

**STUDI EKPERIMENTAL PERBAIKAN SIFAT FISIK TANAH GAMBUT
MENGUNAKAN CAMPURAN PASIR DAN TEKNIK *BIO-GROUTING*
DENGAN BANTUAN BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana S1

Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Riau

Pekanbaru



Disusun Oleh :

ANDRI HARTONO

133110292

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM RIAU
PEKANBARU
2020**

KATA PENGANTAR



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarokatuh

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji dan syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini mengenai **“STUDI EKSPERIMENTAL PERBAIKAN SIFAT FISIK TANAH GAMBUT MENGGUNAKAN CAMPURAN PASIR DAN TEKNIK BIO-GROUTING DENGAN BANTUAN BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS*”**.

Banyak alasan yang ingin dikemukakan penulis dalam penelitian ini, pada dasarnya penulis ingin mengetahui seberapa besar pengaruh stabilisasi tanah gambut yang di tambahkan dengan reagen bakteri menggunakan metode MICP serta bagaimana pengaruh atau perubahan yang terjadi untuk sifat fisik 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, 2020

Penulis

Andri Hartono

UCAPAN TERIMAKASIH

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. 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 terimakasih 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 penguji 1.
10. Bismi Annisa, ST., MT sebagai 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 Hartono dan ibunda Hartinah, sebagai orang tua yang selalu memberikan seluruh kasih sayang, membimbing, selalu memberikan dorongan serta mendo'akan yang terbaik serta berperan dalam proses pendewasaan penulis.
15. Adik Fandy Hartono yang selalu memberikan dukungan dan dorongan kepada penulis.
16. Seluruh teman-teman teknik sipil UIR seperjuangan, Rizky Amarullah, Ruzia Harmi Putra, Indra Mazela, Yarsino Aryadi, Harmonis Emilwa, Nurkholis, Zulpan Budiman, Rahmad Ramadan, James Imanta Sembiring, Dika Ibnu Handoyo, Ulia Rahman Siregar.

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

Wassalamu'alaikum Wr, Wb,

Pekanbaru, 2020

Andri Hartono

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMAKASIH	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR NOTASI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	
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
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Umum.....	4
2.2 Hasil Penelitian Sejenis.....	4
2.3 Keaslian Penelitian.....	7
BAB III LANDASAN TEORI	
3.1 Tanah.....	8
3.2 Tanah Gambut.....	10
3.3 Perilaku Tanah Gambut.....	12
3.4 Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Tanah Gambut.....	14
3.5 Klasifikasi Tanah Gambut.....	16
3.6 Sifat Fisik Tanah Gambut.....	19
3.7 Pasir.....	20
3.8 Stabilisasi Tanah Gambut.....	20
3.9 <i>Bio-Grouting</i>	22
3.10 <i>Bacillus Subtilis</i>	22
3.10.1 Klasifikasi <i>Bacillus Subtilis</i>	23

3.10.2 Karakteristik <i>Bacillus Subtilis</i>	23
---	----

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Umum	24
4.2 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	24
4.3 Bahan Pengujian	25
4.4 Peralatan Pengujian	28
4.5 Peralatan Pengujian Bahan	28
4.6 Tahapan Penelitian dan Prosedur Penelitian	32
4.6.1 Prosedur Pengujian Pendahuluan	32
4.6.2 Pengujian Pemadatan Standart (Proctor) ASTM D 698-78	32
4.6.3 Pengujian Kadar air (<i>Moisture Content</i>) ASTM D 2216-92.....	34
4.6.4 Pengujian Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) ASTM D 854-00.....	35
4.6.5 Pembuatan Sampel	37
4.6.6 Pembuatan Larutan Sementasi Dengan Bakteri	39
4.6.7 Proses Pencampuran Larutan Bakteri Sampel Dengan Benda Uji ...	40
4.7 Prosedur Pengujian Utama	41
4.7.1 Pengujian Kadar Air Tanah (<i>Moisture Concent</i>) ASTM D 2216-92	41
4.7.2 Pengujian Berat Jenis (<i>Specific Gravity</i>) ASTM D 854-00.....	42
4.8 Variasi Campuran Larutan Bakteri Pada Benda Uji Untuk Sifat Fisik Tanah Gambut	44
4.9 Analisa Data	45
4.10 Diagram Alir Penelitian.....	46

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum	47
5.2 Pengujian Pendahuluan	47
5.2.1 Kadar Air Tanah Asli	47
5.2.2 Berat Jenis (Gs)	48
5.2.3 Kepadatan Maksimum Tanah.....	48
5.2.4 Sifat-Sifat Tanah Gambut.....	49
5.3 Pengujian Sifat Fisik Terstabilisasi Larutan Bakteri	49
5.3.1 Kadar Air Terstabilisasi Larutan Bakteri.....	50

5.3.2 Berat Jenis Terstabilisasi Larutan Bakteri51
5.4 Perbandingan Nilai Gs (*specific Gravity*) Dari Stabilisasi Dengan *Bio-Grouting* Dan Stabilisasi Lainnya.....53

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan55
6.2 Saran55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

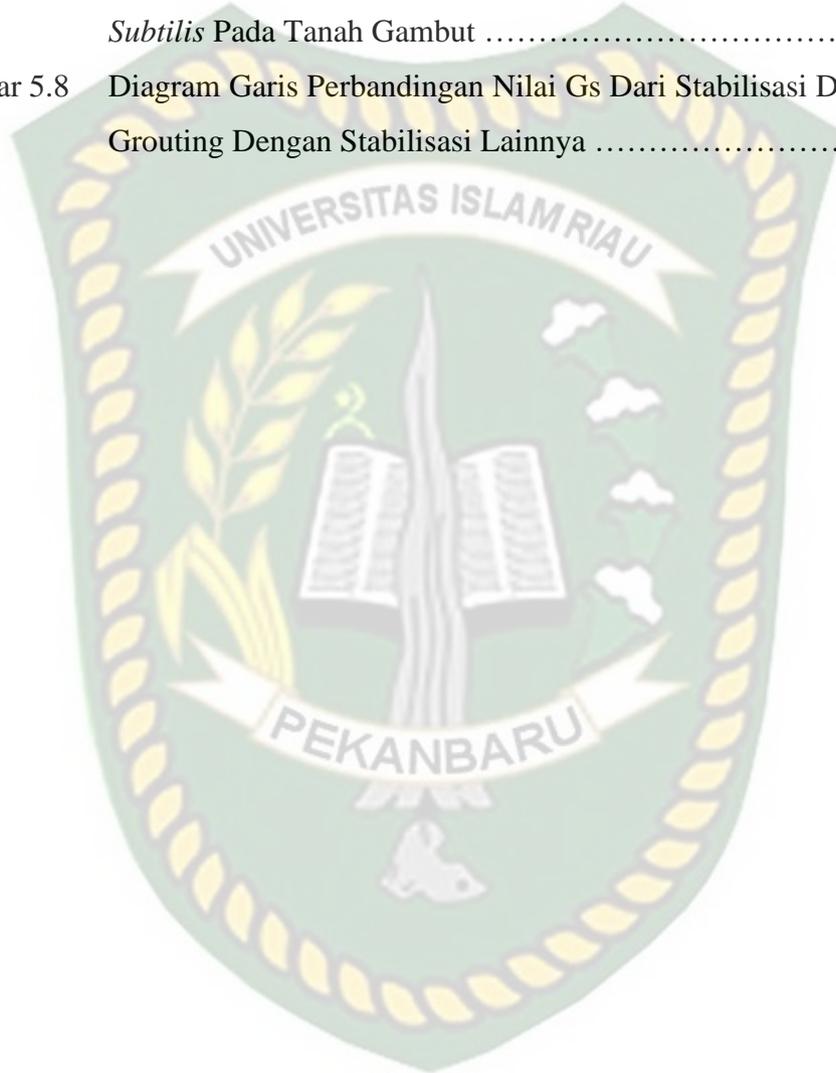
LAMPIRAN C



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Peta lokasi penelitian	24
Gambar 4.2	Bahan Tanah Gambut	25
Gambar 4.3	Bahan Pasir	26
Gambar 4.4	Bahan Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i>	27
Gambar 4.5	Bahan Urea	27
Gambar 4.6	Bahan CaCl ₂	28
Gambar 4.7	Alat Uji <i>Proctor</i>	29
Gambar 4.8	Alat Cawan	29
Gambar 4.9	Alat Timbangan Digital Gram	30
Gambar 4.10	Oven Dengan Pengatur Suhu	30
Gambar 4.11	Alat Piknometer dan Timbangan	30
Gambar 4.12	Alat Kompor Gas	31
Gambar 4.13	Alat Cawan	31
Gambar 4.14	Alat Botol Air Suling	31
Gambar 4.15	Alat Penggiling Manual	32
Gambar 4.16	Pengujian Pematatan Tanah	33
Gambar 4.17	Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Asli	35
Gambar 4.18	Pengujian Berat Jenis (<i>specific Gravity</i>)	37
Gambar 4.19	Proses Pembuatan Sampel Tanah Gambut	38
Gambar 4.20	Proses Pembuatan Larutan Bakteri	40
Gambar 4.21	Proses Penyaringan Larutan Bakteri	40
Gambar 4.22	Proses Pengujian Kadar Air Pada Sampel Benda Uji	42
Gambar 4.23	Pengujian Berat Jenis Pada Sampel Benda Uji	43
Gambar 4.24	Diagram Alir Penelitian	46
Gambar 5.1	Hubungan Berat Volume Kering dengan Kadar Air	48
Gambar 5.2	Hubungan Kadar Air W Terhadap Penambahan Larutan Bakteri	50
Gambar 5.3	Hubungan Nilai Berat Jenis (Gs) Terhadap Penambahan Larutan Bakteri	52
Gambar 5.4	Hubungan Berat Jenis Terhadap Penambahan Kadar Semen Pada Tanah Gambut	53

Gambar 5.5	Hubungan Berat Jenis Terhadap Penambahan Kadar Kapur Pada Tanah Gambut	54
Gambar 5.6	Hubungan Berat Jenis Terhadap Penambahan Tanah Non Organik Pada Tanah Gambut	55
Gambar 5.7	Hubungan Berat Jenis Terhadap Penambahan Bakteri <i>Bacillus Subtilis</i> Pada Tanah Gambut	55
Gambar 5.8	Diagram Garis Perbandingan Nilai Gs Dari Stabilisasi Dengan Bio-Grouting Dengan Stabilisasi Lainnya	56



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Tipe Tanah Berdasarkan Kadar Organik (perencanaan konstruksi timbunan jalan diatas gambut dengan metode prapembebanan, 2004).....	12
Tabel 3.2	Sifat Fisik Tanah Gambut Indonesia (Mochtar,2002)	19
Tabel 3.3	Sifat Teknik Tanah Gambut (Mochtar, 2002)	20
Tabel 4.1	Bahan Campuran Larutan Bakteri	39
Tabel 4.2	Jumlah Sampel Pada Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut	44
Tabel 5.1	Sifat-sifat Tanah Gambut.	49
Tabel 5.2	Nilai Kadar Air (W) Terhadap Penambahan Larutan Sementasi	50
Tabel 5.3	Nilai Berat Jenis (Gs) Tanah Gambut Terhadap Penambahan Larutan Bakteri	51
Tabel 5.4	Perbandingan Nilai Gs dari Stabilisasi Dengan Bio-Grouting Dengan Sabilisasi Lainnya	54

DAFTAR NOTASI

Cm = Centimeter

m³= Meter Kubik

cm³= Centimeter Kubik

gr/cm³= Gram/Centimeter Kubik

%= Persen

Mol= Molekul

gr= Gram

w= Kadar air

Gs= Berat jenis (%)

V= Volume (cm³)

W= Berat (gram)

Pt= Peat (gambut)

OMC= Kadar Air Optimumb (%)



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A

- Lampiran A-1. Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Asli
- Lampiran A-2. Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis
- Lampiran A-3 Hasil Uji Pemeriksaan Percobaan *Proctor*
- Lampiran A-4 Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 0%
- Lampiran A-5 Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 5%
- Lampiran A-6 Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 10%
- Lampiran A-7 Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 15%
- Lampiran A-8 Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 20%
- Lampiran A-9 Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 25%
- Lampiran A-10 Hasil Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Rata-Rata Dengan Campuran Pasir dan Terstabilisasi Larutan Bakteri
- Lampiran A-11 Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 0%
- Lampiran A-12 Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 5%
- Lampiran A-13 Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 10%
- Lampiran A-14 Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 15%
- Lampiran A-15 Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 20%
- Lampiran A-16 Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri 25%

Lampiran A-17 Hasil Uji Pemeriksaan Berat Jenis Rata-Rata Dengan Campuran Pasir Dan Larutan Bakteri

LAMPIRAN B

Lampiran B-1 Dokumentasi Pekerjaan Pemasangan Standart *Proctor*

Lampiran B-2 Dokumentasi Pekerjaan Pemeriksaan Berat Jenis Tanah Asli, Pemeriksaan Kadar Air Tanah Asli, Pemeriksaan Kadar Air Tanah Sampel Benda Uji

Lampiran B-3 Dokumentasi Pekerjaan Pembuatan Sampel Dengan Campuran Pasir, Pembuatan Larutan Bakteri, Uji Pemeriksaan Kadar Air Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Terstabilisasi Larutan Bakteri

Lampiran B-4 Dokumentasi Uji Pemeriksaan Berat Jenis Tanah Dengan Campuran Pasir Dan Terstabilisasi Larutan Bakteri

LAMPIRAN C

Kumpulan Berkas-Berkas

**STUDI EKPERIMENTAL PERBAIKAN SIFAT FISIK TANAH GAMBUT
MENGUNAKAN CAMPURAN PASIR DAN TEKNIK *BIO-GROUTING*
DENGAN BANTUAN BAKTERI *BACILLUS SUBTILIS***

**ANDRI HARTONO
133110292**

ABSTRAK

Tanah gambut dikategorikan tanah lunak yang berarti tanah dalam keadaan kurang baik dan bermasalah apabila akan dibangun konstruksi di atasnya. Perlu adanya peningkatan daya dukung tanah gambut salah satunya yaitu stabilisasi tanah secara kimiawi, dengan cara menambahkan zat aditif (bahan tambah) yang dapat bereaksi dengan tanah dan menggunakan metode baru yang ramah lingkungan.

Pada penelitian ini sampel tanah gambut diambil di Desa Buana Makmur km55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak. Bahan stabilisasi yang digunakan yaitu pasir seabanyak 5% dari berat tanah kering, bakteri *Bacillus Subtilis* yang didapatkan dari Laboratorium Pertanian Universitas Islam Riau dan juga CaCl_2 serta Urea. Metode stabilisasi sifat fisik tanah gambut pada penelitian ini yaitu metode *Bio-Grouting*, pengujian sifat fisik tanah gambut ini mengikuti pada prosedur ASTM (*American Society For Testing And Material*) dan SNI 1965-2008 cara uji penentuan kadar air untuk tanah dan batuan di laboratorium, SNI 1964-2008 cara uji berat jenis tanah, SNI 8460-2017 persyaratan perancangan geoteknik, SK SNI -04-05-1989-F pasir yang baik digunakan untuk sebuah konstruksi, SNI-02-2801-1998 standar urea. Untuk pengujian sifat fisik dilakukan dengan memberikan variasi pencampuran larutan sementasi bakteri dengan kadar 0% (tanpa perlakuan), 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% lalu didiamkan selama 14hari menggunakan wadah pelastik yang tertutup rapat.

Hasil pengujian sifat fisik tanah gambut didapatkan bahwa tanah gambut tersebut termasuk jenis tanah asli dengan kadar air = 407,45% dan berat jenis (G_s) = 1,30gr, sedangkan dari pengujian sifat fisik yang dilakukan kadar air tertinggi terjadi pada penambahan larutan sementasi bakteri 10% = 177,2% dan berat jenis terendah terjadi pada penambahan larutan sementasi bakteri 10% = 1,27gr .

Kata Kunci : *Bio-Grouting*, *Bacillus Subtilis*, CaCl_2 , Pasir, Stabilisasi, Sifat Fisik, Urea

**EXPERIMENTAL STUDY OF IMPROVING THE PHYSICAL
PROPERTIES OF PEAT SOIL USING SAND MIXING AND
BIO-GROUTING TECHNIQUES WITH BACILLUS
SUBTILIC ASSISTANCE**

ANDRI HARTONO

133110292

ABSTRACT

Peat soil is categorized as soft soil, which means the land is in poor condition and problematic if construction is to be built on it. There needs to be an increase in the carrying capacity of peat soils, one of which is chemical soil stabilization, by adding additives (added materials) that can react with the soil and using new environmentally friendly methods.

In this study, peat soil samples were taken in the village of Buana Makmur km55, Dayun District, Siak Regency. The stabilization material used is sand as much as 5% of the dry soil weight, Bacillus Subtilis bacteria obtained from the Agricultural Laboratory of the Islamic University of Riau and also CaCl_2 and Urea. The method of stabilizing the physical properties of peat soil in this study is the Bio-Grouting method, testing the physical properties of this peat soil follows the ASTM (American Society For Testing And Material) and SNI 1965-2008 procedures for testing the determination of water content for soil and rock in the laboratory, SNI 1964-2008 soil specific gravity test method, SNI 8460-2017 geotechnical design requirements, SK SNI -04-05-1989-F good sand to be used for a construction, SNI-02-2801-1998 urea standard. For physical properties testing was carried out by providing variations in the mixture of bacterial cementation solution with levels of 0% (without treatment), 5%, 10%, 15%, 20% and 25% and then let stand for 14 days using a tightly closed plastic container.

The result testing of physical properties of original soil knows including nature soil on water level is 407.45% and weight of soil (Gs) is 1,30gr. It also shows highest water level which addition bacterial cementation solution of 10% about 177,2% from sample without treatment or 0%. It lowest weight of soils on 10% without treatment or 0% is about 1,27gr.

Key words : Bio-Grouting, Stabilize, Sand, Physical Properies, urea, CaCl_2 , Bacillus Subtilis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah gambut adalah tanah yang berasal dari sisa-sisa atau pelapukan tumbuhan, sehingga tanah gambut dikategorikan sebagai tanah lunak yang biasanya memiliki nilai daya dukung yang rendah. Apabila akan dibangun suatu konstruksi di atasnya, diperlukan usaha perbaikan tanah untuk meningkatkan kemampuan tanah tersebut. Tanah gambut yang akan diuji berasal dari Desa Buana Makmur km55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak.

Stabilisasi adalah perbaikan terhadap sifat dan parameter tanah asli agar tanah dapat digunakan dalam konstruksi. Salah satu upaya untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah gambut adalah dengan perbaikan tanah atau stabilisasi yang dilakukan secara kimiawi, dengan cara menambahkan campuran yang dapat bereaksi terhadap tanah gambut, bahan tambahan tersebut yaitu pasir dan bakteri *bacillus subtilis* dengan metode *bio-grouting*.

Biogrouting adalah teknik stabilisasi tanah yang melibatkan mikroorganisme yang diinduksi kalsium karbonat (CaCO_3) presipitasi. Pengendapan kalsium karbonat bertindak sebagai kristal pengikat antar sel yang merangsang proses sementasi di antara butiran tanah. Dalam menerapkan teknologi biogrouting, perlu mempertimbangkan jenis tanah yang akan distabilkan dan jenis mikroorganisme yang digunakan sebagai agen *biog-routing*. Beberapa penelitian terkait dengan biogrouting telah diuji secara luas selama beberapa tahun terakhir. DeJong dkk, (2006) menggunakan *Bacillus pasteurii* untuk menstabilkan pasir yang longgar dan dapat dilipat. Nur dan Sofyan menunjukkan bahwa biogrouting melalui *Bacillus subtilis* dapat mengurangi permeabilitas tanah liat berpasir. *Bacillus subtilis* juga dideskripsikan untuk menstabilkan tanah lempung berpasir laut dengan memperkuat dan mengurangi permeabilitas tanah.

Bacillus adalah bakteri gram-positif berbentuk batang 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 digunakan 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.

Untuk itu usaha stabilisasi tanah gambut sangat diperlukan jika akan melakukan pembangunan konstruksi, stabilisasi tanah adalah usaha untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan latar belakang diatas, maka yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh campuran pasir dan teknik *bio-grouting* dengan bantuan bakteri *bacillus subtilis* terhadap perbaikan sifat fisik tanah gambut

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui campuran pasir dan teknik *bio-grouting* dengan bantuan bakteri *bacillus subtilis* terhadap perbaikan sifat fisik 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 dilapangan khususnya pondasi pada tanah dengan nilai daya dukung yang rendah.
2. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang material.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat-sifat dan mekanik tanah gambut.

1.5 Batasan Masalah

Pada penelitian ini lingkup pembahasan dan masalah yang akan dianalisis dibatasi dengan :

1. Tanah gambut yang digunakan berasal dari Desa Buana Makmur km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak.

2. penelitian yang dilakukan hanya skala laboratorium
3. Pengujian sifat fisik tanah gambut yang dilakukan adalah :
 - a. Pengujian kadar air.
 - b. Pengujian Berat Jenis.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

BAB II

TINJAUAN PISTAKA

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 (*coll'ateral*).

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 Firman Syarif dkk (2019), Willy (2015), Setianwan (2014), Angelina Lynda (2013), Afriani (2008) Nugroho (2008) dan DeJong, 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 daripada 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 melalui tanah.

Willy, 2015 melakukan pengujian kuat geser langsung dengan mencampurkan tanah lempung dengan pasir dengan persentase campuran 10%, 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 40,9361o dan yang tertinggi sebesar 63,7067o pada fraksi lempung 60%.

Setiawan, 2014 dalam penelitiannya tentang pengaruh tanah organik pada kondisi optimum, wet side of optimum dan dry side of optimum terhadap kuat tekan. Dari hasil penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan pada kondisi optimum tanah organik adalah sebesar 0,063 Kg/cm². (Lambe dan Whitman, 1979) menjelaskan bahwa tanah yang berkategori tanah sangat lunak memiliki nilai kuat tekan. sampel Undisturbed sebesar 0,0872 (kg/cm²) mengalami peningkatan sebesar 0.1055 (kg/cm²) dengan Preloading 10 kPa 1 hari dan 0.1191 (kg/cm²) untuk Preloading 10 kPa 2 (dua) hari. Sedangkan Preloading 20 kPa 1 (satu) hari menghasilkan nilai qu sebesar 0.1343 (kg/cm²) dan Preloading 20 kPa 2 hari sebesar 0.1381 (kg/cm²). Beban awal berpotensi meningkatkan nilai daya dukung tanah gambut dengan waktu yang relatif lebih lama.

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 biogrouting, biogrouting 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 biogrouting 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 cm³ 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.

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 $>50^\circ$ 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° .

Nugroho, 2008 telah melakukan penelitian tentang stabilisasi tanah gambut rawapening dengan menggunakan campuran *portland cement* dan gypsum sintetis ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ditinjau dari nilai *California Bearing Ratio* (CBR). Hasil penelitian dari penambahan *portland cement* dan masa pemeraman meningkatkan nilai CBR. Nilai CBR yang dihasilkan mengalami kenaikan dan mencapai nilai maksimum pada kadar *Portland cement* 5% dan gypsum sintetis 15% dengan masa pemeraman 7 hari.

DeJong, J.T. (2006) telah melakukan penelitian tentang teknologi grouting secara biologi yang dikenal dengan teknologi biogrouting 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 (CaCO_3) yang terbentuk dari teknologi biogrouting 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

Perbedaan penelitian yang saya lakukan dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Tidak menghitung kuat tekan tanah gambut.
2. Tidak menghitung kuat geser tanah gambut.
3. Hanya membahas sifat fisik tanah gambut.

Adapun persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Menggunakan campuran pasir terhadap tanah gambut.
2. Menggunakan metode *Bio Grouting* dan campuran bakteri *Bacillus Subtilis*

Oleh sebab itu untuk mencari alternatif perbaikan tanah gambut/organik dengan metode *bio-grouting* dengan bantuan bakteri *bacillus subtilis* yang ramah lingkungan, yaitu memanfaatkan mikroorganisme yang berasal dari bakteri yang dapat menghasilkan Kristal calcium carbonat (CaCO_3) yang dapat merubah butiran pasir menjadi batuan pasir. Sehingga pengendapan calcium carbonat bertindak sebagai pengikat Kristal antar sel pada 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 juga didefinisikan sebagai akumulasi partikel mineral yang tidak mempunyai atau lemah ikatan partikelnya, yang terbentuk karena pelapukan dari batuan. Diantara partikel-partikel tanah terdapat ruang kosong yang disebut pori-pori yang berisi air dan udara. Ikatan yang lemah antara partikel-partikel tanah disebabkan oleh pengaruh karbonat atau oksida yang tersenyawa diantara partikel-partikel tersebut, atau dapat juga disebabkan oleh adanya material organik bila hasil dari pelapukan tersebut di atas tetap berada pada tempat semula maka bagian ini disebut tanah sisa (*residu soil*). Hasil pelapukan terangkut ke tempat lain dan mengendap di beberapa tempat yang berlainan disebut tanah bawaan (*transportation soil*). Media pengangkutan tanah berupa gravitasi, angin, air dan gletsyer. Pada saat akan berpindah tempat, ukuran dan bentuk partikel-partikel dapat berubah dan terbagi dalam beberapa rentang ukuran. Tanah menurut *Bowles* (1989) adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut :

1. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan batu besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm dan untuk kisaran ukuran-ukuran 150 mm – 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles/ pebbles*).
2. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm – 5 mm, yang berkisar dari kasar (3 mm–5 mm) sampai halus (< 1 mm).
3. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm – 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit

yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.

4. Lempung (clay) adalah partikel yang berukuran lebih dari 0,002 mm, partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi dari tanah yang kohesif.
5. Koloid (colloids) adalah partikel mineral yang diam, berukuran lebih dari 0,01 mm.
6. Kerikil (gravel), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.

Metode yang dipakai dalam teknik sipil untuk membedakan dan menyatakan berbagai tanah, sebenarnya sangat berbeda dibandingkan dengan metode yang dipakai dalam bidang geologi atau ilmu tanah. Sistem klasifikasi yang digunakan dalam mekanika tanah dimaksudkan untuk memberikan keterangan mengenai sifat-sifat teknis dari bahan-bahan itu dengan cara yang sama, seperti halnya pernyataan-pernyataan secara geologis dimaksudkan untuk member keterangan mengenai asal geologis dari tanah. 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 bahanbahan organik yang telah melapuk (partikel padat) disertai zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara parikel-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 Gambut

Tanah Gambut 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 tergantung 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 gambut merupakan tanah dengan sifat kurang baik, yang sangat tidak ekonomis apabila dijadikan tanah dasar (*subgrade*) suatu konstruksi di atasnya. Maka diperlukan suatu perlakuan khusus terhadap tanah gambut yang berdaya dukung rendah dan mempunyai sifat ekspansif. Perlakuan-perlakuan untuk meningkatkan stabilitas dan kapasitas daya dukung tanah sering disebut stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah merupakan hal yang sangat penting bagi pembangunan suatu konstruksi apabila tanah yang digunakan memiliki karakteristik yang tidak baik, seperti tanah gambut.

Maksud dari stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli agar tanah tersebut sesuai atau memenuhi syarat untuk dipergunakan sesuai fungsinya. Sifat-sifat tanah dapat diperbaiki secara ekonomis dengan menggunakan bahan campuran (Nugroho, 2008). Salah satu bahan campuran yang dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi adalah pasir, alasan dipilihnya pasir sebagai bahan yang digunakan, karena pasir merupakan bahan yang relatif murah dan mudah didapatkan.

Bahan campuran lain yang akan digunakan yaitu bakteri *Bacillus Subtilis* merupakan bakteri Gram-Positif, berbentuk batang dan katalase. Menurut Holt, *et al.* (2000), *Bacillus subtilis* telah terbukti sangat mudah untuk manipulasi genetik, dan telah banyak diadopsi sebagai organisme model untuk penelitian laboratorium, terutama dari spolurasi, yang merupakan contoh sederhana dari diferensiasi seluler. Dalam hal popularitas organisme model laboratorium, *Bacillus subtilis* sering dianggap sebagai ekuivalen Gram-positif dari *Escherichia coli*, suatu bakteri Gram-negatif.

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.

Tanah gambut bisa dijumpai di daerah pengunungan, dataran tinggi dan dataran rendah dimana daerah tersebut terendam air dalam waktu yang sangat lama. Pembentukan gambut di Asia tenggara dimulai pada 18000 tahun yang lalu sedangkan gambut Indonesia terbentuk mulai kira-kira 5.000 hingga 8.000 tahun yang lalu (Van de Meene 1984)

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 (Jelisc dan Lappanen, 2002) dan pemampatan yang besar dan tidak merata sehingga banyak bangunan sipil yang rusak akibat perilaku tersebut (Mohtar, NE., dkk., 2014)

Perencanaan konstruksi timbunan jalan diatas gambut dengan metode prapembebanan (2004), yang dikeluarkan oleh kementerian pekerjaan umum, tanah gambut terdiri dari serat tumbuhan dalam berbagai tingkat komposisi yang memiliki ciri warna coklat tua hingga hitam, dengan aroma khas tumbuhan yang telah membusuk, serta mempunyai konsistensi yang berongga tanpa

memperlihatkan plastisitas yang kuat dengan tekstur beserat (fibrous) hingga amorf. Secara umum fisik dan mekanis tanah gambut mengandung kadar air yang cukup tinggi, mempunyai daya dukung yang rendah serta daya mampat yang tinggi. Dalam ilmu rekayasa geoteknik, klasifikasi tanah lunak berdasarkan kadar organiknya, dapat digolongkan seperti pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1. Tipe Tanah Berdasarkan Kadar Organik (perencanaan konstruksi timbunan jalan diatas gambut dengan metode prapembebanan, 2004)

Jenis Tanah	Kadar Organik
Lempung	<25
Lempung Organik	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 berserat (*Fibrous Peat*), dan tanah gambut dengan kandungan serat $< 20\%$ yang disebut sebagai gambut tidak berserat (*Amorphouse Gramular Peat*). Tanah gambut berserat dan tanah gambut tidak berserat dikategorikan sebagai tanah yang sangat lembek yang pada umumnya mempunyai kemampuan mendukung beban (daya dukung / *baring capacity*) yang sangat rendah dan pemampatan (*Settlement*) yang sangat besar.

3.3. Perilaku Tanah Gambut

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 mineralogi 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.

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 di tanah 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.

3.4. Faktor yang Mempengaruhi Perilaku Gambut

Tanah gambut dan tanah lempung organik sangat berbeda, meskipun sama-sama memiliki kandungan organik. Yang menjadikan tanah-tanah tersebut berbeda dipengaruhi oleh jumlah material organik serta bagaimana proses terbentuknya tanah tersebut, meskipun dalam penglihatan kasat mata biasa dilihat perbedaannya. Dilihat juga dari karakteristik tanah seperti berat jenis, berat isi, isi pori, derajat kejenuhan, kadar air dan konsolidasi.

Tanah gambut mengandung kadar organik tinggi dan berbeda dengan lempung organik. Faktor-faktor yang menyebabkan perilaku struktur ialah jumlah air mineral organik dalam urutan pembentukannya.

a. Berat jenis

Tanah gambut ialah perpaduan dari tanah mineral yang mempunyai berat jenis sekitar 2,7 dan material organik mempunyai berat jenis sekitar 1,4 sesuai dengan dan telah dibuktikan oleh Skempton dan Ptly (1970), pada kawasan iklim sedang. Pada kawasan Indonesia mempunyai kaitan sama juga dengan indicator dalam pengamatannya pada tanah yang dengan mengandung berat jenis tinggi pada mineral dan juga pada gambut.

Faktor yang mempengaruhi berat jenis (B_j) yaitu :

1. Tekstur tanah

Partikel-partikel tanah yang ukuran partikelnya kasar, memiliki nilai berat jenis yang tinggi misalnya pasir, ukuran partikel pasir lebih besar dari pada ukuran partikel liat sehingga berat jenis pasir lebih tinggi dari pada liat dan sebaliknya. (Darmawijaya,1997)

2. Bahan organik tanah

Bahan organik tanah merupakan penimbunan dari sisa-sisa tanaman dan binatang yang sebagian telah mengalami pelapukan dan pembentukan kembali. Bahan organik telah memiliki berat jenis tanah. Semakin banyak kandungan bahan organik tanah, menyebabkan semakin rendahnya berat jenis tanah, (Rahardjo, 2001)

b. Batas cair (liquid limit)

Batas cair ialah batas pada kadar air diantara keadaan cair dan keadaan plastis. Dalam menetukannya dengan memakai alat batas cair *Cassagrade*. Tanah sudah dicampur dengan air dan diletakkan di dalam cawan untuk dibuat alur dengan menggunakan alat spatel atau growing tool. Bentuk alur ini sebelum dan sesudah percobaan. Engkol alat diputar sehingga cawan dinaikkan dan dijatuhkan pada dasar, dan banyaknya pukulan dibuang sampai kedua tepi alur tersebut berimpit sampai 13 mm.

Batas cair ialah kadar air tanah dalam 25 pukulan. Percobaan ini dilaksanakan pada beberapa contoh tanah dalam beberapa kadar air berbeda, dan banyaknya pukulan dihitung tiap-tiap kadar air. Dengan demikian dapat dibuat suatu grafik kadar air terhadap banyaknya pukulan. Dari grafik ini dapat dibaca kadar air pada 25 pukulan (Hardiyanto,2006)

Perhitungan untuk mencari batas cair berdasarkan standar ASTM 4318:

1. Berat tanah basah, $E = C - B$

2. Berat tanag kering, $F = D - B$

3. Berat air,

$$G = E - F$$

4. Kadar air,

$$H = \frac{G}{F} \times 100$$

Keterangan:

B = Berat cawan, (gram)

C = Berat tanah basah + cawan, (gram)

D = Berat tanah kering + cawan, (gram)

E = Berat tanah basah, (gram)

F = Berat tanah kering, (gram)

G = Berat air, (gram)

K = Kadar air, (%)

c. Kompresibilitas (compressibility) atau kemampuan memampatan.

Kompresibilitas ialah perubahan volume suatu sifat material bila aadanya tekanan, Farrell dkk, (1994) menjelaskan dikawasan tanah gambut

Irlandia Kompresibilitas Cc yang korelasi dengan batas cair. Bahwa nilai-nilai k berkisar diantar 0,007 sampai dengan 0,009. Pada gambut yang berserat tidak bisa endapan gambut berbeda dan bervariasi satu sama lain. Bahwa sifat-sifat teknik pada gambut memiliki kadar air yang tinggi yang berkisaran 200% sampai dengan 900% pada sampel tidak terganggu.

3.5 Klasifikasi Tanah Gambut

ASTM D4427-92 (2002) mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kandungan serat, kandungan abu (ASTM D2974), tingkat keasaman (ASTM D2976), tingkat absorpsinya (ASTM D2980), dan tanah gambut berdasarkan tingkat humifikasinya (ASTM D5715-00). Klasifikasi tanah gambut berdasarkan kandungan seratnya yaitu:

1. *Fibric*, merupakan tanah gambut dengan kadar serat > 67%
2. *Hemic*, merupakan tanah gambut dengan kasar serat 33% sampai 67%
3. *Sapric*, merupakan tanah gambut dengan kadar serat <33%

Klasifikasi tanah gambut berdasarkan kandungan abunya, yaitu :

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

Klasifikasi tanah gambut berdasarkan tingkat asamnya, yaitu :

1. *Highly acidic*, merupakan tanah gambut dengan pH < 4,5
2. *Moderately acidic*, merupakan tanah gambut dengan pH antara 4,5 – 5,5
3. *Slightly acidic*, merupakan tanah gambut dengan pH antara 5,5 – 7
4. *Basic*, merupakan tanah gambut dengan pH ≥ 7

Klasifikasi tanah gambut berdasarkan tingkat absorpsinya, yaitu :

1. *Extremely absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung air > 1500%
2. *Highly absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung air 800% - 1500%
3. *Moderately absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung air 300 – 800%

4. *Slightly absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung air < 300%

Gambut menurut penyusunan atau bahan asalnya, wilayah iklim, pembentukan, ketebalan lapisan, kematangan tingkat kesuburan, dan wilayah iklim (Agus dan Subiksa, 2008) antara lain:

1. Berdasarkan bahan asal atau penyusunannya tanah gambut dibedakan tiga golongan gambut yaitu :
 - a. Gambut lumutan (*sedimentary* atau *moss peat*) ialah gambut terdiri dari gabungan tanaman air (*family liliceace*) merupakan plankton yang sejenisnya.
 - b. Gambut seratan (*fibrous* atau *sedge peat*) ialah gambut terdiri dari gabungan dari tanah sphagnum dan rumputan.
 - c. Gambut kayuan (*wood peat*) ialah rumputan berasal dari jenis pohon atau hutan tiang termasuk tanaman semak atau paku-pakuan dibawahnya.
2. Berdasarkan jenjang kesuburannya tanah gambut dibedakan tiga golongan yaitu:
 - a. Gambut eutofik ialah gambut yang mengandung mineral, khususnya klasium karbonat, sebagian besar didaerah payau dan berasal dari vegetasi serat rumputan-rumputan bersifat netral atau alkalin.
 - b. Gambut oligotrofik, ialah tanah gambut yang mengandung mineral sedikit, khusus magnesium dan kalsium yang bersifat dengan asam atau $\text{pH} < 4$.
 - c. Gambut mesotrofik ialah gambut yang berada antara gambut eutrofik dan gambut oligotrofik.
3. Berdasarkan pada wilayah iklim, tanah gambut dibedakan menjadi dua antara lain :
 - a. Gambut tropic ialah gambut yang terletak pada kawasan tropic atau sub tropic.
 - b. Gambut iklim sedang ialah gambut yang terletak pada kawasan Eropa yang memiliki iklim empat musim.
4. Berdasarkan urutan pembentukannya, gambut dibedakan menjadi yaitu:

- a. Gambut ombrogen ialah gambut terbentuk dipengaruhi pada curah hujan.
 - b. Gambut topogen ialah gambut terbentuk dipengaruhi pada kondisi topografi dan air tanah.
5. Berdasarkan lingkungan terbentuknya gambut dibedakan menjadi yaitu:
- a. Gambut cekung (basin peat) ialah gambut yang terbentuk dikawasan cekungan rawat butir (backswamps) atau lembah sungai.
 - b. Gambut sungai (river peat) adalah gambut yang terbentuk dikawasan sungai ke arah lembah kurang lebih 1 km sepanjang sungai Kapuas, Sungai Mentangai di Kalimantan dan sungai Barito.
 - c. Gambut daratan tinggi (highland peat) adalah gambut yang terbentuk di kawasan punggung bukit atau pegunungan seperti kawasan Tigi di provinsi Papua dan pegunungan Dien di provinsi Jawa Tengah.
 - d. Gambut dataran pasir / pantai (costal peat) adalah gambut dikawasan sepanjang sekitar pantai.
6. Berdasarkan sifat kematangannya (ripeness) gambut dibedakan tiga jenis yaitu:
- a. Gambut fabric ialah gambut masih muda klasifikasinya mengandung sisa atau bahan jaringan tanaman yang dapat dilihat secara asli dan visual dengan ukuran diameter 0,15 mm sampai 2 cm.
 - b. Gambut hemik ialah tanah gambut yang mengalami proses pembentukan dan bersifat separuh matang.
 - c. Gambut saprik adalah bahan gambut yang terjadi pembentukan cepat dan bersifat matang sampai dengan matang.
7. Berdasarkan ketebalan lapisan organiknya gambut diklasifikasikan empat kategori yaitu:
- a. Gambut dangal ialah areal gambut yang memiliki ketebalan lapisan bahan organik 50-100 cm.
 - b. Gambut ttengahan ialah areal gambut yang memiliki ketebalan lapisan bahan organik 100-200 cm.
 - c. Gambut dalam ialah areal gambut yang memiliki ketebalan lapisan bahan organik 200-300 cm.

- d. Gambut sangat dalam ialah areal gambut yang memiliki ketebalan lapisan bahan organik > 300 cm.

3.6 Sifat Fisik Tanah Gambut

Sifat fisik tanah gambut memiliki kandungan organik yang sangat tinggi, dimana proses pembentukan tanah itu sendiri berasal dari tumbuhan. Kandungan air yang tinggi dan nilai angka pori yang besar menyebabkan harga koefisien rembesan tanah gambut menyerupai pasir, hal ini dikarenakan pori yang besar menyebabkan air dalam pori mudah keluar terutama apabila terdapat beban di atasnya. Angka volume tanah gambut yang kecil menunjukkan bahwa kepadatan tanah gambut tidak seperti tanah pada umumnya dan jika dihubungkan dengan kadar airnya yang tinggi, berat air yang terkandung dalam tanah gambut mempunyai 6 (enam) kali lebih berat dibandingkan berat butiran tanah gambut itu sendiri. Beberapa hal yang penting untuk diperhatikan pada sifat tanah gambut dapat dilihat pada **tabel 3.2**

Tabel 3.2 Sifat Fisik Tanah Gambut Indonesia (Mochtar,2002)

No	Sifat Fisik	Nilai
1	Kandungan Organik (Oc)	95 - 99%
2	Berat volume (t)	0,9 - 1,25 t/m ³
3	Kadar air (W)	200% - 900%
4	Angka pori (e)	5 - 15
5	Ph	4 - 7
6	Kadar abu (Ac)	1 - 15%
7	Spesifik gravity (Gs)	1,38 - 1,95
8	Rembesan (k)	2^{-02} s/d $1,2^{-06}$

Pada umumnya sifat fisik suatu material akan sangat berpengaruh pada sifat teknis material itu sendiri, hal yang sama pula terjadi pada tanah gambut. Tabel 3.2 menunjukkan sifat teknis tanah gambut, dimana sifat teknis yang paling menjadi perhatian adalah daya dukungnya yang sangat rendah dengan tingkat kemampuannya yang tinggi seperti tertera pada **Tabel 3.3**

Tabel 3.3 Sifat Teknik Tanah Gambut (Mochtar, 2002)

No	Sifat	Nilai	Keterangan
1	Kohesi tanah/kuat geser	0	non cohesive
2	Compressibility/kemampatan	Sangat tinggi	Sensitif thd
3	Bearing capacity/kapasitas dukung	5 – 7 kpa	Skandinavia
4	Sudut geser dalam	> 50 derajat	Terutama fibrous
5	Ko/koefisien tek tanah at rest	Maks 0,5	Lbh kecil dr
6	Konsolidasi	Sangat lama	4

3.7 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 Indonesia (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.

3.8 Stabilisasi Tanah Gambut

Stabilisasi tanah gambut adalah usaha untuk memperbaiki sifat-sifat tanah asli agar tanah tersebut sesuai atau memenuhi syarat untuk dipergunakan sesuai

fungsinya. Sifat-sifat tanah dapat diperbaiki secara ekonomis dan ramah lingkungan dengan menggunakan metode dan bahan campuran. Salah satu bahan campuran yang dapat digunakan sebagai bahan stabilisasi adalah bakteri *Bacillus Subtilis*. Metode stabilisasi ramah lingkungan yang digunakan adalah *Bio-Grouting* metode stabilisasi ramah lingkungan baru untuk menstabilkan tanah lunak dengan menerapkan mikro organisme.

Meurut Bowles (1984) apabila tanah dilapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, permeabilitas yang terlalu tinggi, atau sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilkan. Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu tindakan :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan tahanan gesek yang timbul.
3. Menambahkan bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi atau fisis tanah gambut.
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah)
5. Mengganti tanah yang buruk

Tujuan perbaikan tanah tersebut adalah untuk mendapatkan tanah dasar yang stabil pada semua kondisi. Adapun metode-metode stabilisasi yang dikenal adalah :

1. Stabilisasi Mekanis

Stabilisasi mekanis adalah penambahan kekuatan atau daya dukung tanah dengan jalan mengatur gradasi tanah yang dimaksud. Usaha ini biasanya menggunakan system pemadatan. Pemadatan merupakan stabilisasi tanah secara mekanis, pemadatan dapat dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (*roller*), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, dan sebagainya (Bowles, 1991)

2. Stabilisasi Kimiawi

Stabilisasi secara kimiawi adalah penambahan bahan stabilisasi yang dapat mengubah sifat-sifat kurang menguntungkan dari tanah. Biasanya digunakan untuk tanah yang berbutir halus. Bahan yang

digunakan untuk stabilisasi tanah disebut *stabilizing agent* karena setelah dilakukan pencampuran menyebabkan terjadinya stabilisasi.

3.9 *Bio-Grouting*

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 bakteri *Bacillus subtilis*. Untuk mempelajari efektivitas bio-grouting menggunakan *Bacillus subtilis*, uji triaksial dan geser langsung yang tidak dikonsolidasi dilakukan pada tanah yang tidak dirawat dan distabilkan. Waktu curing untuk spesimen tanah yang stabil adalah 7, 14 dan 28 hari sebelum tes dilakukan.

Untuk mempelajari pengaruh jumlah *Bacillus subtilis*, 6 ml dan 12 ml biakan cair *Bacillus subtilis* diinjeksikan ke dalam spesimen tanah. Tanah menjadi lebih kuat karena jumlah *Bacillus subtilis* yang digunakan meningkat. Hasil menunjukkan bahwa semakin lama waktu curing dan jumlah *Bacillus subtilis* yang lebih tinggi mencerminkan perbaikan tanah yang lebih baik dalam hal kohesi, sudut gesekan dan tegangan geser. Setelah 28 hari waktu perawatan, injeksi 6 ml dan 12 ml *Bacillus subtilis* liquid culture meningkatkan nilai kohesi tegangan efektif masing-masing sebesar 180% dan 270%.

3.10 *Bacillus Subtillis*

Bacillus subtillis merupakan bakteri Gram-Positif, berbentuk batang dan katalase-Positif. Bakteri ini pada awalnya dinamai *Vibrio subtillis* oleh Christian Gottfried Ehrenberg dan dinamai ulang menjadi *Bacillus subtillis* oleh Ferdinand Cohn pada tahun 1872 (*Subtillis* adalah bahasa latin untuk “baik”). Sel *Bacillus subtillis* biasanya berbentuk batang, dengan panjang sekitar 4-10 mikrometer (μm) dan diameter 0,25-1,0 μm , dengan volume sel sekitar 4,6fL difase stasioner.

Seperti bakteri lain dari *genus Bacillus*, *Bacillus subtilis* dapat membentuk endospora, untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang ekstrim dari suhu dan pengeringan. *Bacillus subtillis* adalah anaerob fakultatif dan telah

dianggap sebagai aerob obligat sampai 1998. *Bacillus subtilis* memiliki banyak flagela, yang memberikan kemampuan untuk bergerak cepat dalam cairan.

Bacillus subtilis telah terbukti sangat mudah untuk manipulasi genetik, dan telah banyak diadopsi sebagai organisme model untuk penelitian laboratorium, terutama dari spolurasi, yang merupakan contoh sederhana dari diferensiasi seluler. Dalam hal popularitas organisme model laboratorium, *Bacillus subtilis* sering dianggap sebagai ekuivalen Gram-positif dari *Escherichia coli*, suatu bakteri Gram-negatif.

3.10.1 Klasifikasi *Bacillus Subtilis*

Menurut *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology 2nd edition* (2001) dalam Madigan, *et al.* (2003) *Bacillus* memiliki jenjang klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Bacteria
 Phylum : Firmicutes
 Class : Bacilli
 Order : Bacillales
 Genus : Bacillus

3.10.2. Karakteristik *Bacillus Subtilis*

Menurut Holt, *et al.* (2000), *Bacillus* termasuk kedalam kelompok bakteri batang dan kokus pembentuk endospore dengan ciri-ciri memiliki bentuk sel batang, motil karena memiliki satu flagel, Gram-positif, bersifat aerobik, membentuk endospora, memiliki habitat pada tanah, air, lingkungan akuatik, pencernaan hewan (termasuk manusia), beberapa spesies bersifat patogenitas terhadap manusia dan binatang lain.

Dalam *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* genus *Bacillus* memiliki karakteristik yang berbeda apabila dibandingkan dengan bakteri pembentuk endospora dan genera sejenis.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1. Umum

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

4.2. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Lokasi pengambilan sampel Tanah Gambut diambil dari daerah Desa Buana Makmur km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak, Untuk bakteri berasal dari Laboratorium Pertanian Universitas Islam Riau Pekanbaru. Pengujian-pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanikan Tanah Teknik Sipil Universitas Islam Riau Pekanbaru, baik pada pengujian pendahuluan maupun pengujian utama. Adapun denah lokasi penelitian seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Peta lokasi penelitian

4.3. Bahan Pengujian

Pada penelitian ini bahan-bahan yang digunakan adalah :

1. Tanah yang digunakan berupa tanah gambut

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah gambut dengan kondisi tidak stabil atau terganggu, dimana sampel tersebut diambil pada kedalaman $\pm 50 \text{ cm}$ dari permukaan tanah atas dengan menggunakan cangkul dan alat seadanya, kemudian sampel tanah tersebut dibawa ke laboratorium untuk diuji, sebelum diuji sampel tanah tersebut dikeringkan terlebih dahulu dengan memanfaatkan panas matahari, kemudian setelah kering sampel tanah diayak menggunakan saringan no4 hingga lolos.



Gambar 4.2 Bahan Tanah Gambut

2. 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.



Gambar 4.3 Bahan Pasir

Pada konstruksi bahan bangunan pasir digunakan sebagai bahan agregat halus dalam campuran beton, bahan spesi perekat pasangan bata maupun keramik, pasir urug, screed lantai dll.

3. Bakteri *Bacillus subtilis*

Bacillus subtilis merupakan bakteri Gram-Positif, berbentuk batang dan katalase-Positif. Seperti bakteri lain dari genus *Bacillus*, *Bacillus subtilis* dapat membentuk endospora, untuk bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang ekstrim dari suhu dan pengeringan. *Bacillus subtilis* adalah anaerob fakultatif dan telah dianggap sebagai aerob obligat sampai 1998. *Bacillus subtilis* memiliki banyak flagela, yang memberikan kemampuan untuk bergerak cepat dalam cairan. *Bacillus subtilis* telah terbukti sangat mudah untuk manipulasi genetik, dan telah banyak diadopsi sebagai organisme model untuk penelitian laboratorium, terutama dari sporulasi, yang merupakan contoh sederhana dari diferensiasi seluler.



Gambar 4.4 Bahan Bakteri *Bacillus Subtilis*

4. Urea

Urea, disebut juga pupuk nitrogen (N), memiliki kandungan nitrogen 46%. Urea dibuat dari reaksi antara amoniak dengan karbon dioksida dalam suatu proses kimia menjadi urea padat dalam bentuk prill (ukuran 1-3 mm) atau granul (ukuran 2-4 mm). Urea ialah senyawa organik yang tersusun dari unsur hidrogen, karbon, oksigen dan nitrogen dengan rumus kimia CON_2H_4 ataupun $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$. 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. Standar urea SNI-02-2801-1998.



Gambar 4.5 Bahan Urea

5. CaCl_2 (Kalsium Kloride)

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.



Gambar 4.6 Bahan CaCl_2

4.4 Peralatan Pengujian

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

4.5 Peralatan Pengujian Bahan

Peralatan-peralatan untuk Pengujian:

1. Pengujian Pemadatan Standar (*Proctor*)

Alat-alat yang digunakan:

- a) Mold pemadatan \varnothing 4"
- b) Palu pemadatan standar dengan berat 2,45 kg (5,5 lb)
- c) Extruder mold
- d) Pisau pemotong
- e) Palu karet
- f) Kantong plastic
- g) Cawan
- h) Pan
- i) Gelas ukuran 1000 ml

j) Saringan no.4



Gambar 4.7 Alat Uji Proctor

2. Kadar air tanah (*moisture content*)

Alat-alat yang digunakan:

a. Cawan



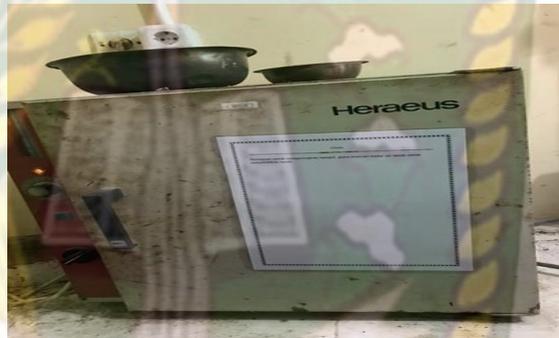
Gambar 4.8 Alat Cawan

b. Timbangan Digital Gram



Gambar 4.9 Alat Timbangan Digital Gram

c. Oven Dengan Pengatur Suhu



Gambar 4.10 Oven Dengan Pengatur Suhu

3. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Alat-alat yang digunakan:

- a. Píknometer Dengan Kapasitas Minimum 100 ml
- b. Timbangan Digital Gram



Gambar 4.11 Alat Píknometer dan Timbangan

c. Kompor Gas



Gambar 4.12 Alat Kompor Gas

d. Cawan



Gambar 4.13 Alat Cawan

e. Botol Air Suling



Gambar 4.14 Alat Botol Air Suling

f. Penggiling Manual



Gambar 4.15 Alat Penggiling Manual

4.6 Tahapan Penelitian Dan Prosedur Penelitian

Secara garis besar pengujian dilakukan menjadi 2 tahap yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian utama.

4.6.1 Prosedur Pengujian Pendahuluan

Dalam penelitian ini pengujian pendahuluan dilakukan untuk menjadi acuan pada pengujian utama, Pada bagian ini pengujian material tanah gambut dilakukan dengan mengambil sampel tanah gambut yang telah tersedia atau yang akan digunakan sesuai keperluan pengujian, dengan penelitian yang dilakukan terdiri dari pengujian sifat fisik tanah ataupun indeks properties tanah meliputi pengujian pemadatan standar (proctor) ASTM D 698-78, Pengujian berat jenis (specific Gravity) ASTM D 854-00 dan Pengujian kadar air tanah (Moisture Content) ASTM D 2216-92.

4.6.2 Pengujian Pemadatan Standar (proctor) ASTM D 698-78

Pengujian pemadatan standar dilakukan untuk mengetahui kadar air optimum (OMC) dan berat isi kering maksimum (γ_d maks). Pengujian pemadatan standard proctor ini berdasarkan ASTM D 698-78, sampel tanah yang digunakan lolos saringan no.4 sebanyak ± 3000 gram. Untuk pengujian pemadatan tanah asli cara pelaksanaannya sebagai berikut :

- a. Menyiapkan sampel tanah $\pm 3,0$ kg untuk 1 silinder pemadatan, selanjutnya mencampurkan air sesuai dengan variasi. Agar tidak

berkurang, diamkan ± 24 jam, hal ini dilakukan agar pori-pori tanah terisi oleh air.

- b. Mengeluarkan benda uji dari plastik, sebar pada nampan dan bagi sampel tanah menjadi 3 bagian, memasukkan sampel kedalam cetakan dan kemudian dipadatkan dalam tiga lapis, dan masing-masing lapis dipadatkan dengan tumbukan 25 tumbukan. Kemudian leher cetakan dibuka dan sampel diratakan hingga bagian atas benda uji sejajar dengan permukaan cetakan, lalu cetakan dilepas dari alasnya kemudian ditimbang. Ambil sampel dari bagian atas, bawah, dan tengah, lalu masukkan sampel kedalam cawan, untuk mengetahui kadar airnya. Selanjutnya masukkan cawan berisi tanah tersebut kedalam oven. 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 Pemasatan Tanah

4.6.3 Pengujian Kadar air (*Moisture Content*) ASTM D 2216-92

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 2216-92.

Prosedur pelaksanaannya yaitu (Laboratorium Mekanika Tanah, 2016) :

- a. Sampel Tanah Gambut yang akan diperiksa di tempatkan dalam cawan yang bersih, kering yang telah diketahui beratnya.
- b. Timbang cawan kosong terlebih dahulu yang sudah dibersihkan lalu dicatat berapa berat dari cawan kosong tersebut.
- c. Cawan dan isinya kemudian ditimbang dan beratnya dicatat
- d. Cawan dan isinya dimasukkan kedalam oven pengering hingga berat contoh tanah konstan (24 jam) oven suhu 80°C
- e. Setelah 24 jam keluarkan cawan dan isinya untuk didinginkan
- f. Setelah dingin kemudian timbang beratnya dan catat



Gambar 4.17 Pengujian Kadar Air Sampel Tanah Asli

Perhitungan:

1. Berat air (W_w) = $W_{cs} - W_{ds}$
2. Berat tanah kering (W_s) = $W_{ds} - W_c$
3. Kadar air (ω) = $\frac{W_w}{W_s} \times 100\%$

Dimana:

W_c = Berat cawan yang akan digunakan

W_{cs} = Berat benda uji + cawan

W_{ds} = Berat benda uji + cawan

Perbedaan kadar air diantara ketiga sampel tersebut maksimum sebesar 5% dengan nilai rata-rata.

4.6.4 Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*) ASTM D 854-00

Pengujian 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.

Prosedur pelaksanaannya yaitu (laboratorium mekanika tanah, 2016) :

1. Benda Uji
 - a. Benda uji dipersiapkan dan dioven sampai kering dengan berat tidak boleh kurang dari 50 gram

- b. Contoh didapat dengan menyaring tanah dengan saringan no.40
 - c. Benda uji dikeringkan dengan oven pada suhu 105-1100 C
2. Langkah Pengujian
- a. Cuci piknometer dengan air suling dan keringkan. Timbang piknometer dan tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (W1)
 - b. Masukkan benda uji kedalam piknometer dan timbang bersama tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (W2)
 - c. Tambahkan air suling sehingga piknometer terisi 2/3 untuk bahan yang mengandung lebung diamkan benda uji terendam selama sedikitnya 24 jam.
 - d. Didihkan piknometer dengan hati hati selama minimal 10 menit, ketika pemanasan sedang berlangsung miringkan botolsekali kali untuk mempercepat pengeluaran udara yang tersekap
 - e. Isi piknometer dengan air suling,biarkan piknometer beserta isinya untuk mencapai suhu konstan (24 jam) didalam bejana air atau dalam kamar.
 - f. Sesudah suhu konstan tambahkan air suling seperlunya smapai batas,tutuplah piknometer, keringkan bagian luarnya dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram (W3),ukur suhu dan piknomter dengan ketelitian 10 celcius
 - g. 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 10 C dann pasang tutupnya,keringkan bagian lurarnya dari piknometer dan timbang dengan ketelitian 0,01 gram dan koreksi terhadap suhu.



Gambar 4.18 Pengujian Berat Jenis (*specific Gravity*)

Perhitungan :

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Dimana :

G_s = Berat jenis

W_1 = Berat picnometer (gram)

W_2 = Berat picnometer dan tanah kering (gram).

W_3 = Berat picnometer, tanah dan air (gram)

W_4 = Berat picnometer dan air bersih (gram)

4.6.5 Pembuatan Sampel

Melakukan pencampuran sampel tanah asli dengan material bergradasi kasar atau pasir dengan pembagian sampel yaitu Sampel TA, Sampel P5, Sampel P10, Sampel P15, Sampel P20 dan Sampel P25.

1. Sampel TA

Sampel tanah asli dicampur dengan material bergradasi kasar atau pasir

dengan persentase 0 %, kemudian sampel dipadatkan.

2. Sampel P5

Sampel tanah asli dicampur dengan material bergradasi kasar atau pasir dengan persentase 5 %, kemudian sampel dipadatkan.

3. Sampel P10

Sampel tanah asli dicampur dengan material bergradasi kasar atau pasir dengan persentase 5%, kemudian sampel dipadatkan.

4. Sampel P15

Sampel tanah asli dicampur dengan material bergradasi kasar atau pasir dengan persentase 5%, kemudian sampel dipadatkan.

5. Sampel P20

Sampel tanah asli dicampur dengan material bergradasi kasar atau pasir dengan persentase 5%, kemudian sampel dipadatkan.

6. Sampel P25

Sampel tanah asli dicampur dengan material bergradasi kasar atau pasir dengan persentase 5%, kemudian sampel dipadatkan.



Gambar 4.19 Proses Pembuatan Sampel Tanah Gambut

4.6.6 Pembuatan Larutan Sementasi Dengan Bakteri

Dalam penelitian ini digunakan reagen yaitu CO (NH₂) urea, CaCl₂ dan Bacillus Subtilis sebagai bahan grouting. Penelitian ini adalah penelitian untuk memastikan pengaruh teknik presipitasi kalsit yang diinduksi secara mikroba oleh bakteri bacillus subtilis di tanah gambut. Oleh karena itu, penelitian ini mencoba dengan jumlah konsentrat bahan yang acak dan membuat sampel dengan itu sebagai percobaan.

Untuk pembuatan reagen bakteri harus disiapkan alat-alat dan bahannya, alat-alat yang dipakai yaitu, cawan, sendok, timbangan digital, botol aqua, tabung piknometer, gelas ukur, cerocok dan kertas saring. Sedangkan untuk bahannya adalah bakteri, CaCl₂, urea, dan air. Konsetrat yang dibuat untuk reagen dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

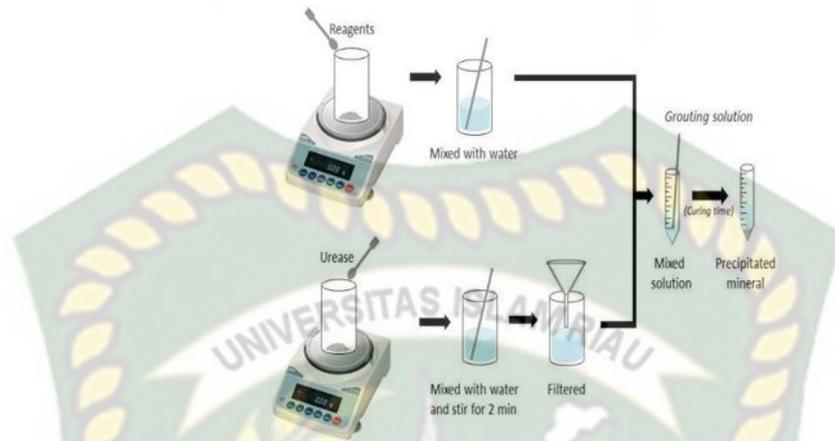
Tabel 4.1 Bahan Campuran Larutan Bakteri

No	Bahan	Kuantitas
1	Bakteri	10 ml
2	Urea	1000 gr
3	Cacl ₂	10 gr
4	Air	50 ml

Langkah-langkah pembuatan reagen dengan bakteri dilakukan sebagai berikut:

1. Larutkan 100 gr urea dengan air sebanyak 50 ml kedalam cawan pertama
2. Larutkan 10 gr cacl₂ dengan air sebanyak 50 ml kedalam cawan kedua.
3. Larutkan 10 ml bakteri dengan air sebanyak 50 ml ke dalam cawan ketiga.
4. Setelah semua bahan larut, campurkan semua bahan tersebut kedalam cawan ke 4, komposisinya 10 ml setiap bahannya.
5. Lalu saring campuran tersebut kedalam tabung piknometer menggunakan kertas saring.

- Setelah disaring timbang reagen bakteri, lalu campurkan dengan air 50ml



Gambar 4.20 Proses Pembuatan Larutan Bakteri



Gambar 4.21 Proses Penyaringan Larutan Bakteri

4.6.7 Proses Pencampuran Larutan Bakteri Sampel Dengan Benda Uji

Langkah-langkah pencampuran reagen bakteri dengan sampel benda uji adalah sebagai berikut:

- Ambil sampel benda uji yang ada didalam plastik, lalu dikeluarkan dan ditimbang beratnya kemudian masukkan kembali benda uji kedalam plastik
- Hasil dari timbangan berat sampel benda uji di kalikan dengan persen reagen bakteri. Dipenelitian ini menggunakan campuran reagen bakteri (5%,10%,15%,20%,25%) hal ini dilakukan untuk mendapatkan

beberapa ml reagen bakteri yang akan di teteskan menggunakan pipet tetes kedalam setiap sampel.

3. Untuk setiap persen campuran digunakan 3 sampel benda uji.
4. Setelah itu peram sampel yang telah ditetaskan reagen selama 14 hari.

4.7 Prosedur Pengujian Utama

Pada pengujian utama dilakukan setelah pengujian pendahuluan untuk mengetahui properties dari tanah gambut yang telah dikombinasikan menggunakan reagen bakteri. Pada penelitian ini pencampuran reagen bakteri terhadap sampel tanah gambut yaitu dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% terhadap berat isi sampel tanah gambut. Setelah sampel tanah gambut dikombinasikan dengan reagen bakteri, lalu sampel akan diperam selama 14 hari. Selanjutnya akan diuji sifat-sifat fisik tanah gambut yaitu pengujian berat jenis (*specific Gravity*) ASTM D 854-00 dan pengujian kadar air tanah (*Moisture Concent*) ASTM D 2216-92. Kemudian menganalisa hasil pengujian, menyusun laporan hasil dan pembahasan serta membuat kesimpulan dan saran.

4.7.1 Pengujian Kadar Air Tanah (*Moisture Concent*) ASTM D 2216-92

Adapun tujuannya adalah untuk menentukan kadar air tanah yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering yang dinyatakan dalam persen.

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)
- d. Cawan dan isinya kemudian didinginkan
- e. Setelah dingin, ditimbang dan beratnya dicatat.

diambil 3 contoh sampel tanah benda uji yang telah dikombinasikan dengan reagen bakteri guna mencari nilai kadar air rata-rata untuk setiap persen reagen bakteri. Pada tanah gambut menggunakan suhu oven 80°C



Gambar 4.22 Proses Pengujian Kadar Air Pada Sampel Benda Uji

4.7.2 Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*) ASTM D 854-00

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya berat jenis tanah yang merupakan perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air diudara pada volume yang sama dan pada temperatur tertentu.

Prosedur pelaksanaannya yaitu (laboraturium mekanika tanah, 2016):

1. Benda uji
 - a. Benda uji dipersiapkan dan dioven sampai kering selama 24 jam dengan berat tidak boleh kurang dari 50 gram
 - b. Contoh didapat dengan menyaring tanah dengan saringan no.40
 - c. Benda uji dikeringkan dengan oven pada suhu 105-1100 C
2. Langkah Pengujian
 - a. Cuci piknometer dengan air suling dan keringkan. Timbang piknometer dan tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (W_1)
 - b. Masukkan benda uji kedalam piknometer dan timbang bersama tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (W_2)
 - c. Tambahkan air suling sehingga piknometer terisi 2/3 untuk bahan yang mengandung lempung diamkan benda uji terendam selama sedikitnya 24 jam.
 - d. Didihkan piknometer dengan hati hati selama minimal 10 menit, ketika pemanasan sedang berlangsung miringkan botolsekali kali untuk mempercepat pengeluaran udara yang tersekap

- e. Isi piknometer dengan air suling,biarkan piknometer beserta isinya untuk mencapai suhu konstan (24 jam) didalam bejana air atau dalam kamar.
- f. Sesudah suhu konstan tambahkan air suling seperlunya smapai batas,tutuplah piknometer, keringkan bagian luarnya dan timbang dengan ketelitian 0,1 gram (W_3),ukur suhu dan piknomter dengan ketelitian 10 celcius
- g. 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 ketelitian 10 C dann pasang tutupnya,keringkan bagian lurarnya dari piknometer dan timbang dengan ketelitian 0,01 gram dan koreksi terhadap suhu.

diambil 2 conntoh sampel tanah benda uji yang telah dikombinasikan dengan reagen bakteri guna mencari nilai berat jenis rata-rata untuk setiap persen larutan bakteri. Pada tanah gambut menggunakan suhu oven 80°C.



Gambar 4.23 Pengujian Berat Jenis Pada Sampel Benda Uji

4.8 Variasi Campuran Larutan Bakteri Pada Benda Uji Untuk Sifat Fisik Tanah Gambut

Adapun rancangan untuk tanah gambut terstabilisasi reagen bakteri yaitu dengan variasi kadar reagent bakteri 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Untuk setiap variasi diuji dengan 3 buah sampel benda uji yang dicampur pada kadar optimum berdasarkan uji sifat fisik tanah gambut yaitu, uji kadar air dan berat jenis tanah gambut. Untuk proses pengujian benda uji dilakukan dengan proses pemeraman selama 14 hari, adapun rincian rancangan campuran benda uji dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Jumlah Sampel Pada Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut

Keterangan	Umur Peraman	Jumlah Sampel
Tanah gambut	0	3
Tanah gambut + reagen bakteri 5%	14	3
Tanah gambut + reagen bakteri 10%	14	3
Tanah gambut + reagen bakteri 15%	14	3
Tanah gambut + reagen bakteri 20%	14	3
Tanah gambut + reagen bakteri 25%	14	3
Total Sampel		18

4.9 Analisa Data

1. Pengolahan Data

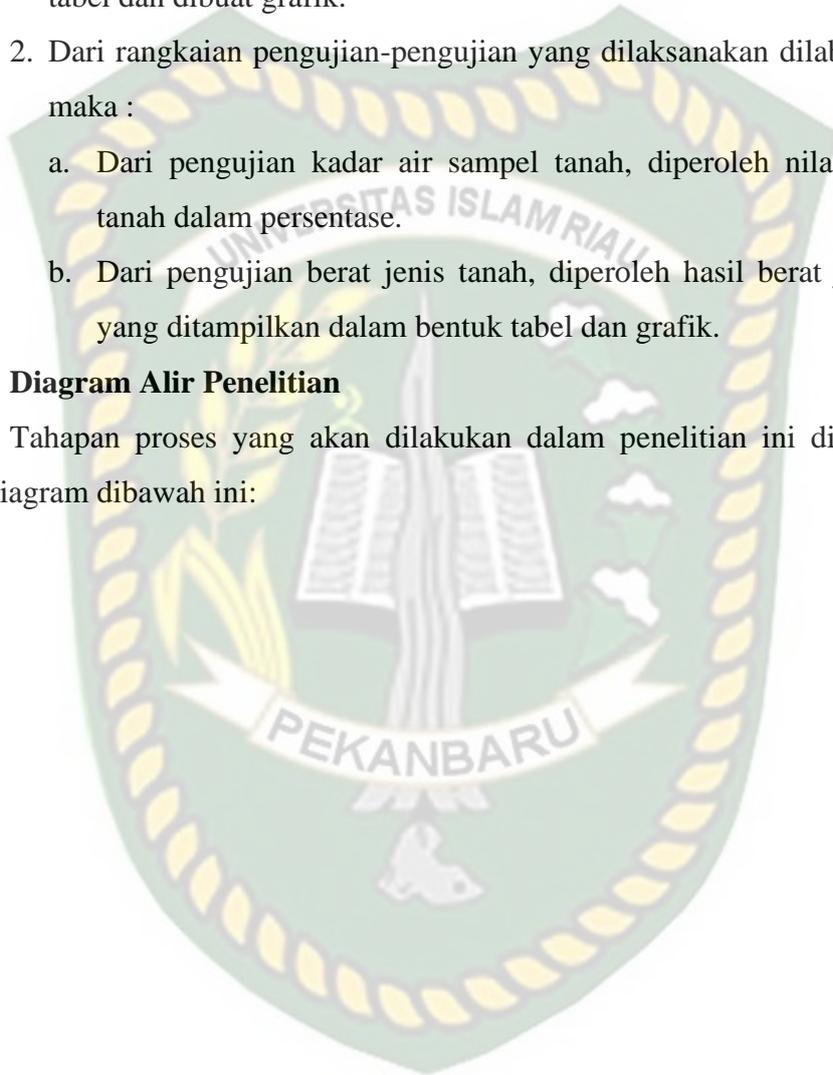
Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari penelitian yang dilakukan diolah, kemudian hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan dibuat grafik.

2. 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 tanah, diperoleh hasil berat jenis tanah yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

4.9 Diagram Alir Penelitian

Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan pada diagram dibawah ini:





Gambar 4.24 Diagram Alir Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Umum

Hasil pengamatan berupa pengujian yaitu karakteristik, sifat fisik tanah gambut menggunakan campuran pasir dan bakteri *Bacillus Subtilis* dengan menggunakan metode Bio-Grouting.

Efek *Bacillus subtilis* pada sifat rekayasa tanah organik masih belum sepenuhnya ditemukan. Tanah 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.

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, oleh karena itu, dibutuhkan perbaikan tanah sebelum kegiatan konstruksi dimulai, untuk mencegah terjadinya *settlement* yang berpotensi mengganggu struktur bangunan dimasa yang akan datang.

5.2. Pengujian Pendahuluan

Pengujian pendahuluan adalah yang dilakukan sebelum pencampuran tanah gambut dengan pasir dan bakteri *Bacillus Subtilis* dengan menggunakan metode Bio-Grouting dilakukan, pengujian ini dilakukan menggunakan tanah gambut sebagai pengujian, beberapa pengujian meliputi pengujian kadar air tanah asli, berat spesifik (Gs) dan pengujian pemadatan.

5.2.1. Kadar Air Tanah Asli

Prosedur pengujian kadar air yang dilakukan sesuai dengan prosedur pada ASTM D2216. Dari pengujian kadar air yang dilakukan pada tanah didapatkan nilai kadar air sebesar 407,5%. Tingginya kadar air ini disebabkan karena tanah asli terdiri dari kandungan serat organik (gambut) yang dapat menyerap air sangat

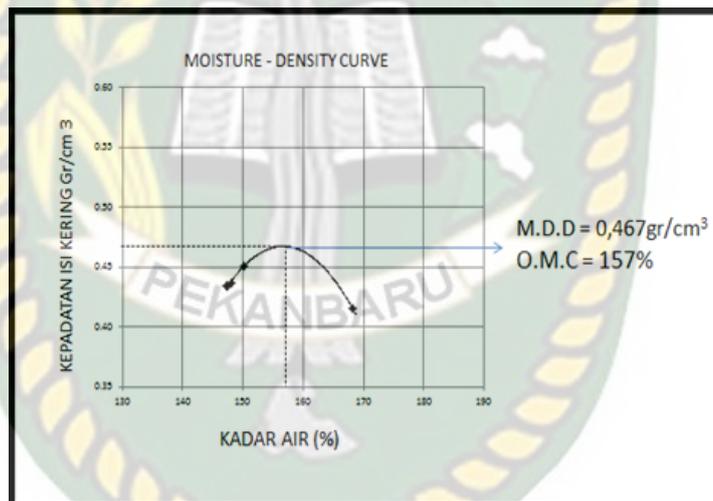
banyak, menurut pusat Litbang Prasarana Transportasi adapun nilai kadar air gambut berkisar antara 200% hingga 900%.

5.2.2. Berat Jenis (GS)

Prosedur pengujian berat spesifik (*Specific Gravity*) yang dilakukan sesuai dengan ASTM 854. Dari pengujian yang telah dilakukan terhadap tanah asli, nilai berat spesifik (GS) tanah yang digunakan adalah sebesar , dapat dilihat pada lampiran A-2. Nilai berat spesifik (GS) terpengaruh dari serat kayu dan organik lainnya.

5.2.3. Kepadatan Maksimum Tanah

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 %, dapat dilihat pada Lampiran A-4. Grafik pengujian pemadatan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.2 Hubungan Berat Volume Kering dengan 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-pengujian yang dilakukan, dapat dirangkum sifat-sifat fisis tanah. Berikut tabel sifat fisis tanah gambut yang didapat dari pengujian pendahuluan.

Tabel 5.1 Sifat-sifat Tanah Gambut.

No	Sifat-Sifat	Besaran	Satuan
1	Berat Spesifik, G_s	0,544	-
2	Kadar Air, w	407,5	%
3	Berat Volume Basah, γ	0,983	kN/m ³
4	Berat Volume Kering, γ_d	0,168	kN/m ³
5	Berat Isi Kering Maksimum, (γ_d maks)	0,467	Gr/cm ³
6	Kadar Air optimum, (OMC)	157	%

5.3. Pengujian Sifat Fisik Terstabilisasi Larutan Bakteri

Pengujian Sifat Fisik ini menggunakan metode *biogrouting* yaitu dengan cara mencampurkan bakteri *bacillus subtilis* yang dibuat menjadi sebuah larutan (larutan sementasi) dengan penambahan pasir. Persentase pasir pada sampel benda uji ini adalah sebanyak 5% dari berat sampel tanah gambut. Berikut adalah persentase penambahan larutan sementasi terhadap sampel benda uji sebanyak:

- a. Sampel 1 = 0%
- b. Sampel 2 = 5%
- c. Sampel 3 = 10%
- d. Sampel 4 = 15%
- e. Sampel 5 = 20%
- f. Sampel 6 = 25%

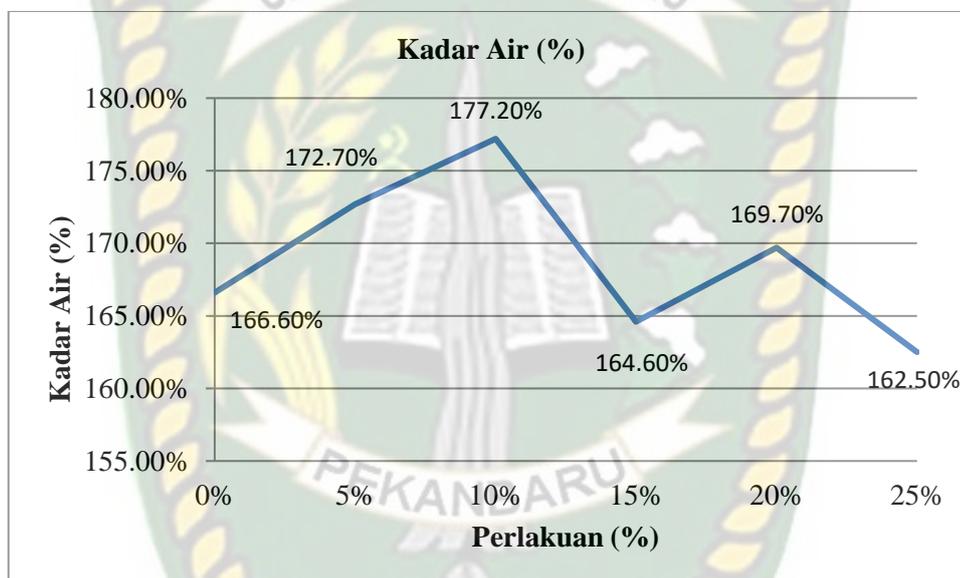
5.3.1 Kadar Air Terstabilisasi Larutan Bakteri

Uji kadar air pada sampel benda uji dicampurkan dengan penambahan larutan sementasi dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.2. Nilai Kadar Air (W) Terhadap Penambahan Larutan Sementasi

No	Perlakuan Larutan Bakteri (%)	Kadar Air (%)
1	0%	166,6
2	5%	172,7
3	10%	177,2
4	15%	164,6
5	20%	169,7
6	25%	162,5

Hasil tabel 5.2. nilai kadar air (W) terhadap kombinasi penambahan larutan sementasi bakteri 0% 5% 10% 15% 20% dan 25% dilihat pada grafik berikut ini :



Gambar 5.2 Hubungan Kadar Air (W) Terhadap Penambahan Larutan Bakteri

Melihat hasil Gambar 5.2 pada grafik hubungan kadar air (W) dengan pencampuran larutan bakteri dapat disimpulkan bahwa penambahan larutan bakteri sebanyak 5% dan 10% mengalami kenaikan kadar air (W) pada saat penambahan larutan bakteri 15% terjadi penurunan sebesar 6% dari kadar air (W), pada penambahan larutan bakteri 20% mengalami kenaikan kembali sebesar 3.1% kadar air (W) dan pada penambahan larutan bakteri 25% terjadi penurunan kadar air (W) kembali sebesar 4,1%. kadar air (W) tertinggi terjadi pada perlakuan penambahan larutan bakteri 10 % dengan nilai (W) = 177,2% dengan kenaikan 10,6% dari sampel benda uji tanpa perlakuan atau 0%.

Diperlakukan 0% terjadi kenaikan kadar air dikarenakan adanya penambahan pasir pada penelitian ini yaitu sebesar 5% dari berat sampel benda uji pada setiap perlakuan.

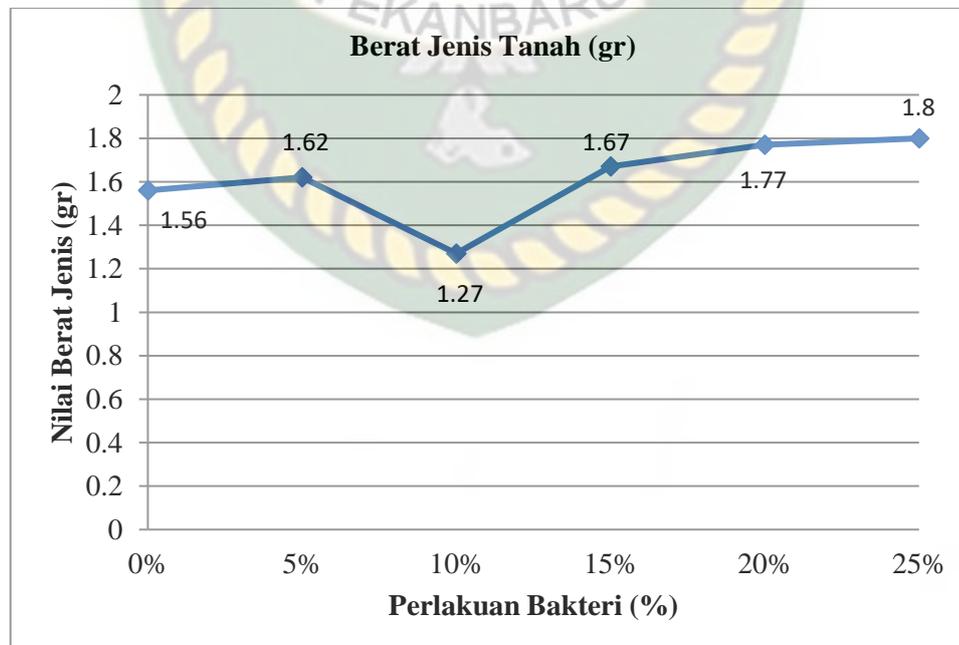
5.3.2 Berat Jenis Terstabilisasi Larutan Bakteri

Pengujian berat jenis pada sampel tanah gambut yang dicampur dengan larutan bakteri dapat dilihat pada tabel 5.3

Tabel 5.3 Nilai Berat Jenis (Gs) Tanah Gambut Terhadap Penambahan Larutan Bakteri

No	Perlakuan Larutan Bakteri (%)	Berat Jenis Tanah (gr)
1	0	1,56
2	5	1,62
3	10	1,27
4	15	1,67
5	20	1,77
6	25	1,80

Hasil tabel 5.3 nilai berat jenis (Gs) terhadap penambahan larutan bakteri sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% dijelaskan pada grafik dibawah ini:



Gambar 5.3 Hubungan Nilai Berat Jenis (Gs) Terhadap Penambahan Larutan Bakteri

Hasil gambar 5.3 pada grafik diatas hubungan berat jenis (Gs) terhadap penambahan larutan bakteri dapat disimpulkan bahwa penambahan larutan bakteri 5% terjadi kenaikan berat jenis (Gs) sebesar = 0,06gr dari sampel benda uji tanpa perlakuan. Pada saat penambahan larutan bakteri 10% terjadi penurunan berat jenis sebesar = 0,35gr dari penambahan larutan bakteri 5%, pada penambahan larutan bakteri 15%, 20% dan 25% terus mengalami kenaikan berat jenis (Gs) dari penambahan 10%. Nilai berat jenis (Gs) tertinggi terjadi pada penambahan larutan bakteri 25% dengan nilai berat jenis (Gs) = 1,80gr dengan kenaikan (Gs) = 0,25gr dari nilai (Gs) benda uji tanpa perlakuan.

5.4 Perbandingan Nilai Gs (*specific Gravity*) Dari Stabilisasi Dengan *Bio-Grouting* Dan Stabilisasi Lainnya

Perbandingan antara stabilisasi *bio-grouting* dengan stabilisasi dan bahan materialnya biasa dilihat pada **tabel 5.4** dibawah ini

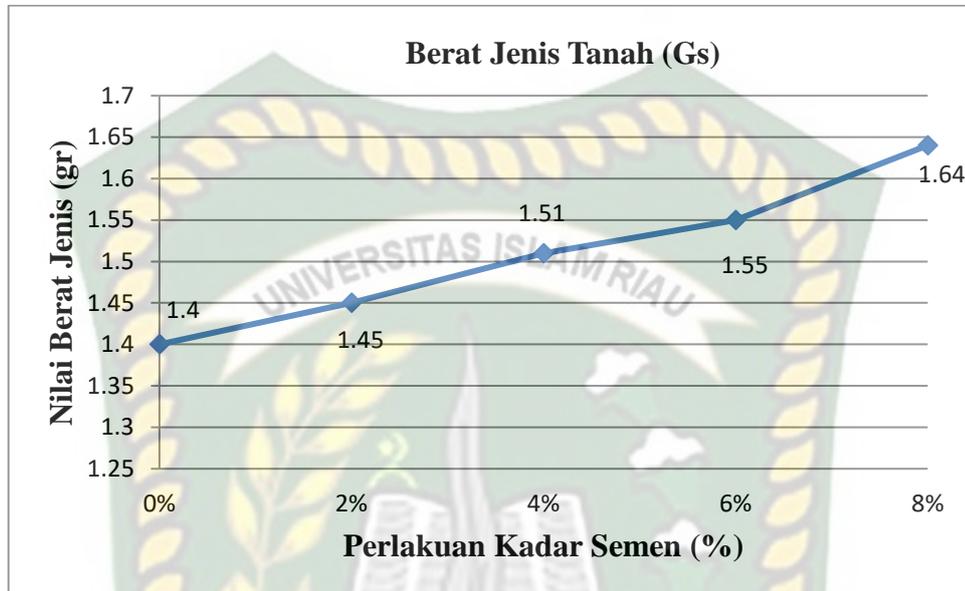
Tabel 5.4 Perbandingan Nilai Gs dari Stabilisasi Dengan Bio-Grouting Dengan Stabilisasi lainnya :

No	Kadar Semen (Nugroho, 2008)		Kadar Kapur (Nugroho, 2008)		Tanah Non Organik (Nugroho, 2008)		Bio-Grouting (Penelitian ini)	
	%	Nilai	%	Nilai	%	Nilai	%	Nilai
1	0	1,40	0	1,49	0	1,48	0	1,56
2	2	1,45	2	1,61	10	1,55	5	1,62
3	4	1,51	4	1,85	20	1,59	10	1,27
4	6	1,55	6	1,89	30	1,61	15	1,67
5	8	1,64	8	2,35	40	1,72	20	1,77
6					50	1,90	25	1,80

Dari tabel perbandingan diatas nilai Gs tertinggi ada pada tanah gambut yang terstabilisasi dengan Kadar Kapur, sementara yang nilai Gs nya terendah terstabilisasi dengan kadar semen.

Dibawah ini adalah gambar diagram garis dari masing-masing stabilisasi tanah gambut dengan penambahan bahan yang berbeda :

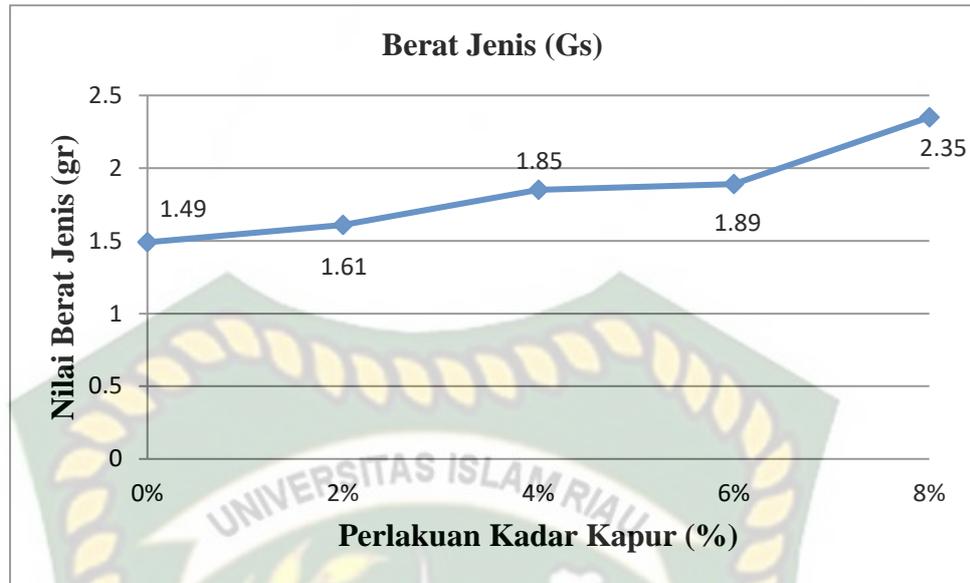
1. Diagram garis hubungan berat jenis tanah gambut dengan penambahan kadar semen.



Gambar 5.4 Hubungan Berat Jenis Terhadap Penambahan Kadar Semen Pada Tanah Gambut (Nugroho, 2008)

Dari gambar 5.5 hubungan berat jenis terhadap penambahan kadar semen pada tanah gambut dapat disimpulkan seiring dengan penambahan bahan stabilisasi kadar semen menyebabkan kenaikan pada berat jenis.

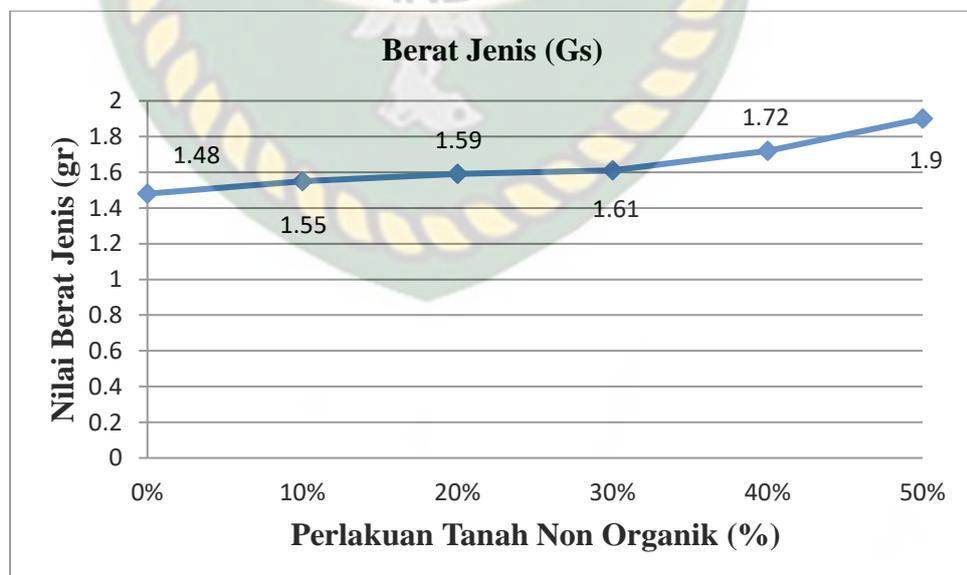
2. Diagram garis hubungan berat jenis tanah gambut dengan penambahan kadar kapur.



Gambar 5.5 Hubungan Berat Jenis Terhadap Penamhan Kadar Kapur Pada Tanah Gambut (Nugroho, 2008)

Dari gambar 5.6 hubungan berat jenis terhadap penambahan kadar kapur pada tanah gambut dapat disimpulkan seiring dengan penambahan bahan stabilisasi kadar kapur juga menyebabkan kenaikan pada berat jenis.

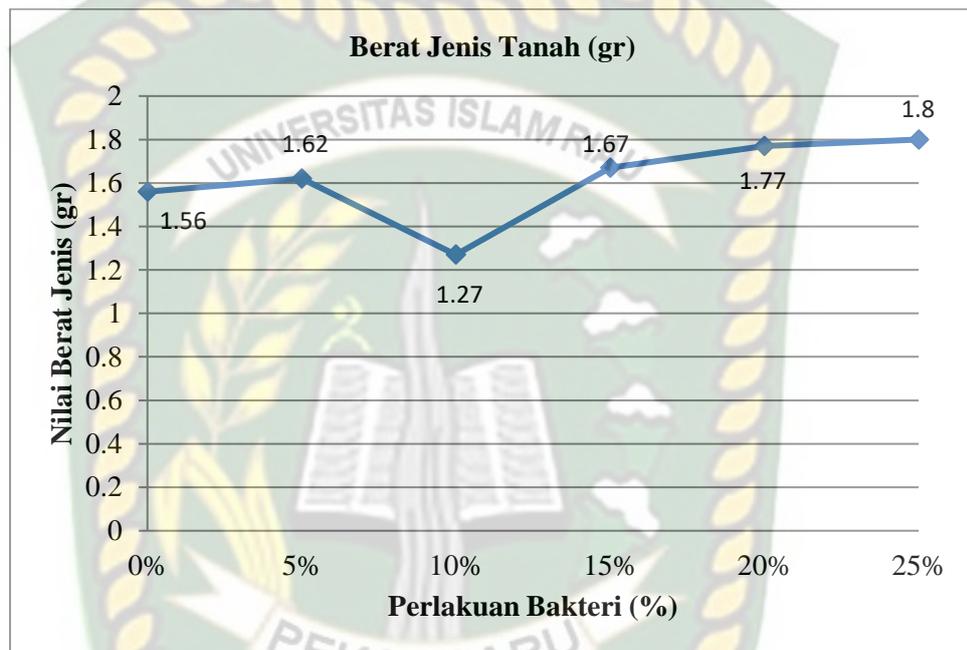
3. Diagram garis hubungan berat jenis tanah gambut dengan penambahan tanah non organik.



Gambar 5.6 Hubungan Berat Jenis Terhadap Penamhan Tanah Non Organik Pada Tanah Gambut (Nugroho, 2008)

Dari gambar 5.7 hubungan berat jenis terhadap penambahan tanah non organik pada tanah gambut dapat disimpulkan seiring dengan penambahan bahan stabilisasi kadar kapur juga menyebabkan kenaikan pada berat jenis.

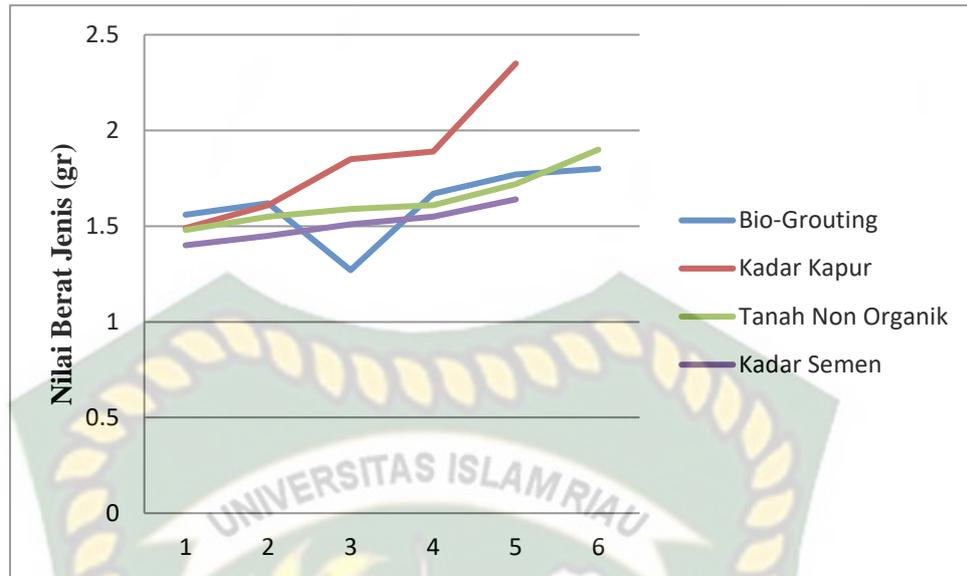
4. Diagram garis hubungan berat jenis tanah gambut dengan penambahan bakteri *Bacillus Subtilis*.



Gambar 5.7 Hubungan Berat Jenis Terhadap Penamhan Bakteri *Bacillus Subtilis* Pada Tanah Gambut

Dari gambar 5.8 hubungan berat jenis terhadap penambahan bakteri *Bacillus Subtilis* pada tanah gambut dapat disimpulkan penurunan terjadi pada saat penambahan bakteri sebanyak 10%, lalu selanjutnya menyebabkan kenaikan pada berat jenis.

5. Diagram garis perbandingan nilai Gs dari stabilisasi dengan *Bio-Grouting* dengan dtabilisasi lainnya



Gambar 5.8 Diagram Garis Perbandingan Nilai Gs Dari Stabilisasi Dengan *Bio-Grouting* Dengan Stabilisasi Lainnya, pada sumbu Z adalah nilai dari berat jenis (gr) dari masing-masing stabilisasi dan X adalah perlakuan bahan tambahan stabilisasi (%).

Dari gambar 5.9 perbandingan nilai Gs dari stabilisasi dengan *Bio-Grouting* dengan stabilisasi lainnya dapat disimpulkan nilai Gs tertinggi ada pada penambahan dengan kadar kapur dan nilai Gs terendah ada pada penambahan kadar semen.

Efek *Bacillus Subtilis* pada sifat rekayasa tanah organik masih belum sepenuhnya ditemukan. Tanah 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 pondasi 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 bias diambil dari hasil pengujian-pengujian yang dilakukan dan sesuai dengan tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Tanah gambut yang distabilisasikan dengan penambahan pasir dan larutan bakteri untuk pengujian kadar air tidak sepenuhnya mengalami perbaikan dan penurunan kadar air bahkan mengalami kenaikan yang cukup tinggi pada penambahan larutan bakteri sebanyak 10% kenaikan sebesar 10,6% dari sampel benda uji tanpa perlakuan atau 0%.
2. Tanah gambut yang distabilisasikan dengan penambahan pasir dan bantuan larutan bakteri untuk pengujian berat jenis juga tidak sepenuhnya mengalami perbaikan dan peningkatan nilai berat jenis. Kenaikan nilai berat jenis tertinggi terjadi pada penambahan larutan bakteri sebanyak 25% dengan nilai berat jenis (G_s) = 1,80 dengan kenaikan 0,25 dari nilai (G_s) sampel benda uji tanpa perlakuan atau 0%.
3. Hubungan kadar air dan nilai berat jenis tanah gambut dengan penambahan pasir dan bantuan larutan bakteri terjadi kecocokan pada masing-masing penambahan larutan bakteri sebanyak 10% dimana semakin tinggi kadar air maka akan semakin rendah nilai berat jenis dan kecocokan juga terjadi pada penambahan larutan bakteri sebanyak 25%, disitu menunjukkan semakin rendah kadar air maka akan semakin tinggi nilai berat jenis.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan peneliti untuk pengujian ini dan selanjutnya adalah :

1. Untuk kedepannya mohon dipertimbangkan menggunakan sampel tanah yang sama serta sebaiknya juga dilakukan stabilisasi dengan penambahan material dan kombinasi bahan larutan bakteri yang lain.

2. Variasi sampel yang lebih banyak
3. Menghitung CaCO_3 yang akan digunakan



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Akiyama, Masaru. 2010. *Microbially mediated sand solidification using calcium phosphate compounds*, Faculty of Engineering, Hokkaido University, Kata 13, Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido 060-8628, Japan.
- Angelina Lynda, 2013. Karakteristik Kuat Geser Tanah Dengan Metode Stabilisasi Biogrouting Bakteri *Bacillus Subtilis*
- Afriani, 2008. Pengaruh Penambahan Tanah Pasir Pada Tanah Lempung
- DeJong, J.T. (2006). Teknologi *Grouting* Secara Biologi Yang Di Kenal Dengan Teknologi *Biogrouting* Melalui Mekanisme Pengendapan Kalsium Karbonat
- Das, Braja M. 1988. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta:Erlangga.
- Karol, RH. 2003. *Chemical Grouting and Soil Stabilization*. New York. P558.
- Mochtar, NE, Yulianto FE dan Rendy ST. 2014. Pengaruh Usia Stabilisasi Tanah Gambut Beserta yang Distabilisasi dengan Campuran CaCo₃. *Jurnal Teknik Sipil*. Surabaya. 21(1): 50-64
- Nugroho, 2012 Stabilisasi Tamah Gambut Riau Menggunakan Campuran Tanah Non Organik Dan Semen Sebagai Bahan Timbunan Jalan
- Setianwan, 2014, dalam penelitiannya tentang pengaruh tanah organik pada kondisi optimum, wet side of optimum dan dry side of optimum terhadap kuat tekan.
- Syarif dkk, (2019), Penerapan Teknik *Biocementation* oleh *Bacillus Subtilis* Dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Tanah Organik.
- SNI 1965-2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah Dan Batuan Di Laboratorium
- SNI 1964-2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah
- SNI 8460-2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik
- SK SNI-5-04-1989-F. Pasir Yang Baik Digunakan Untuk Sebuah Konstruksi
- SNI-02-2801-1998. Standar Urea
- Van De Meene. 1984. Geological Aspects of Peat Formation in The Indonesian-Malyasin Lowlands, *Bulletin Geological Research and Development Centre*, 9, 20-31.

Willy, 2015. Kuat Geser Langsung Dengan Mencampurkan Tanah Lempung Dengan Pasir Dengan Persentase Campuran Dan Sudut Geser



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau