sampel tanah dengan campuran enzim 5%, 15% dan 25%. Data dari hasil pengujian yang telah di peroleh kemudian diolah dalam bentuk table grafik sesuai dengan penambahan enzim.

Hasil pengujian sifik fisik tanah asli diketahui bahwa tanah lokasi Desa Buana Makmur Km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak yang menggunakan tanah asli dengan kadar air 407,5% dan berat spesifik (Gs) 1,3 gr. Dari hasil pengujian permeabilitas sampel asli dan sampel tanah dengan campuran enzim 5%, 15% dan 25% memiliki nilai koefisien permeabilitas yang berbeda dimana tanah asli tanpa campuran enzim memiliki nilai koefisien permeabilitas $K_{20}^{\circ}=2,552 \times 10^{-3}$ cm/detik, tanah dengan campuran enzim 5% $K_{20}^{\circ}=5,072 \times 10^{-3}$ cm/detik, tanah dengan campuran enzim 15% $K_{20}^{\circ}=7,387 \times 10^{-3}$ cm/detik, tanah dengan campuran enzim 25% $K_{20}^{\circ}=8,401 \times 10^{-3}$ cm/detik.

Kata Kunci : Teknik *Biogrouting*, koefisien permeabilitas, *Enzym*

**APPLICATION OF *ENZYME INDUCTION CALCITE
PRECIPITATION TECHNIQUES* ON THE PERMEABILITY
PROPERTIES OF PEAT SOIL EXPERIMENTAL LABOR TEST**

MUHAMMAD RIDHO FIRDAUS
153110309

ABSTRACT :

The application of construction on peat soil is very important to note because peat soil has low permeability properties. The innovation that is being developed at this time is technology *Biogrouting*. *Biogrouting* is an effort to improve soil using the help of a mixture of *enzymes*. This study aims to determine the enzyme reaction of peat soil using the falling head method.

Sampling for this test was in Buana Makmur Village, Km 55 Dayun District, Siak Regency, Riau Province. additives *Enzyme*, and *Urea*, as well as CaCl_2 producers in Bandung. The testing of this method refers to the ASTM (procedures *American Society for Testing and Materials*) and SNI. This test was carried out on a laboratory scale conducted at the Islamic University of Riau, tested using a permeability device using pure soil samples, soil samples with a mixture of 5%, 15% and 25% enzymes. The data from the test results that have been obtained are then processed in the form of a graph table according to the addition of enzymes.

The results of the physical physical testing of the original soil showed that the soil located in Buana Makmur Village, Km 55, Dayun District, Siak Regency, used native soil with a water content of 407.5% and a specific weight (Gs) of 1.3 g. From the results of permeability testing of the original sample and soil samples with a mixture of 5%, 15% and 25% enzymes have different permeability coefficient values where the original soil without a mixture of enzymes has a permeability coefficient value of $K_{20}^{\circ} = 2,552 \times 10^{-3}$ cm/sec, soil with 5% enzyme mixture $K_{20}^{\circ} = 5.072 \times 10^{-3}$ cm/second, soil with 15% enzyme mixture $K_{20}^{\circ} = 7,387 \times 10^{-3}$ cm/second, soil with 25% enzyme mixture $K_{20}^{\circ} = 8,401 \times 10^{-3}$ cm/second.

Keywords : Mechanical Biogrouting, permeability coefficient, *Enzyme*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah gambut merupakan tanah yang berbahan induk dari sisa tumbuhan dengan proses dekomposisi *anaerobic* terhambat, tidak atau hanya sedikit (<5%) mengandung tanah mineral yang berkrystal. Rangkaian penyusunnya berupa bahan karbon, yang mana bahan organik ini adalah rantai karbon yang sebagian besar berupa lignin, hemiselulosa dan humik. Tanah gambut juga bersifat sarang (porous) dan sangat ringan, sehingga mempunyai kemampuan menyangga sangat rendah, kandungan hara relative rendah dan banyak mengandung asam-asam organik yang menyebabkan pH gambut sangat rendah (pH antara 2,7 – 5,0). Kualitas air gambut dipengaruhi oleh bahan penyusun gambut, ketebalan, ketebalan, tingkat dekomposisi dan tata air serta lingkungan gambut tersebut (Wibowo, 2010).

Inovasi yang sedang dikembangkan pada saat ini adalah teknologi *Biogrouting*. *Biogrouting* merupakan upaya perbaikan tanah dengan menggunakan bantuan metabolit sekunder bakteri. Bakteri Ureolitik dapat menghasilkan enzim urease yang dapat menghidrolisis urea dilingkungan dan menghasilkan amonia dan asam karbonat yang kemudian akan berkaitan dengan kalsium membentuk kalsium karbonat (kalsit). Perolehan enzim urease yang pernah dilaporkan adalah sebesar 5,36 unit/mL hingga 70,21 unit/mL selama 24 jam. Bakteri ureolitik mengendapkan kalsium karbonat yang dikeluarkan sedikit demi sedikit ke lingkungan sekitar bakteri sampai akhirnya seluruh sel tertutup oleh kalsium karbonat dan terbentuk endapan. Dan Pasir atau partikel tanah dapat saling mengikat dengan erat karena adanya kalsit, pasir, dan kalsit dapat menyatu dengan baik menyebabkan proses sementasi. (Dejong, Mortensen, Martinez, & Nelson, 2010).

Permeabilitas adalah tanah yang dapat menunjukkan kemampuan tanah meloloskan air. Tanah dengan permeabilitas tinggi dapat menaikkan laju infiltrasi sehingga menurunkan laju air larian. Pada ilmu tanah, permeabilitas didefinisikan

secara kualitatif sebagai pengurangan gas-gas, cairan-cairan atau penetrasi akar tanaman atau lewat.

Selain itu permeabilitas juga merupakan pengukuran hantaran hidraulik tanah. Hantaran hidraulik tanah timbul adanya pori kapiler yang saling bersambungan dengan satu dengan yang lain. Secara kuantitatif hantaran hidraulik jenuh dapat di artikan sebagai kecepatan Bergeraknya suatu cairan pada media berpori dalam keadaan jenuh. Dalam hal ini sebagai cairan adalah air dan sebagai media pori adalah tanah. Penetapan hantaran hidraulik didasarkan pada hukum Darcy. Dalam hukum ini tanah dianggap sebagai kelompok tabung kapiler halus dan lurus dengan jari-jari yang seragam. Sehingga gerakan air dalam tabung tersebut di anggap mempunyai kecepatan yang sama. Permeabilitas tanah adalah suatu kesatuan yang meliputi infiltrasi tanah dan bermanfaat sebagai permudahan dalam pengolahan tanah (Rohmat, 2009).

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana Pengaruh teknik *Bio-Grouting* dengan bantuan bakteri *Enzym Urease* Terhadap permeabilitas Tanah Gambut.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berikut adalah Untuk mengetahui reaksi Enzym Urease terhadap tanah gambut dengan menggunakan metode *Bio-Grouting*

1.4 Manfaat Penelitian

Dalam penelitian ini diharapkan mempunyai manfaat antara lain :

1. Sebagai bahan penelitian selanjutnya untuk mengetahui sifat-sifat fisik dan mekanika tanah gambut.
2. Sebagai pertimbangan untuk para engineer di bidang teknik sipil untuk perlakuan bangunan pada tanah gambut.

1.5 Batasan Masalah

Dalam hal ini, untuk mempersingkat dan memperjelas suatu penelitian agar dapat dibahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah tanah gambut.

1. Menghitung berapa persen pengaruh menggunakan metode EICP terhadap permeabilitas tanah gambut.
2. Penelitian ini menggunakan skala laboratorium.
3. Hanya membahas permeabilitas tanah gambut yang berasal dari daerah siak.
4. Penelitian ini menggunakan campuran Larutan *Enzym Urease*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Tinjauan pustaka memuat tentang hasil-hasil penelitian yang didapat oleh peneliti terdahulu serta memiliki hubungan yang erat dengan penelitian yang sedang dilakukan yang dapat membantu memberikan solusi untuk pemecahan masalah pada penelitian yang sedang dilakukan. Beberapa referensi diantaranya yang melakukan penelitian terkait dengan perbaikan tanah dan permeabilitas tanah.

2.2 Penelitian Terdahulu

Beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan pada pondasi antara lain sebagai berikut ini:

Putra (2016), telah melakukan penelitian dengan judul "*Optimasi enzim dimediasi kalsit sebagai teknik perbaikan tanah efek aragonit gipsum pada sifat mekanik dari pasir yang diolah*". Penelitian ini bertujuan untuk menentukan Efektivitas magnesium sebagai bahan pengganti dalam kalsit yang dimediasi enzim curah hujan dievaluasi. Metode yang digunakan pada penelitian ini dengan menggunakan magnesium sulfat ditambahkan ke larutan injeksi yang terdiri dari urea, urease, dan kalsium klorida. Efek substitusi pada jumlah bahan yang diendapkan dievaluasi melalui tes presipitasi. Difraksi bubuk sinar-X dan pemindaian mikroskop electron analisis dilakukan untuk memeriksa morfologi mineralogi dari mineral yang diendapkan dan untuk menentukan efek magnesium pada komposisi bahan yang diendapkan. Sebagai tambahannya kalsit, aragonit dan gipsum dibentuk sebagai bahan yang diendapkan. Efek dari kehadiran aragonit dan gipsum, selain kalsit, sebagai teknik perbaikan tanah dievaluasi melalui tes kuat tekan bebas. Spesimen tanah disiapkan dalam polivinil klorida silinder dan diolah dengan larutan terkontrol konsentrasi, yang menghasilkan kalsit, aragonit, dan gips. Analisis mineralogi mengungkapkan bahwa konsentrasi magnesium rendah dan tinggi sulfat secara efektif mempromosikan pembentukan aragonit dan

gypsum. Menyuntikkan solusi yang menghasilkan aragonit dan kalsit membawa peningkatan yang signifikan dalam tanah kekuatan. Kehadiran bahan diendapkan, terdiri dari 10% dari massa tanah dalam yang diolah pasir, menghasilkan kekuatan 0,6 MPa.

Putra (2018), telah melakukan penelitian yang berjudul “*Meningkatkan Parameter Kekuatan Geser Tanah Berpasir menggunakan Teknik Pengendapan Kalsit Enzim-Dimediati*”. Studi ini membahas penerapan pengendapan kalsit dimediati enzim (EICP) dalam meningkatkan parameter kekuatan geser tanah berpasir. Dalam studi ini, spesimen tanah disiapkan dan diperlakukan dengan larutan grouting yang terdiri dari urea, kalsium klorida, magnesium sulfat dan enzim urease. Beberapa metode telah ditetapkan untuk berbagai aplikasi potensial mereka sebagai teknik perbaikan tanah, dan baru-baru ini penerapan teknik grouting menggunakan proses biologis telah diusulkan. Evolusi dalam kohesi dan sudut gesekan internal tanah yang diperbaiki diperiksa melalui uji geser langsung. Kehadiran bahan yang diendapkan, yang terdiri dari 4,1 persen massa tanah dari pasir yang diolah, menghasilkan kohesi 53 kPa. Namun, berlawanan dengan peningkatan kohesi, sudut gesekan relatif konstan. Ini menunjukkan bahwa penerapan teknik EMCP tidak memiliki dampak signifikan pada sudut gesekan.

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.

Studi ini membahas penerapan pengendapan kalsit yang dimediasi enzim (EICP) sebagai teknik perbaikan tanah yang ramah lingkungan. Zeolit alami dari mordenite ditambahkan ke bahan grouting yang disiapkan yang terdiri dari urea-urease hapus ion amonium yang dihasilkan. Efek dari pemanfaatan mordenite pada Parameter EICP seperti jumlah, pH, zat mineralogi yang diendapkan mineral, dan peningkatan kekuatan tanah yang diolah juga dievaluasi. Itu pengukuran ion amonium menunjukkan bahwa penggunaan 10 g / L zeolit dengan 2 jam waktu pencampuran dapat mengurangi konsentrasi ion amonium hingga 43% dari maksimum konsentrasi teoritis dalam konsentrasi urea 1,0 mol / L. Hasil tes UCS menunjukkan bahwa solusi grouting membawa peningkatan yang signifikan dalam kekuatan tanah. Bahan ndapan 9% dari massa pasir diproduksi oleh tiga injeksi PV bahan grouting, yang menunjukkan kekuatan tekan yang tidak terbatas 0,3 MPa. Hasil penelitian ini telah mengkonfirmasi bahwa penerapan zeolit alam mordenite dengan teknik EICP merupakan tanah alternatif yang ramah lingkungan teknik perbaikan.

2.3 Keaslian Penelitian

Judul yang diajukan oleh peneliti dalam penelitian Tugas Akhir ini memang terdapat kesamaan dengan judul-judul peneliti terdahulu tetapi memiliki perbedaan-perbedaan seperti lokasi penelitian, kondisi tanah, dan fungsi bangunan. Maka dari itu seluruh penelitian ini adalah benar hasil penelitian penulis dan penelitian ini belum pernah diteliti sebelumnya sebagai obyek penelitian Tugas Akhir.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah Gambut

Gambut adalah tanah berwarna hitam kecoklatan yang terbentuk dalam kondisi asam, dan kondisi anaerobik lahan basah. Gambut terdiri dari bahan organik yang sebagian terurai secara bebas dengan komposisi lebih dari 50% karbon. Gambut terdiri dari lumut Sphagnum, batang, dan akar rumput-rumputan sisa-sisa hewan, sisa-sisa tanaman, buah, dan serbuk sari. Tidak seperti ekosistem lainnya, tanaman/hewan yang mati di lahan gambut tetap berada dalam lahan gambut tanpa mengalami pembusukan sampai ratusan bahkan ribuan tahun. Ini terjadi karena kondisi air yang selalu menggenang, dimana terjadi kekurangan oksigen yang menyebabkan terhambatnya mikroorganisme untuk melakukan pembusukan tanaman/hewan yang sudah mati secara cepat. Hal tersebut menyebabkan materi organik di lahan gambut mudah diidentifikasi. Pembentukan gambut merupakan proses yang sangat lambat dan hal ini memerlukan waktu sekitar 10 tahun untuk membentuk 1 cm gambut (Dion dan Nautiyal, 2008).

Tanah gambut dapat diartikan sebagai tanah yang terbentuk dari penumpukan sampah-sampah organik dari tumbuhan yang setengah membusuk atau terdekomposisi secara tidak sempurna. Oleh sebab itulah, selain diperkaya dengan kandungan bahan organik yang tinggi, tanah gambut juga memiliki tekstur yang lunak dan mudah ditekan, sehingga cukup mudah untuk dikeringkan. Tanah gambut mempunyai kapasitas mengikat air (water holding capacity) yang relatif sangat tinggi atas dasar berat kering. Kapasitas mengikat air maksimum untuk gambut fibrik adalah 580 – 3000 %, untuk gambut hemik 450 – 850 % dan untuk gambut saprik < 450 %. Gambut akan berubah menjadi hidrofob (menolak air) kalau terlalu kering (Notohadiprawiro, 1997).

3.2 Pembentukan gambut

Gambut terbentuk dari timbunan sisa-sisa tanaman yang telah mati, baik yang sudah lapuk maupun belum. Timbunan terus bertambah karena proses

dekomposisi terhambat oleh kondisi anaerob dan/atau kondisi lingkungan lainnya yang menyebabkan rendahnya tingkat perkembangan biota pengurai. Pembentukan tanah gambut merupakan proses geogenik yaitu pembentukan tanah yang disebabkan oleh proses deposisi dan transportasi, berbeda dengan proses pembentukan tanah mineral yang pada umumnya merupakan proses pedogenik (Hardjowigeno, 1986 dalam Agus dan Subiksa, 2008). Proses pembentukan gambut dimulai dari adanya danau dangkal yang secara perlahan ditumbuhi oleh tanaman air dan vegetasi lahan basah. Tanaman yang mati dan melapuk secara bertahap membentuk lapisan yang kemudian menjadi lapisan transisi antara lapisan gambut dengan lapisan di bawahnya berupa tanah mineral. Tanaman berikutnya tumbuh pada bagian yang lebih tengah dari danau dangkal ini dan secara membentuk lapisan-lapisan gambut sehingga danau tersebut menjadi penuh (Agus dan Subiksa, 2008). Bagian gambut yang tumbuh mengisi danau dangkal tersebut disebut dengan gambut topogen karena proses pembentukannya disebabkan oleh topografi daerah cekungan. Gambut topogen biasanya relatif subur (eutrofik) karena adanya pengaruh tanah mineral. Bahkan pada waktu tertentu, misalnya jika ada banjir besar, terjadi pengkayaan mineral yang menambah kesuburan gambut tersebut. Tanaman tertentu masih dapat tumbuh subur di atas gambut topogen. Hasil pelapukannya membentuk lapisan gambut baru yang lama kelamaan membentuk kubah (dome) gambut yang permukaannya cembung (Agus dan Subiksa, 2008).

3.3 Sifat Fisik Tanah Gambut

Sifat fisik gambut sangat penting didalam usaha reklamasi dan pengelolaan air pada tanah gambut. Kajian sifat fisik gambut sangat berhubungan dengan aspek mekanika tanah (soil mechanic), keteknikan tanah (soil engineering), serta konservasi gambut (peat conservation). Masalah penurunan muka tanah (soil subsidence), pengeringan bahan gambut, dan erosi (khususnya erosi air) merupakan contoh betapa pentingnya usaha mempelajari sifat fisik tanah gambut terutama pengelolaan air, agar pengusahaan lahan gambut sebagai lahan pertanian dapat lestari. Andriesse (1988) menyebutkan beberapa hal yang penting untuk

dibahas dalam mempelajari sifat fisika tanah gambut, yaitu antara lain: retensi air (*water retention*), ketersediaan air (*water availability*), konduktivitas hidrolis (*hydraulic conductivity*), kapasitas menahan air (*water holding capacity*), kerapatan lindak (*bulk density*), porositas (*porosity*), kering tak balik (*irreversible drying*), serta sifat basah dan kering.

3.4 Enzym Induced Carbonate Presipitasi (EICP)

EICP adalah teknik perbaikan tanah berbasis biologis yang menggunakan enzim urease bebas untuk mengkatalisis hidrolisis urea dalam larutan air, menghasilkan ion karbonat dan alkalinitas yang dengan adanya kation kalsium menyebabkan pengendapan kalsium karbonat.

3.5 Enzym Urease

Produksi Urease Bakteri yang digunakan untuk aplikasi biogrouting adalah bakteri yang memiliki aktivitas enzim tertinggi diantara isolat yang lain. Isolat ditumbuhkan dalam media B4 cair 100 mL dan media urin 100 mL. Kemudian diinkubasi menggunakan Erlenmeyer 250 mL selama 5 hari diatur suhu, pH dan medium optimal (sesuai data optimasi urease). Produk yang dihasilkan masih mengandung biomassa sel yang tidak dibutuhkan pada proses biogrouting. Urease dapat diaplikasikan setelah hasil fermentasi disentrifugasi dengan kecepatan 10000-12000 rpm selama 15 menit [5]. Aplikasi Urease pada Biogrouting Aplikasi biogrouting dilakukan dengan menyiapkan urease pada syringe ukuran 5mL. Kemudian disiapkan pasir laut yang masih dalam kondisi salin(fresh) ke cetakan, kemudian ditimbang massa pasirnya. Pasir diberikan perlakuan menggunakan metode injeksi langsung (De Jong et al, 2006), dengan volume urease masing-masing 10 mL. Selanjutnya campuran pasir dan urease diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam, setiap 4 jam diukur perubahan pH pasir, pembentukan mineral kalsit secara visual dan proses pematannya. Secara kuantitatif diukur massa pasir setelah memadat [16]. Enzim Tanah adalah sekelompok enzim yang biasa dalam tanah dan peran penting dalam mempertahankan ekologi tanah, sifat fisik dan kimia, kesuburan dan kesehatan tanah. Enzim-enzim ini berfungsi biokimia dalam keseluruhan proses dekomposisi bahan organik dalam sistem tanah (Das and Ajit, 2011). Aktivitas

enzim dalam tanah adalah terutama dari mikroba, berasal dari intraseluler, sel yang terkait atau enzim bebas. Keseimbangan yang unik dari komponen kimia, fisika, dan biologi (termasuk mikroba terutama aktivitas enzim) berkontribusi untuk menjaga kesehatan tanah. Dengan demikian untuk melakukan evaluasi kesehatan tanah memerlukan indikator dari semua komponen tersebut (Dasand Ajit, 2011).

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 mempengaruhi 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 :

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

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

Hasil integral dari persamaan tersebut:

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

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

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 ($\gamma_w(T_1) \approx \gamma_w(T_2)$), sehingga persamaannya menjadi $k_{20^\circ\text{C}} = \frac{\eta_{T^\circ\text{C}}}{\eta_{20^\circ\text{C}}} k_{T^\circ\text{C}}$

Tabel 3.1 Variasi Nilai $\eta_{rc}/\eta_{20^\circ\text{C}}$ (Uhland dan O'Neil (1951))

Temperature, T (°C)	$\eta_{rc}/\eta_{20^\circ\text{C}}$	Temperature, T (°C)	$\eta_{rc}/\eta_{20^\circ\text{C}}$
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 3.2 Kelas Laju Permeabilitas Tanah (Uhland dan O'Neil (1951))

Keterangan	Laju Permeabilitas cm/jam	Simbol Angka
Sangat Lambat	<0,13	1
Lambat	0,13 – 0,51	2
Agak Lambat	0,52 – 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 Teknik Bio-Grouting Dengan Enzym Urease

Bio-grouting adalah metode stabilisasi ramah lingkungan baru untuk menstabilkan tanah lunak dengan menerapkan mikro organisme. Mikro organisme menghasilkan CaCO_3 , yang mengisi kekosongan partikel tanah dan mengikat partikel. Karya ini mempelajari *bio-grouting* dari tanah organik tropis plastisitas tinggi yang menggunakan campuran enzim urease

Enzim merupakan biokatalisator yang dapat mempercepat reaksi kimia dengan cara menurunkan energi aktivasi dari reaksi kimia yang dikatalisnya. Enzim terbentuk dari protein, sehingga enzim dapat mengalami denaturasi. Pada prinsipnya, enzim yang tidak terdenaturasi ketika mengkatalis suatu reaksi kimia dapat digunakan untuk beberapa kali reaksi. Enzim dikenal untuk pertama kalinya sebagai protein oleh Sumner pada tahun 1926 yang telah berhasil mengisolasi urease dari 'kara pedang' (jack bean). Beberapa tahun kemudian Northrop dan Kunitz dapat mengisolasi pepsin, tripsin, kimotripsin. Selanjutnya makin banyak enzim yang telah dapat diisolasi dan telah dibuktikan bahwa enzim tersebut ialah suatu protein (Poedjiadi, 2009).

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 pada tanah gambut serta pengaplikasian biogrouting menggunakan penambahan enzim *urease*.

4.2 Lokasi Penelitian

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. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

4.3 .Pelaksanaan Pengujian dan Bahan Pengujian

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Tanah Gambut

Tanah yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah gambut yang berada di Siak kecamatan lubuk dalam desa buana makmur KM 55. Sampel tanah gambut ini diambil menggunakan cangkul dengan kedalaman ± 50 cm yang berarti tanah gambut yang di ambil dalam keadaan terganggu, kemudian sampel tanah dimasukkan ke karung 50 kg dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan penjemuran dengan sinar matahari secara terbuka, setelah perkiraan kering dan tidak lembab sampel tanah gambut di diayak menggunakan saringan no.4. Sampel tanah gambut digunakan sebagai bahan utama dalam pengujian pendahululuan dan pengujian utama permeabilitas.



Gambar 4.1 Tanah Gambut

2. Enzim

Enzim yang digunakan untuk campuran larutan sementasi berasal dari laboratorium Pertanian Universitas Islam Riau. Digunakan sebagai bahan campuran pada pengujian utama yaitu pengujian permeabilitas yang diinjeksikan ke dalam sampel tanah uji.



Gambar 4.2 Enzim *Urease*

3. 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 NH_2CONH_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

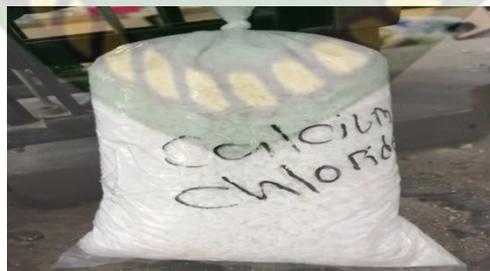
sebesar 46% dengan pengertian setiap 100 kg mengandung 46 kg Nitrogen, Moisture 0,5%, Kadar Biuret 1%, ukuran 3,35 MM 90% Min serta berbentuk Prill. Urea digunakan pada pembuatan larutan sementasi. Standar urea SNI-02-2801-1998. Digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan larutan sementasi.



Gambar 4.3 Bahan Urea

4. CaCl_2 (Calsium 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. CaCl_2 digunakan pada pembuatan larutan sementasi. Digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan larutan sementasi.



Gambar 4.4 Bahan 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.

1. Peralatan Pengujian Pendahuluan

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

1. Peralatan uji kadar air (*Moisture Content*)

a. Cawan

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



Gambar 4.5 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 4.6 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 4.7 Alat Oven Dengan Pengatur Suhu

2. Peralatan Uji Berat Jenis.

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



Gambar 4.8 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 4.9 Kompor Gas

4. Botol Air Suling.

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



Gambar 4.10 Alat Botol Air Suling

3. Peralatan Uji Pemadatan (*Proctor Test*),

Alat-alat yang digunakan adalah :

- a. Mold pemadatan \emptyset 4 sebagai dinding wadah pencetakan
- b. Palu pemadatan standar dengan berat 2,45 kg (5,5 lb) 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 4.11 Alat Uji Pemadatan (*Proctor Test*)

2. Peralatan Pengujian Utama Permeabilitas



Gambar 4.12 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 Pelaksanaan Penelitian

a. Persiapkan Alat Dan Bahan

alat dan bahan yang harus disiapkan adalah alat uji permeabilitas (*Falling Head*), tanah gambut, larutan enzyme urease, air, gelas ukur 100ml, timbangan digital, alat penumbuk, cawan dan sendok.

b. Pembuatan Larutan Sementara

Larutan ini terdiri dari campuran Urea dan CaCl yang digunakan oleh enzim untuk menghasilkan CaCO₃ (*Calcium Carbonat*) dengan komposisi Urea, CaCl₂, enzyme urease, dan air. Berikut adalah diagram alir penelitian.

Pada proses ini dilakukan pencampuran dengan enzyme urease. Bahan yang digunakan sebagai berikut :

1. Enzim urease
2. Urea
3. CaCl
4. Air

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 pembanding 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.

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 4 varian sampel uji yaitu :

1. Untuk sampel tanah asli tabung ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan berat sampel setelah di padatkan, selanjutnya sampel tanah kering di timbang dengan berat 146,1 gr 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 kurangi dengan berat tabung. Lalu letakkan sampel ke dalam alat uji yang telah diisi air 100ml.

2. Sampel tanah kering ditimbang dengan berat 146,1 gr dicampurkan dengan enzim urease 5% dari total air sebanyak 123,9 ml, didapatkan penambahan enzim urease 5% sebanyak 12,89 ml dan air sebanyak 111,01 ml, lalu diaduk rata. Setelah tercampur rata sampel dimasukkan ke dalam tabung lalu dipadatkan dengan 25 tumbukan setiap lapisnya sebanyak 3 lapis. Lalu letakkan sampel ke dalam alat uji yang telah diisi air 100ml.

3. Sampel tanah kering ditimbang dengan berat 146,1 gr dicampurkan dengan enzim urease 15% dari total air sebanyak 123,9 ml, didapatkan penambahan enzim urease 15% sebanyak 38,67 ml dan air sebanyak 85,23 ml, lalu diaduk rata. Setelah tercampur rata sampel dimasukkan ke dalam tabung lalu dipadatkan dengan 25 tumbukan setiap lapisnya sebanyak 3 lapis. Lalu letakkan sampel ke dalam alat uji yang telah diisi air 100ml.

4. Sampel tanah kering ditimbang dengan berat 146,1 gr dicampurkan dengan enzim urease 25% dari total air sebanyak 123,9 ml, didapatkan penambahan enzim urease 25% sebanyak 64,45 ml dan air sebanyak 59,45 ml, lalu diaduk rata. Setelah tercampur rata sampel dimasukkan ke dalam tabung lalu dipadatkan dengan 25 tumbukan setiap lapisnya sebanyak 3 lapis. Lalu letakkan sampel ke dalam alat uji yang telah diisi air 100ml.

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.

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 ke dalam *Oven* selama ± 24 jam dengan suhu 80°C . Setelah dibiarkan di dalam *Oven* untuk menunggu proses pengeringan, lalu tanah tersebut ditimbang lagi, tahap selanjutnya dilakukan proses membandingkan berat air dengan berat tanah kering.

Prosedur pelaksanaannya 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°C
- d. Cawan dan isinya kemudian didinginkan
- e. Setelah dingin, ditimbang dan beratnya dicatat.



Gambar 4.14 Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Asli

2. Pengujian berat spesifik (ASTM D 854-2). Sampel tanah diambil secukupnya untuk dimasukkan kedalam *oven* selama ± 24 jam dengan suhu 80°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 (laboratorium 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. Masukan 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 lembung 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 4.15 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 4.16 Pengujian Pemadatan (*Proctor*)

2. Pembuatan larutan sementasi

Larutan sementasi ini merupakan larutan campuran dari Urea dan CaCl_2 yang digunakan oleh enzim untuk menghasilkan 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 enzim, CaCl_2 , urea, dan air

Tabel 4.1 Material campuran larutan sementasi

NO	BAHAN	JUMLAH
1	Enzim	10 ml
2	Urea	1000 gr
3	CaCl_2	10 gr
4	Air	100 ml

1. Pembuatan larutan Urea.

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

2. Pembuatan larutan CaCl_2

Sama dengan proses pembuatan Urea, langkah pertama untuk pembuatan larutan CaCl_2 adalah dengan mengambil air sebanyak 50 ml dan dimasukkan kedalam wadah, kemudian CaCl_2 diambil dan ditimbang seberat 10 gr. Lalu CaCl_2 yang telah ditimbang sebesar 10 gr tadi dimasukkan kedalam wadah yang sudah ada air sebanyak 50 ml, CaCl_2 tersebut diaduk agar kemudian larut pada air tersebut.

3. Larutan enzyme urease

Pada proses ini disiapkan air sebanyak 100 ml dan dimasukkan kedalam wadah, kemudian bakteri *enzyme* diambil dan ditakar sebanyak 10 ml, lalu air sebanyak 100 ml dan bakteri sebanyak 10 ml ini dicampurkan dengan cara diaduk.

Tahap selanjutnya adalah larutan Urea, larutan CaCl_2 dan larutan *enzyme*, 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.

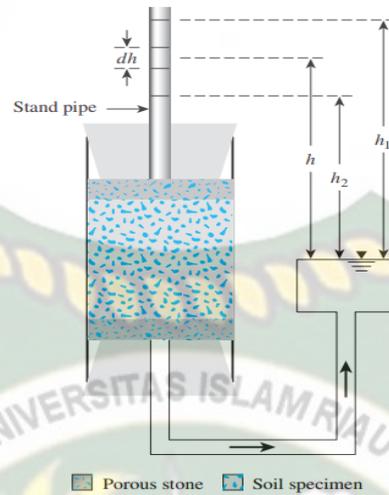


Gambar 4.17 Proses Penyaringan Larutan Sementasi

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 4.18 Skema Alat Uji Permeabilitas (*Falling Head*)

Untuk pengujian permeabilitas ini, sampel tanah gambut yang dibutuhkan adalah sebanyak 4 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 26°C.



Gambar 4.19 Proses Pencampuran Sampel Uji



Gambar 4.20 Proses Memasukan Sampel Uji Ke Dalam Silinder



Gambar 4.21 Proses Pemasangan Silinder Alat Uji Permeabilitas (*Falling Head*)



Gambar 4.22 Proses Pemeraman Sampel Agar Jenuh Air.

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 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)

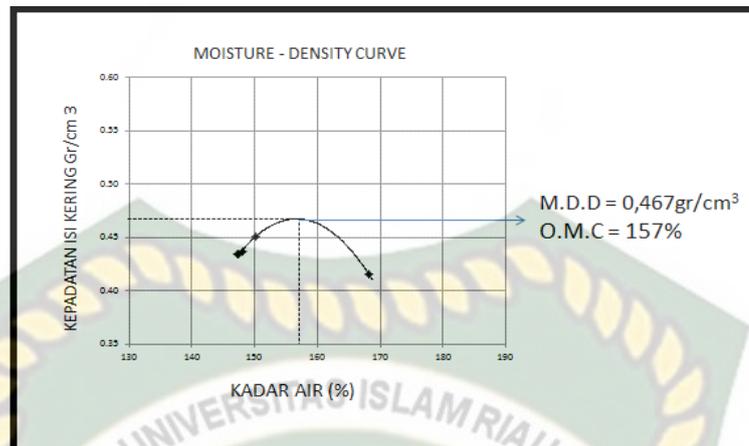
Huruf	Keterangan	Satuan	M7	M21
A	Berat Cawan	Gr	63.2	62.7
B	Berat Cawan + Tanah Basah	Gr	167.1	155.9
C	Berat Cawan + Tanah Kering	Gr	84.1	80.7
D	Berat Air (B-C)	Gr	83	75.2
E	Berat Tanah Kering (C-A)	Gr	20.9	18
F	Kadar Air Ir (D/E X 100%)	%	397.129	417.778
G	Kadar Ir Rata-Rata		407.4534822	

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.

5.2.3 Pengujian pemadatan / *proctor test*

Pengujian pemadatan dilakukan untuk mendapatkan nilai berat isi kering maksimum (γ_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 berikut.



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 pembandingan 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 5.2 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 (γ_d maks)	0,467	Gr/cm ³
4	Kadar Air optimum (OMC)	157	%

5.3 Pengujian Permeabilitas Tanah Gambut Dengan Enzym urease (ASTM D 2434 – 68)

Pengujian Permeabilitas ini menggunakan metode *falling head* dengan cara mencampurkan *enzym* yang dibuat menjadi sebuah larutan (larutan sementasi) dengan tanah gambut.. Sampel yang akan di uji berjumlah 4 sampel yaitu, sampel tanah tanpa campuran, sampel tanah dengan campuran enzym 5%, sampel tanah dengan enzym 15% dan sampel tanah dengan *enzym* 25% yang telah di jenuh kan sebelumnya sebelum pengujian. Tujuan penjenuhan 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 5.3 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

Sampel tanpa campuran dalam waktu 10 menit mengalirkan air sebesar 15ml, untuk sampai penetasan puncak sampel tanpa campuran membutuhkan waktu selama 23 jam 50 menit.

Tabel 5.4 Data Jumlah Air Per 2 Menit Awal Sampel Campuran *Enzym* 5%

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

4	2	3
5	2	2,2

Sampel dengan campuran enzim 5% dalam waktu 10 menit mengalirkan air sebesar 22,9 ml, untuk sampai penetasan puncak sampel membutuhkan waktu selama 20 jam 30 menit.

Tabel 5.5 Data Jumlah Air Per 2 Menit Awal Sampel Campuran 15% *Enzym*

NO	Waktu (menit)	Jumlah air lolos (ml)
1	2	10,2
2	2	8
3	2	7
4	2	4,4
5	2	3

Sampel dengan campuran *enzym* 15% dalam waktu 10 menit mengalirkan air sebesar 32,6 ml, untuk sampai penetasan puncak sampel membutuhkan waktu selama 18 jam 15 menit.

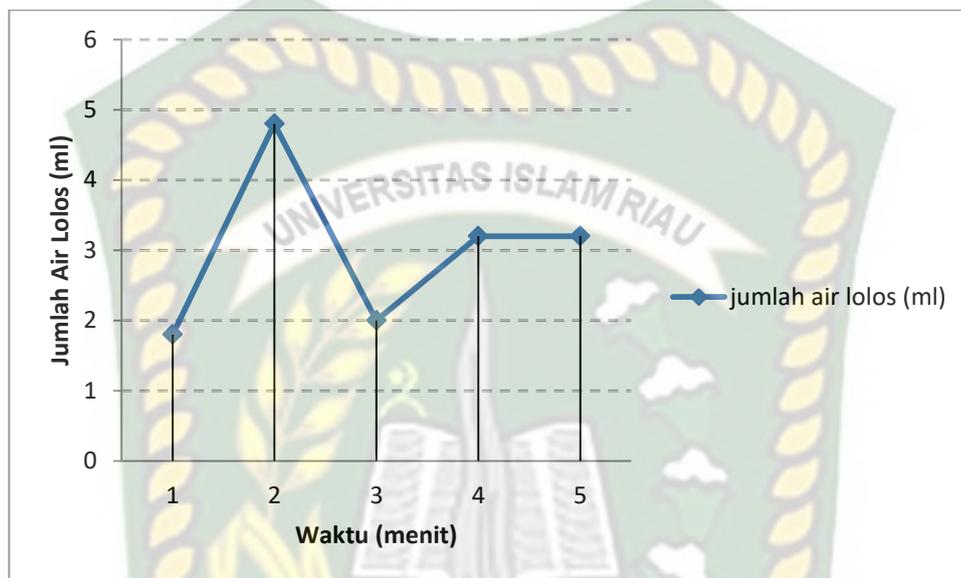
Tabel 5.6 Data Jumlah Air Per 2 Menit Awal Sampel Campuran 25% *Enzym*

NO	Waktu (menit)	Jumlah air lolos (ml)
1	2	13
2	2	8,5
3	2	6
4	2	4,3
5	2	4

Sampel dengan campuran enzim 25% dalam waktu 10 menit mengalirkan air sebesar 35,8 ml, untuk sampai penetasan puncak sampel membutuhkan waktu selama 15 jam 45 menit.

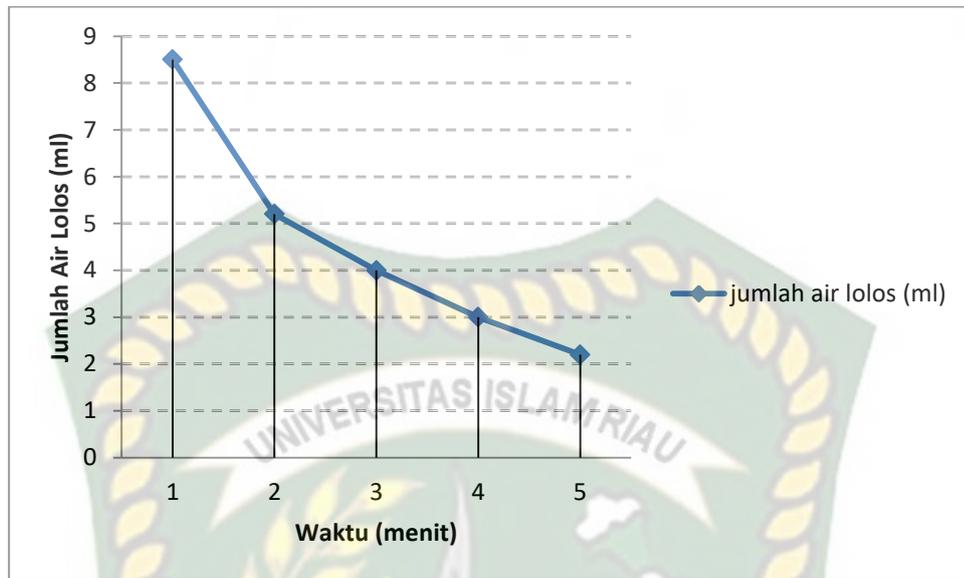
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa sampel tanpa campuran enzim memiliki data yang berbeda, dimana data jumlah air per 2 menit awal sampel tanpa campuran memiliki durasi waktu menetes permukaan selama 23 jam 50 menit, data jumlah air per 2 menit awal sampel dengan campuran enzim 5% memiliki durasi waktu menetes permukaan selama 20 jam 30 menit, data jumlah air per 2 menit awal sampel dengan campuran enzim 15% memiliki durasi waktu menetes

permukaan selama 18 jam 15 menit, data jumlah air per 2 menit awal sampel dengan campuran pasir dan 25% bakteri memiliki durasi waktu menetes permukaan selama 15 jam 45 menit. 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

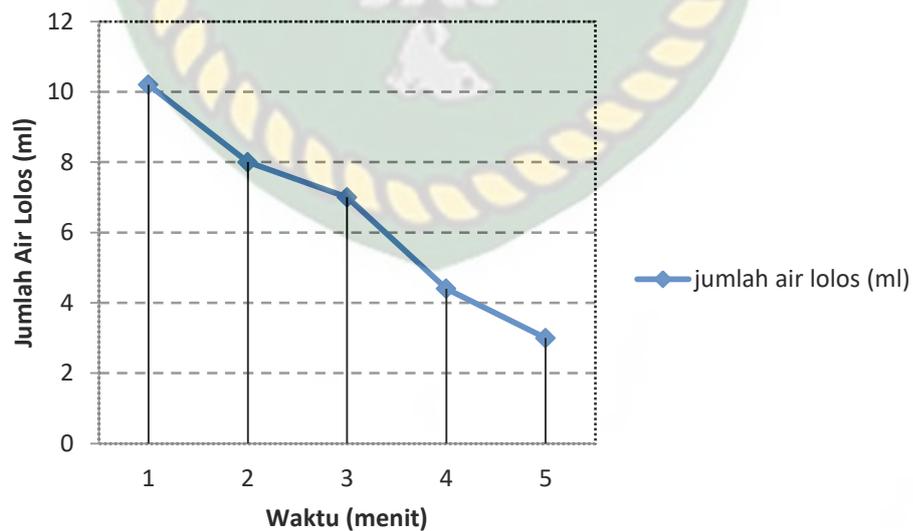
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa, pada 2 menit awal pada sampel tanah asli, jumlah lolos airnya sebesar 1,8ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 4,8ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos airnya 2ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3,2ml dan 2 menit berikutnya jumlah lolos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



Gambar 5.3 Tanah Dengan Campuran *Enzym* 5% Lolos Air Per 2 Menit

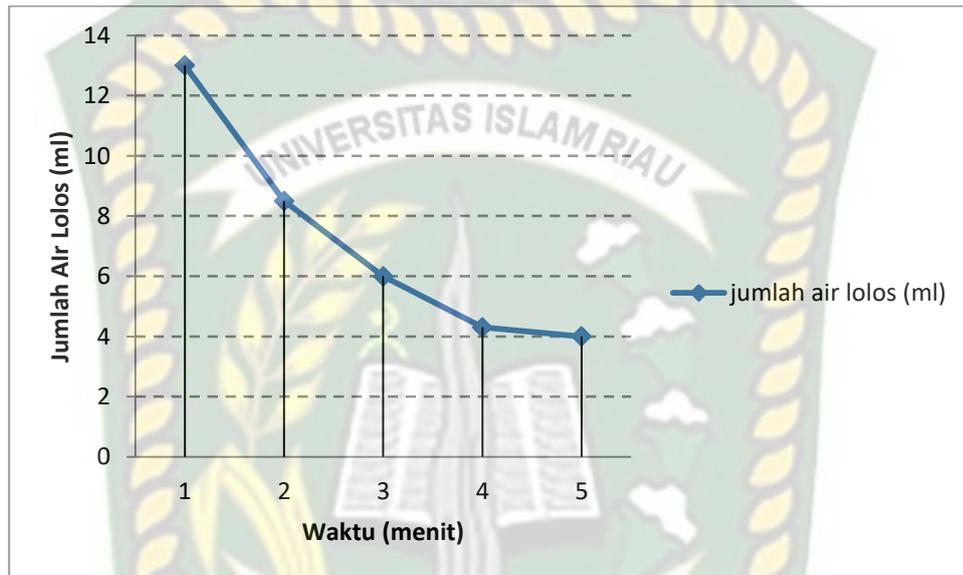
Awal

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



Gambar 5.4 Tanah Dengan Campuran *Enzym* 15% Air Per 2 Menit Awal

Pada gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa, pada 2 menit awal pada sampel tanah dengan campuran *enzym* 15% jumlah lolos airnya sebesar 10,2ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 8ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos airnya 7ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 4,4ml dan 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 3ml.



Gambar 5.5 Tanah Dengan Campuran *Enzym* 25% Air Per 2 Menit Awal

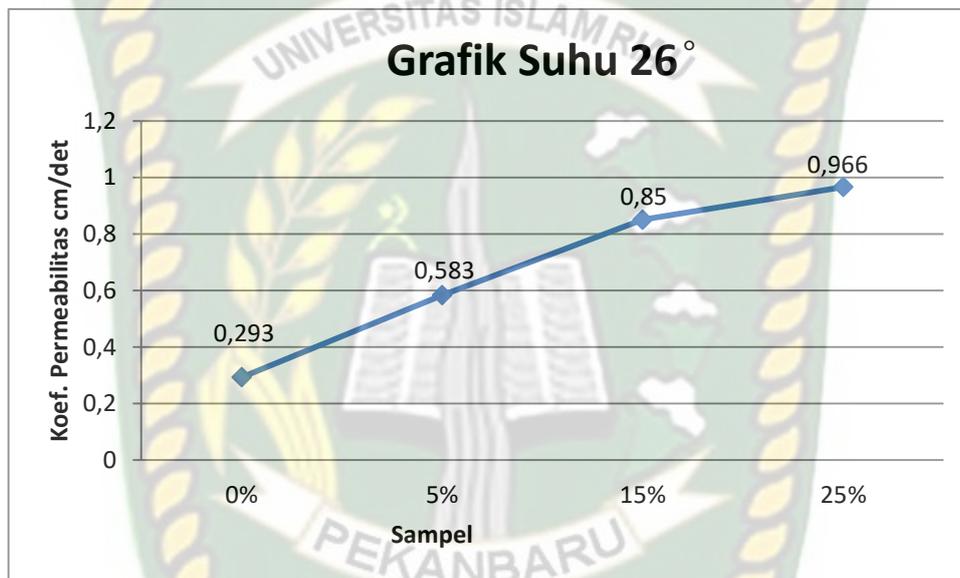
Pada gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa, pada 2 menit awal pada sampel tanah dengan campuran enzim 25% jumlah lolos airnya sebesar 13ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 8,5ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos airnya 6ml, 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 4,3ml dan 2 menit berikutnya jumlah lolos air sebesar 4ml.

Tabel 5.7 Koefisien Permeabilitas Sampel Uji Suhu Air 26° C

No	Sampel	Laju permeabilitas (cm/detik)
1	Tanah asli	0,293
2	Tanah campuran <i>enzym</i> 5 %	0,583
3	Tanah campuran <i>enzym</i> 15 %	0,850
4	Tanah campuran <i>enzym</i> 25 %	0,966

Nilai laju permeabilitas dari masing-masing sampel yang diuji menggunakan alat uji *falling head*. Pada sampel tanah asli diketahui memiliki laju permeabilitas sebesar $2,552 \times 10^{-3}$ cm/detik, sampel tanah campuran *enzym* 5% sebesar $5,072 \times 10^{-3}$ cm/detik, sampel tanah campuran enzim dan 15% bakteri sebesar $7,387 \times 10^{-3}$ cm/detik dan sampel tanah campuran enzim dan 25% bakteri sebesar $8,401 \times 10^{-3}$ cm/detik.

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



Gambar 5.6 Grafik Koefisien Permeabilitas Suhu Air 26°C

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

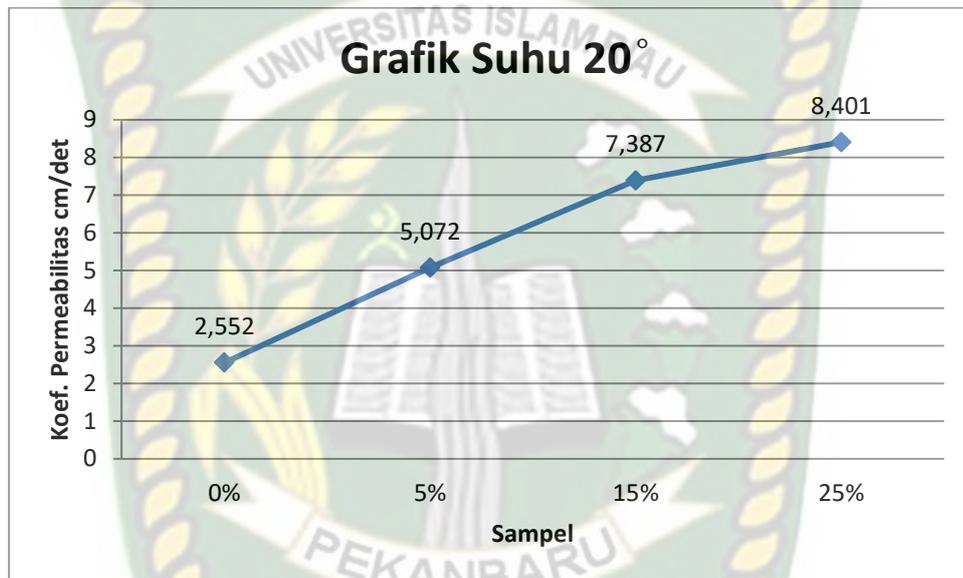
Keterangan laju permeabilitas dapat di lihat pada tabel 3.2 kelas laju permeabilitas. Untuk keterangan kecepatan dan simbol angka tiap sampel sama yaitu dengan keterangan kecepatan “agak lambat” di simbol kan dengan angka 3.

Tabel 5.8 Koefisien Permeabilitas 20°C Standar Suhu Air Pengujian

No	Sampel	Laju permeabilitas
----	--------	--------------------

		(cm/detik)
1	Tanah asli	$2,552 \times 10^{-3}$
2	Tanah campuran enzim 5 %	$5,072 \times 10^{-3}$
3	Tanah campuran enzim 15 %	$7,387 \times 10^{-3}$
4	Tanah campuran enzim 25 %	$8,401 \times 10^{-3}$

Dapat Dilihat Koefisien Permeabilitas Setelah Dihitung Dengan Standar Pengujian 20°C Air Pada Pengujian.



Gambar 5.7 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	0,293	2,552
2	Campuran Enzym 5%	0,583	5,072
3	Campuran Enzym 15%	0,850	7,387
4	Campuran Enzym 25%	0,966	8,401

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	kof.nilai permeabilitas cm/detik	
			P.Utama	terak/klinker
1	Tanpa Campuran	0%	2,552	4.53
2	Campuran Enzym 5%	4%	5,072	4.03
3	Campuran Enzym 15%	8%	7,387	2.97
4	Campuran Enzym 25%	12%	8,401	2.32

Dapat Dilihat Perbedaan Koefisien Permeabilitas Pengujian Utama Dan Pengujian Campuran Terak/Klinker.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil pengujian Permeabilitas tanah gambut dengan menggunakan penambahan *enzym* didapat hasil penelitian sebagai berikut :

1. Perbandingan antara nilai permeabilitas (K) tanpa campuran enzim memiliki nilai koefisien yang lebih rendah dibandingkan dengan sampel tanah yang di campurkan dengan *enzym* 5%, 15% dan 25% dimana reaksi *enzym* pada sampel tanah tanpa campuran *enzym* didapat nilai (K) = $2,552 \times 10^{-3}$ cm/detik, sampel 5% didapat nilai (K) = $5,072 \times 10^{-3}$ cm/detik, sampel 15% didapat nilai (K) = $7,387 \times 10^{-3}$ cm/det, sampel 25% didapat nilai (K) = $8,401 \times 10^{-3}$ cm/det.
2. Dari hasil penelitian menggunakan teknik biogrouting didapat lah kesimpulan bahwa tanah gambut apabila dicampurkan dengan enzyme urease memiliki reaksi yang mampu meloloskan air dengan cepat.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar mengunci sampel dengan baik supaya air tidak merembes keluar ketika di lakukan uji falling head.
2. Untuk Calsium Carbonat (CaCO_3) yang di injeksikan kedalam sampel dihitung. Karena larutan CaCO_3 yang dicampurkan dengan air 1500 ml bersifat acak yang terangkat saat pembagian larutan sebelum penetesan ke sampel uji.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus dan Subiksa, 2008 Proses Pembentukan Tanah Gambut
- ASTM D 5084 *Standard Test Methods for Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Porous Materials Using a Flexible Wall Permeameter*
- Dasaand Ajitt, 2011 Proses Dekomposisi Bahan Organik Dalam Sistem Tanah
- Dion dan Nautiyal, 2008 Definisi Tanah Gambut
- Dejong, J. T., Mortensen, B. M., Martinez, B. C., & Nelson, D. C. (2010) Perbaikan Tanah Yang Dimediasi Biogrouting
- DeJong, J.T. 2006. Teknologi *Grouting* Secara Biologi Yang Di Kenal Dengan Teknologi *Biogrouting* Melalui Mekanisme Pengendapan Kalsium Karbonat
- Dunn dkk, 1980 *Dasar-Dasar Analisis Geoteknik*
- Poedjiadi, 2009 Biogrouting Dari Tanah Organik Tropis Plastissitas Tinggi Yang Menggunakan Campuran Enzyme Urease
- Putra, 2016 Optimasi Enzim Dimediasi Kalsit Sebagai Teknik Perbaikan Tanah Efek Aragonit Gypsum Pada Sifat Mekanik Dari Pasir Yang Diolah
- Putra, 2018 Meningkatkan Parameter Kekuatan Geser Tanah Berpasir Menggunakan Teknik Pengendapan Kalsit Enzim-Dimediasi
- Ritung *et al.*, 2011 Pembentukan, Sebaran Dan Kesesuaian Lahan Gambut Indonesia
- Rohmat, 2009 Suatu Kesatuan Yang Meliputi Infiltrasi Tanah
- oesanto, 2005 *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Kanisus. Jakarta 67 hal.
- 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

Syarif, dkk. 2020. Penerapan Teknik *Biocementation* Oleh *Bacillus Subtilis* dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Pada Tanah Organik. Jurnal Saintis. Vol. 20, No. 01

Mochtar, dkk. 2014. Pengaruh Usia Stabilisasi Tanah Gambut Beserta yang Distabilisasi dengan Campuran CaCO_3 . Jurnal Teknik Sipil. Surabaya. 21(1): 50-64

Notohadiprawiro, 1997 Etika Pengembangan Lahan Gambut

Wibowo, 2010 Laju Infiltrasi Pada Lahan Gambut Yang Dipengaruhi Air Tanah

Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

