



**APLIKASI METODE ENZYME INDUCE CALCITE PRECIPITATION
(EICP) DALAM MEMPERBAIKI KUAT TEKAN BEBAS TANAH
GAMBUT DARI KABUPATEN SIAK PROVINSI RIAU**

TUGAS AKHIR

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana
Pada Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil
Universitas Islam Riau
Pekanbaru*



OLEH :

USMAN

163110022

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



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan rasa syukur yang sedalam-dalamnya atas ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat serta hidayah nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: **“APLIKASI METODE ENZYIME INDUCE CALCITE PRECIPITATION (EICP) DALAM MEMPERBAIKI KUAT TEKAN BEBAS TANAH GAMBUT DARI KABUPATEN SIAK PROVINSI RIAU”**.

Banyak alasan yang ingin dikemukakan penulis dalam pengambilan judul ini, namun pada dasarnya penulis ingin dapat mengetahui seberapa besar pengaruh stabilisaasi tanah gambut yang di tambahkan dengan larutan sementasi menggunakan metode *Enzyme* serta bagaimana pengaruh atau perubahan yang terjadi pada kuat tekan tanah gambut.

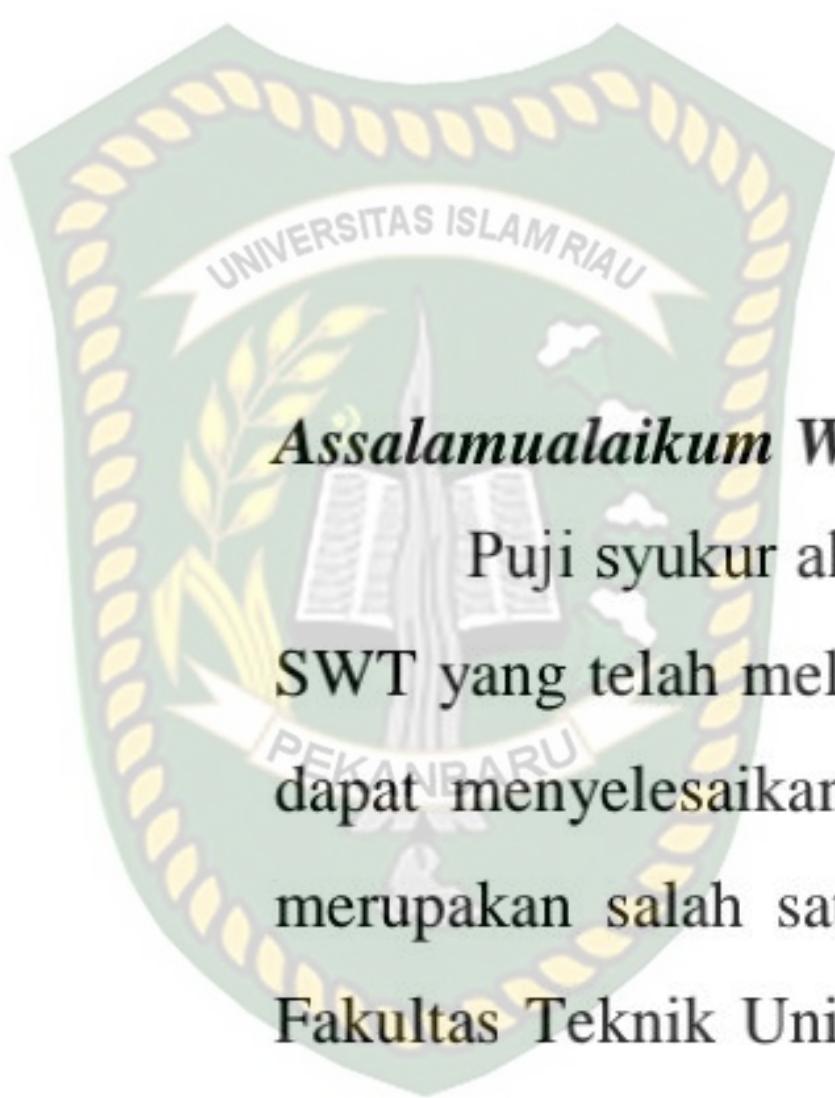
Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih belum memenuhi dari kesempurnaan yang diharapkan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari pembaca demi kesempurnaan tugas akhir ini.

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

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Pekanbaru, Februari 2021

Usman

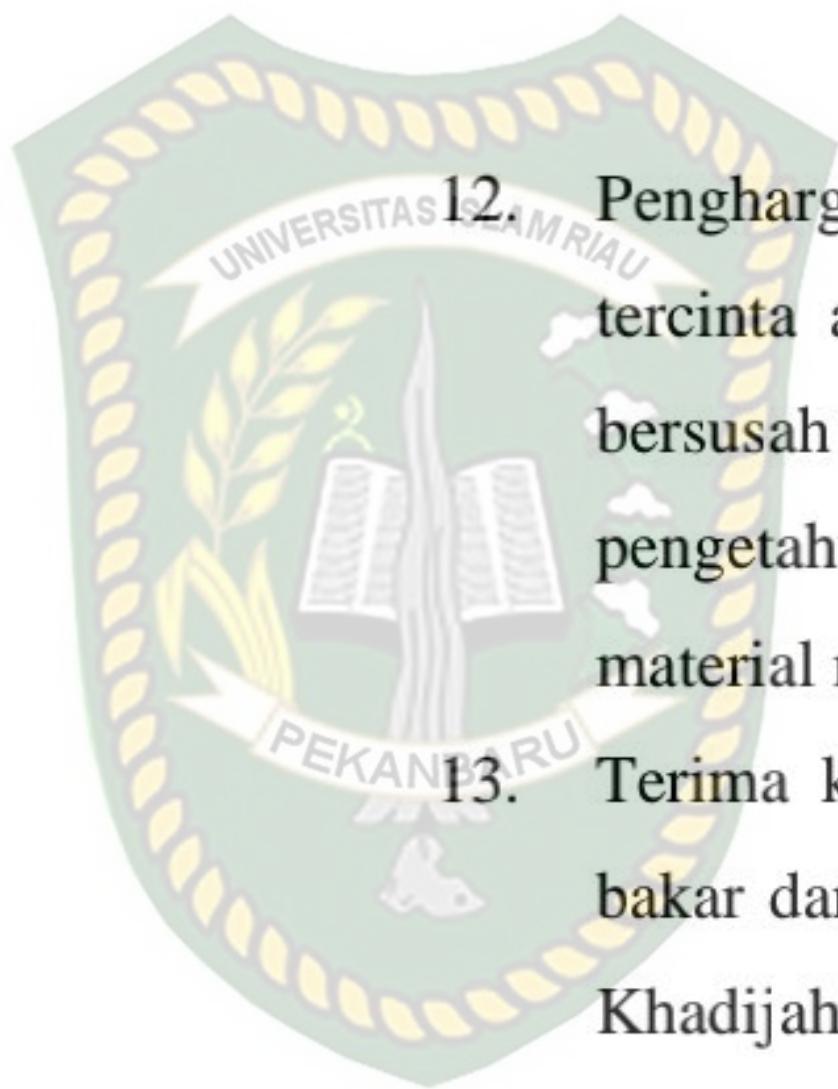


UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur alhamdulillahirobbil'alamin penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan 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 ucapan terima kasih kepada :

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



12. Penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Alm kedua orang tua tercinta ayahanda (Amat Tuah) dan ibunda (Nuriah) yang telah bersusah payah membesarkan, mendidik baik ilmu agama maupu ilmu pengetahuan, serta memberikan kasih sayang dan dukungan baik material maupun spiritual.
13. Terima kasih juga saya ucapkan kepada abg dan kakak saya, Abu bakar dan Kak wati, Antamin dan Kak fitri, Arjomisno dan Kak Siti Khadijah, Ahmad Ramadhan dan Kak Linda wati, Bukhori, dan Siti Maimanah serta keluarga besarku yang memberikan dorongan, semangat serta motivasi sehingga tugas akhir ini selesai.
14. Terima Kasih Juga saya Ucapkan Kepada Repsi Mei Atalia atas dukungan , semangat, serta motivasinya. Sehingga membuat saya semangat dalam memnyelesaikan skripsi ini.
15. Seluruh Sahabat-Sahabat Kolamku Athasyafa Ramdahan, Alwirban Syahputra, Dhifo Pakuwondana, R.Rachmat Syahputra, Dani Fauzan Azmi, Nanda, dan Karlina Arzitta. Terima kasih atas cerita dan pengalaman yang kita buat dan lakukan selama ini baik didarat,diudara, maupun dilaut.
16. Terima Kasih Juga kepada kawan-kawan Teknik Sipil Angkatan 2016, Atas Pengalaman dan Ceritanya selama ini, Pindra Okta, Ridwan Arsyad, Arib Ulong, Nanda Hasyim Pakpahan, M ali Akbar, Dan semuanya yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
17. Seluruh Keluarga besar Teknik Sipil Universitas Islam Riau.

Terima kasih atas segala bantuanya, semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan semoga segala Allah SWT memberikan balasan yang setimpal dan menjadi amal kebaikan, Amiiin Ya Rabbalalmin...

Wassalamu'alaikum Wr, Wb,

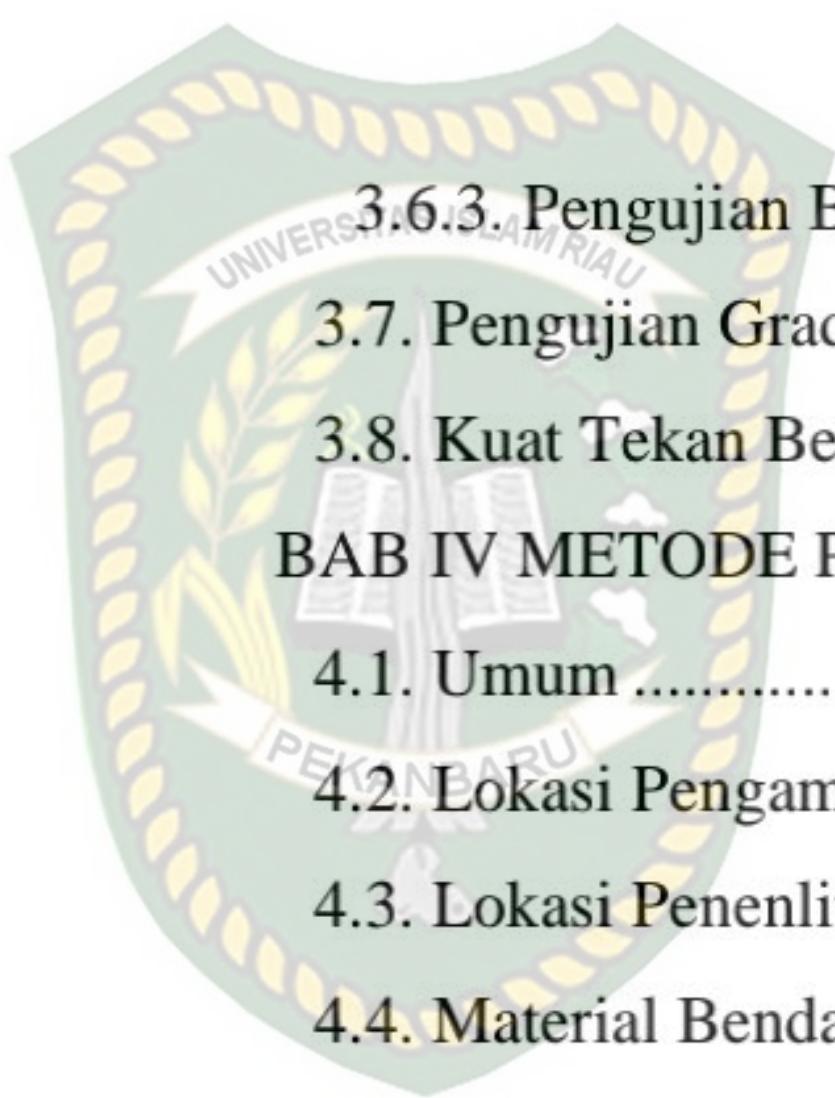
Pekanbaru, Februari 2021

Usman

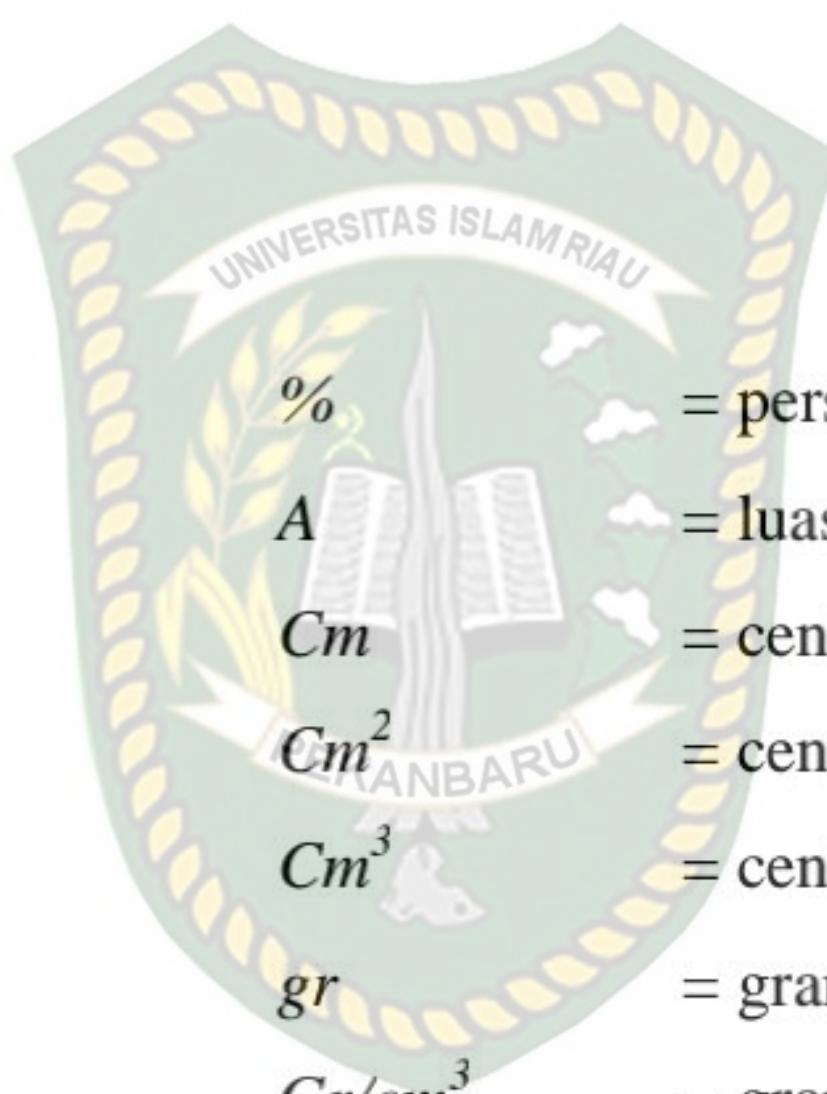


DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR NOTASI	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTRA GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
ABSTRAK.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Umum	4
2.2. Penelitian Sebelumnya.....	4
2.3. Keaslian Penelitian	5
BAB III LANDASAN TEORI.....	8
3.1. Umum	8
3.2. Tanah Gambut	8
3.2.1. Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Tanah Gambut	10
3.2.2. Klasifikasi Tanah Gambut.....	11
3.3. Sifat Fisik Tanah Gambut	14
3.4. <i>Enzyme Induce Calcite Precipitation (EICP)</i>	17
3.5. Kedelai	18
3.6. Pelaksanaan Pengujian Laboratorium.....	18
3.6.1. Pengujian Pemadatan (<i>Proctor Test</i>).....	19
3.6.2. Pengujian Kadar Air (<i>Water Content</i>).....	20



3.6.3. Pengujian Berat Jenis (<i>Specific Gravit (GS)</i>)	21
3.7. Pengujian Gradasi	21
3.8. Kuat Tekan Bebas (UCS)	21
BAB IV METODE PENELITIAN	24
4.1. Umum	24
4.2. Lokasi Pengambilan Sampel.....	24
4.3. Lokasi Penenlitian	24
4.4. Material Benda Uji	25
4.5. Peralatan Yang Digunakan	27
4.6. Tahapan Pengujian.....	30
4.7. Tahapan Penelitian.....	38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	40
5.1. Umum	40
5.2. Pengujian Pendahuluan.....	40
5.2.1. Kadar air asli (Tanah Gambut)	40
5.2.2. Sifat – Sifat Tanah Gambut	41
5.2.3. Berat Spesifik (GS)	41
5.3. Pengujian Gradasi Benda Uji.....	41
5.4. Pengujian Pemadatan (Proctor Test)	43
5.5. Pengujian Kuat Tekan Terstabilisasi <i>Reagen Enzyme</i>	45
5.6. Perbandingan Nilai Kuat Tekan Stabilisasi <i>Enzyme</i> dengan Stabilisasi Lainnya	52
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	56
6.1. Kesimpulan	56
6.2. Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57



DAFTAR NOTASI

%	= persen
A	= luas (cm^2)
Cm	= centimeter
Cm^2	= centimeter persegi
Cm^3	= centimeter kubik
gr	= gram
Gr/cm^3	= gram/centimeterkubik
Gs	= berat spesifik
Kg/cm^2	= kilogram / centimeter persegi
M^3	= meter kubik
Ml	= milliliter
Mm	= millimeter
Mol	= molekul
$^{\circ}\text{C}$	= derajat celcius
OMC	= kadar air optimum (%)
P	= beban (kg)
Pt	= gambut (<i>peat</i>)
t/m^3	= ton / meterkubik
v	= volume cetakan (cm^3)
w	= berat tanah yang dipadatkan dalam cetakan
w	= kadar air (%)
WI	= berat piknometer (gr)
W2	= berat piknometer dan bahan kering (gr)
W3	= berat piknometer + bahan + air (gr)
W4	= berat piknometer dan air (gr)
Ws	= berat tanah kering (gr)
Ww	= berat air (gr)
γd	= berat isi kering
γb	= berat volume basah (gr/cm^3)



= berat volume tanah basah (gr/cm³)

= berat volume kering (gr/cm³)

= tegangan (kg/cm²)



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keaslian Penelitian.....	6
Tabel 3.1 Tipe Tanah Berdasarkan Kadar Organik	10
Tabel 3.2 Sifat Fisik Tanah Gambut Indonesia	15
Tabel 3.3 Sifat Teknik Tanah Gambut.....	16
Tabel 4.1 Material Yang Digunakan Dalam <i>Reagen</i>	35
Tabel 5.1 Sifat – Sifat Fisik Tanah Gambut.....	41
Tabel 5.2 Pengujian Analisa Saringan Benda Uji.....	42
Tabel 5.3 Diameter Ukuran Saringan.....	42
Tabel 5.4 Nilai Hasil Uji Kuat Tekan (UCS) Benda Uji Yang Dicampurkan Dengan <i>Reagen</i> Enzim	45
Tabel 5.5 Nilai q_u Dari Masing – Masing Benda Uji.....	51
Tabel 5.6 Perbandingan Nilai q_{umax} Stabilisasi Enzim Dengan Stabilisasi Lainnya	53
Tabel 5.7 Perbandingan Sifat Fisik Tanah Gambut Provinsi Riau	55



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Skema Proses Presipitasi Dan Mekanisme <i>Grouting</i>	17
Gambar 4.1 Denah Lokasi Penelitian	24
Gambar 4.2 Material Tanah Gambut	25
Gambar 4.3 Bahan Urea	26
Gambar 4.4 Bahan CaCl ₂	26
Gambar 4.5 Bahan Enzim <i>Ureace</i>	27
Gambar 4.6 Cawan	27
Gambar 4.7 Timbangan Digital	28
Gambar 4.8 Oven	28
Gambar 4.9 Alat Piknometer Dan Timbangan.....	29
Gambar 4.10 Botol Air Suling	29
Gambar 4.11 Alat Uji Pemadatan Tanah	30
Gambar 4.12 Pengujian Berat jenis.....	32
Gambar 4.13 Pengujian Gradasi Benda Uji	33
Gambar 4.14 Pengujian Pemadatan Tanah	34
Gambar 4.15 Alat Sondir Untuk Modifikasi.....	35
Gambar 4.16 Proses Penyaringan <i>Reagen</i>	36
Gambar 4.17 Proses Pencampuran <i>Reagen Enzim</i>	37
Gambar 4.18 Proses Uji Kuat Tekan Bebas	38
Gambar 4.19 Bagan Alir Penelitian	39
Gambar 5.1 Hubungan Berat Volume Kering Dengan Kadar Air	43
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Persentase Lolos Saringan Angregat Diameter Dengan Diameter Benda Uji.....	44
Gambar 5.3 Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Gambut Asli Atau Belum Tercampurkan <i>Reagen Enzim</i>	46
Gambar 5.4 Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Gambut Dalam Kondisi Sudah Tercampurkan <i>Reagen Enzim 5%</i>	47



Gambar 5.5 Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Gambut Dalam Kondisi Sudah Tercampurkan <i>Reagen Enzim</i> 10%	47
Gambar 5.6 Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Gambut Dalam Kondisi Sudah Tercampurkan <i>Reagen Enzim</i> 15%	48
Gambar 5.7 Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Gambut Dalam Kondisi Sudah Tercampurkan <i>Reagen Enzim</i> 20%	49
Gambar 5.8 Grafik Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Gambut Dalam Kondisi Sudah Tercampurkan <i>Reagen Enzim</i> 25%	49
Gambar 5.9 Grafik Perbedaan Perilaku Tegangan Dan Regangan	50
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Nilai Tekan (q_u) Dengan Persentase Penambahan <i>Reagen Enzyme</i>	51
Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Stabilisasi Menggunakan <i>Reagen Enzyme</i> Dengan Stabilisasi Menggunakan Geopolimer.....	54



DAFTAR LAMPIRAN

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



APLIKASI METODE ENZYME INDUCE CALCITE PRECIPITATION (EICP) DALAM MEMPERBAIKI KUAT TEKAN BEBAS TANAH GAMBUT DARI KABUPATEN SIAK PROVINSI RIAU

USMAN
163110022

ABSRAK

Dalam pelaksanaan pembangunan kontruksi teknik sipil yang dibangun pada tanah gambut sangat penting untuk memperhatikan seperti kuat dukung tanah gambut. Hal ini agar dapat mencapai hasil yang maksimal pada bangunan kontruksi yang didirikan di atas tanah gambut. Sehingga perlu adanya perbaikan kekuatan tanah gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mencari bagaimana pengaruh terhadap kuat tekan bebas tanah gambut dengan campuran Enzyme.

Tanah asli diambil di lokasi Desa Buana Makmur Km 55 Kecamatan Dayung Kabupaten Siak, Provinsi Riau. Bahan tambahan *Enzyme*, dan *Urea*, serta CaCl_2 produsen Bandung. Metode pengujian ini mengacu pada prosedur ASTM (*American Society for Testing and Material*) dan SNI. Benda uji dibuat menggunakan alat modifikasi sondir dengan bentuk silinder dengan ukuran diameter 3,64 cm dan tinggi 10,75 cm² dibuat mengukuti pemandangan standard pada kadar air optimum 157% sebanyak 12 buah benda uji. Uji kuat tekan bebas dilakukan setelah penambahan enzim dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, 20, dan 25%. Data yang diperoleh dari hasil pengujian diolah dalam bentuk tabel dan grafik sesuai versi penambahan *enzyme*.

Hasil pengujian sifat fisik tanah asli diketahui bahwa tanah lokasi Desa Buana Makmur Km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak termasuk jenis tanah asli dengan kadar air 407,5 % dan berat spesifik (G_s) = 1,3. Dari hasil pengujian kuat tekan bebas sampel benda uji tanah asli dengan campuran variasi *enzyme* pada persentase 0% = 0,33 kg/cm², 5% = 0,41 kg/cm², 10% = 0,45 kg/cm², 15% = 0,38 kg/cm², 20% = 0,37 kg/cm², dan 25% = 0,33 kg/cm². Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada penambahan larutan sementasi 10% sebesar 0,45 kg/cm² dari sampel benda uji tanah asli yang nilai kuat tekan bebasnya sebesar 0,33 kg/cm².

Pengaruh dari penambahan *reagen* enzim menghasilkan kuat tekan semakin tinggi di campuran 15% dan terjadi penurunan kuat tekan tanah pada campuran 20% sampai 25%.

Kata Kunci : Tanah Gambut, Kuat Tekan Bebas, *Enzyme*



APPLICATION OF ENZYME INDUCE CALCITE PRECIPITATION (EICP) METHOD IN IMPROVING THE STRENGTH OF PEAT-FREE PRESS FROM SIAK DISTRICT, RIAU PROVINCE

USMAN
163110022

ABSTRACT

In carrying out the construction of civil engineering constructions built on peat soil, it is very important to pay attention to the strength of the peat soil support. This is in order to achieve maximum results in construction buildings that are built on peat soil. So it is necessary to improve the strength of the peat soil. This study aims to find out how the effect of the free compressive strength of peat soil with Enzyme mixture.

The original land was taken at the location of Buana Makmur Village Km 55, Dayung District, Siak Regency, Riau Province. Additives to Enzyme, and Urea, as well as CaCl₂ from Bandung producers. This testing method refers to the ASTM (American Society for Testing and Materials) and SNI procedures. The specimens were made using a modified sondir with a cylindrical shape with a diameter of 3.64 cm and a height of 10.75 cm² and were made following the standard compaction at an optimum moisture content of 157% as many as 12 specimens. The free compressive strength test was carried out after the addition of the enzyme with variations of 0%, 5%, 10%, 15%, 20, and 25%. The data obtained from the test results are processed in the form of tables and graphs according to the version of enzyme addition.

The results of the physical specification of the original soil show that the land in the village of Buana Makmur Km 55, Dayun District, Siak Regency is the original soil type with a moisture content of 407.5% and specific weight (Gs) = 1.3. From the test results, the free compressive strength of the sample of the original soil sample with a mixture of enzyme variations at a percentage of 0% = 0.33 kg / cm², 5% = 0.41 kg / cm², 10% = 0.45 kg / cm², 15% = 0.38 kg / cm², 20% = 0.37 kg / cm², and 25% = 0.33 kg / cm². The highest compressive strength value is found in the addition of 10% cementation solution of 0.45 kg / cm² from the original soil sample specimen whose free compressive strength value is 0.33 kg / cm².

The effect of the addition of enzyme reagents produces a higher compressive strength in the mixture of 15% and a decrease in soil compressive strength in the mixture of 20% to 25%.

Keywords: Peat Soil, Free Compressive Strength, Enzyme



BAB I

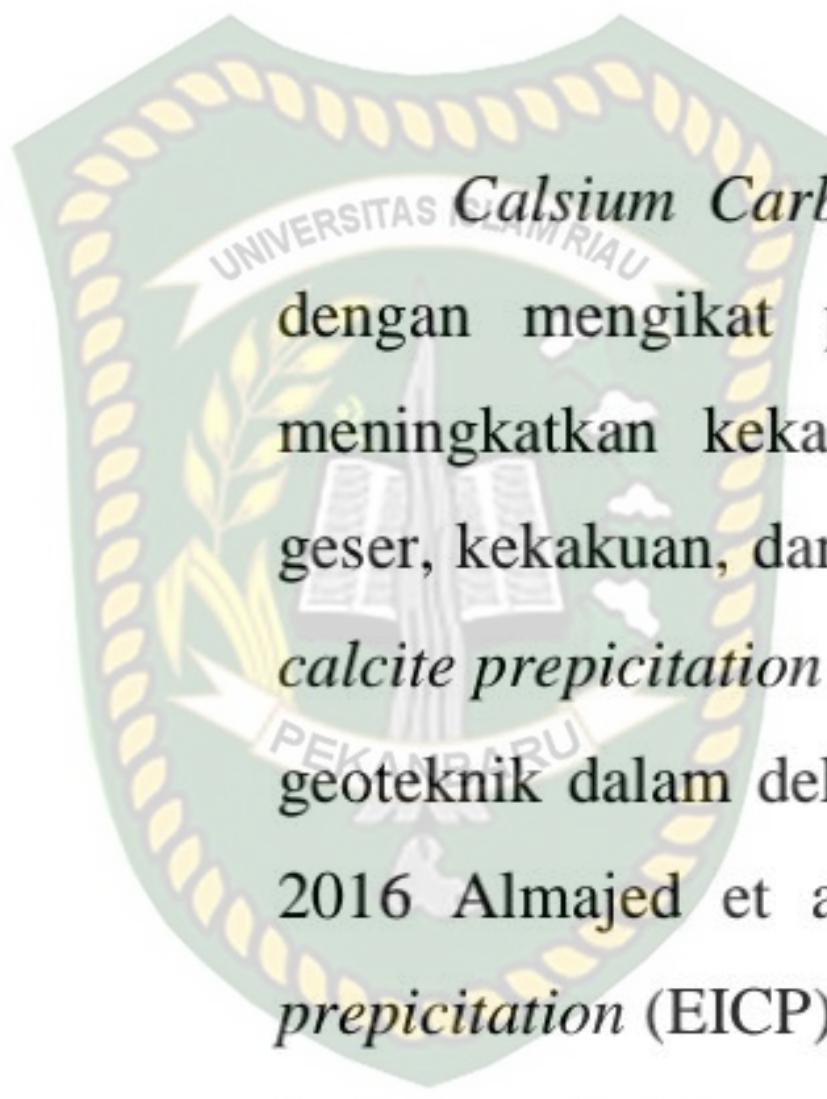
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah gambut merupakan tanah yang terbentuk dari pelapukan tumbuhan di dataran yang selalu tergenang air. Akibatnya tanah gambut mempunyai kandungan organik lebih dari 75% (ASTM, 1992; Harwadi dan Mochtar, NE, 2010; Yuliato dan mochtar, NE, 2014). Tanah gambut dibedakan dalam dua jenis gambut berdasarkan kandungan seratnya (Macfarlane, 1959, yaitu gambut berserat (*Fibrous peat*) dengan kandungan serat (*fibers contents/Fc*) \geq 20% dan tanah gambut tidak berserat (*Granular peat*) dengan kandungan serat \geq 20%. Gambut indonesia dapat diklasifikasikan dalam gambut berserat karena kandungan seratnya sekitar 50% dan terbentuk dari tumbuhan rawa pada daerah tropis sehingga serat tumbuhan masih tampak (Yulianto dan Mochtar, NE,2012).

Tanah gambut berserat mempunyai sifat fisik yang kurang baik (Yulianto dan Mochtar, NE., 2010; Harwadi dan Mochtar, NE., 2010; Mochtar, NE., dkk., 2014), yaitu: kadar air yang tinggi (500%-900%), angka pori yang besar (7-15) dan *specific gravity* yang rendah (1.2 – 1.6). Akibatnya tanah gambut berserat juga mempunyai daya dukung yang rendah (5-7 kPa) dan mempunyai pemampatan yang besar dan tidak merata (Jelisic and Lappanen, 2001; Islam, 2009; Mochtar, NE.,dkk., 2014). Sehingga tanah gambut akan memberikan masalah jika dijadikan pondasi bagi bangunan sipil jika tidak dilakukan perbaikan tanah..

Enzyime induce calcite precipitation (EICP) adalah proses perbaikan tanah berbasis biologis dimana solusi perawatan yang terdiri dari *urea*, *Calsium Clorida*, dan enzim *urease* bebas ditambahkan ke tanah. *Reagen* ini bergabung dalam urutan reaksi yang terdiri dari hidrolisis *urea* diikuti oleh pengendapan *Calsium Carbonat*.



Calcium Carbonat yang diendapkan dapat meningkatkan kekuatan tanah dengan mengikat partikel tanah bersama-sama, mengisi ruang pori, dan meningkatkan kekasaran partikel tanah, menghasilkan peningkatan kekuatan geser, kekakuan, dan karakteristik tanah. Perbaikan tanah melalui *enzyme induce calcite precipitation* (EICP) telah menjadi subjek penelitian oleh sejumlah peneliti geoteknik dalam dekade terakhir (misalnya Yasuhara dkk, 2012 ; Oliveira et al. 2016 Almajed et al. 2018). Dalam studi, perawatan *enzyme induce calcite precipitation* (EICP) diaplikasikan pada tiga tumpukan berbeda dari 20 – 30 pasir “standar” Ottawa. Pasir “standar” didefinisikan disini dalam ASTM C778 sebagai “pasir” silika, yang terdiri hampir seluruhnya dari butiran bulat alami dari kuarsa. Digunakan untuk menyiapkan mortar dalam pengujian semen hidrolik.” Pasir standar 20 – 30 didefinisikan per ASTM C778 sebagai “pasir standar, sebagai besar dinilai untuk lolos saringan (No, 20).

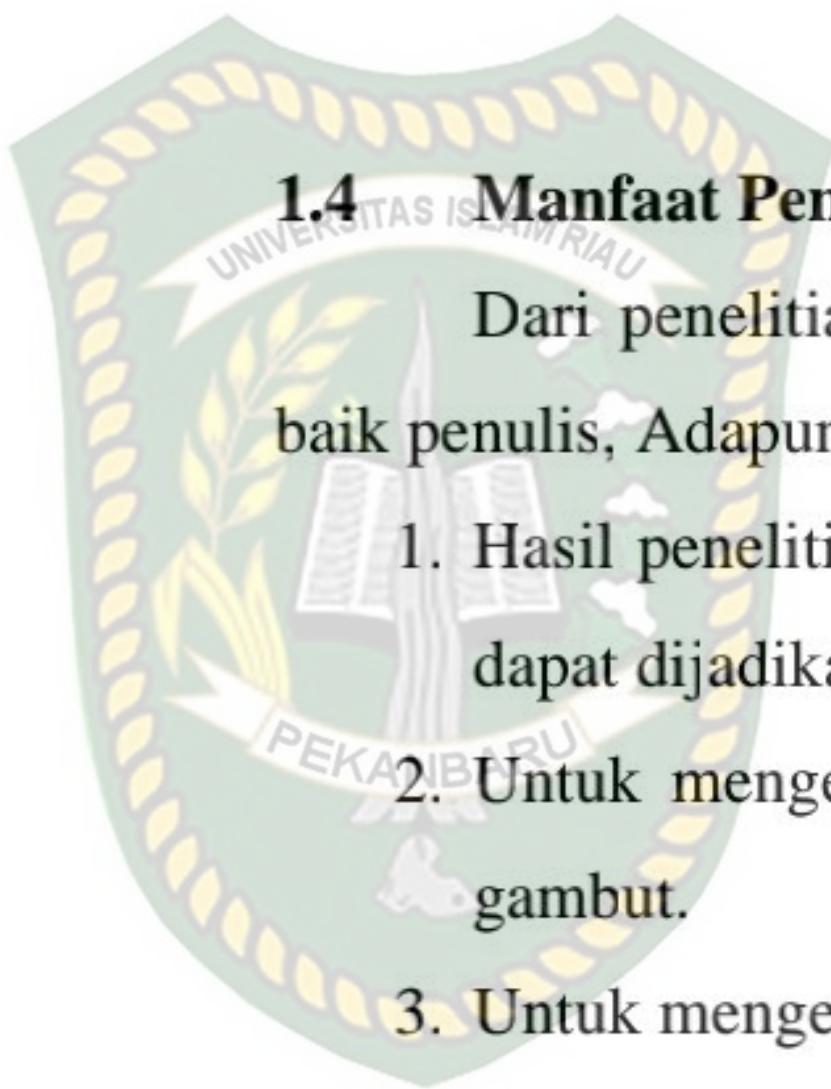
Untuk mengatasi masalah yang terjadi pada tanah gambut diperlukan metode perbaikan tanah yang salah satu yaitu EICP. Teknik ini memanfaatkan jalur metabolism bakteri untuk membentuk kalsit (CaCO_3) yang mengikat partikel tanah bersama-sama, yang mengarah pada pengikatan kekuatan dan kekakuan tanah. Oleh karena itu untuk mencari solusi perbaikan tanah gambut salah satunya dengan metode *Enzyme induce calcite precipitation* (EICP) memanfaatkan *Enzyme urease*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian berikut adalah Bagaimana pengaruh *Enzyme induce calcite precipitation* (EICP) terhadap kuat tekan bebas tanah gambut.

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan memperhatikan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui *Enzyme induce calcite precipitation* (EICP) terhadap kuat tekan tanah bebas gambut.



1.4 Manfaat Penelitian

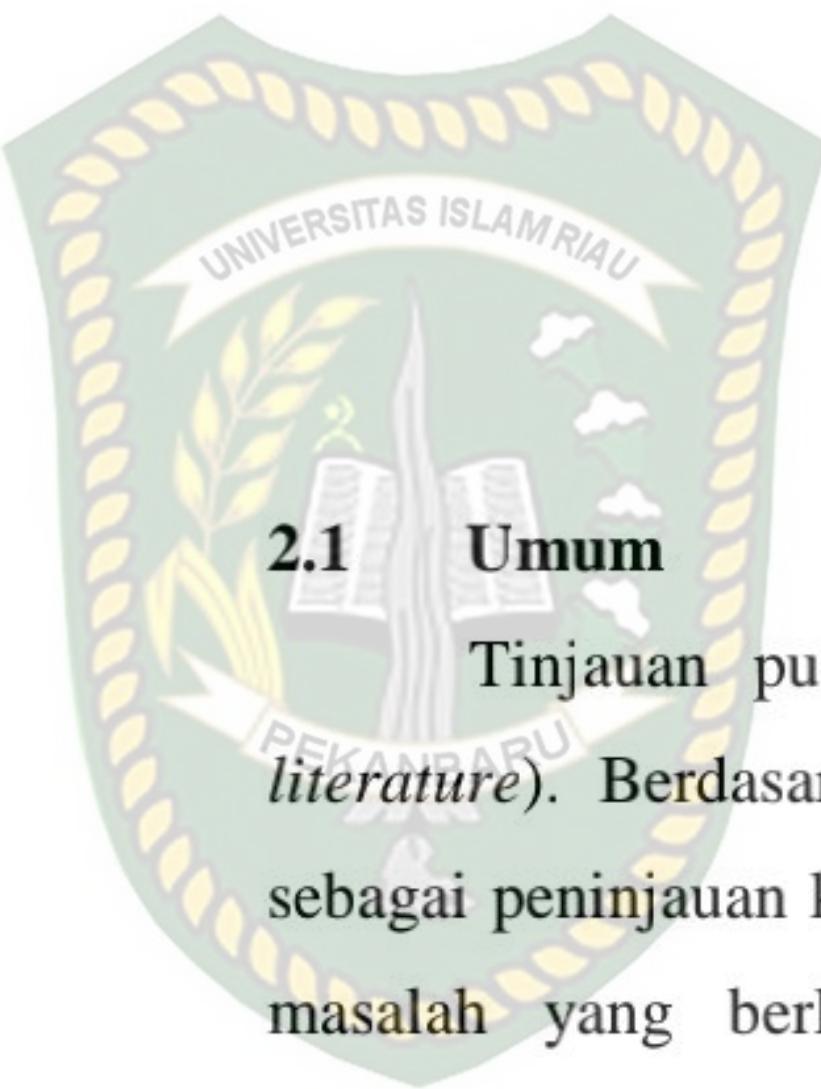
Dari penelitian ini diharapkan memberikan manfaat bagi berbagai pihak baik penulis, Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai salah satu bukti bahwa enzim dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif untuk stabilisasi tanah.
2. Untuk mengetahui pengaruh pencampuran larutan enzim terhadap tanah gambut.
3. Untuk mengetahui iptek lingkungan.

1.5 Batasan Masalah

Dalam hal ini, untuk mempersingkat dan memperjelas suatu penelitian agar dapat di bahas dengan baik dan tidak meluas, maka perlu direncanakan batasan masalah yang terdiri dari:

1. Penelitian ini menggunakan metode *Enzyme induce calcite precipitation* memanfaatkan *Enzyme urease*.
2. Sampel tanah yang diambil berasal dari tanah gambut desa Buana Makmur Km 55 Kecamatan Dayun Kabupaten Siak.
3. Penelitian ini hanya terfocus pada Kuat tekan bebas (UCS) tanah gambut dari kabupaten siak.
4. Skala penelitian yang digunakan adalah skala Lab
5. Penelitian ini tidak menganalisa reaksi dan komposisi kimia pada masing-masing bahan aditif tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

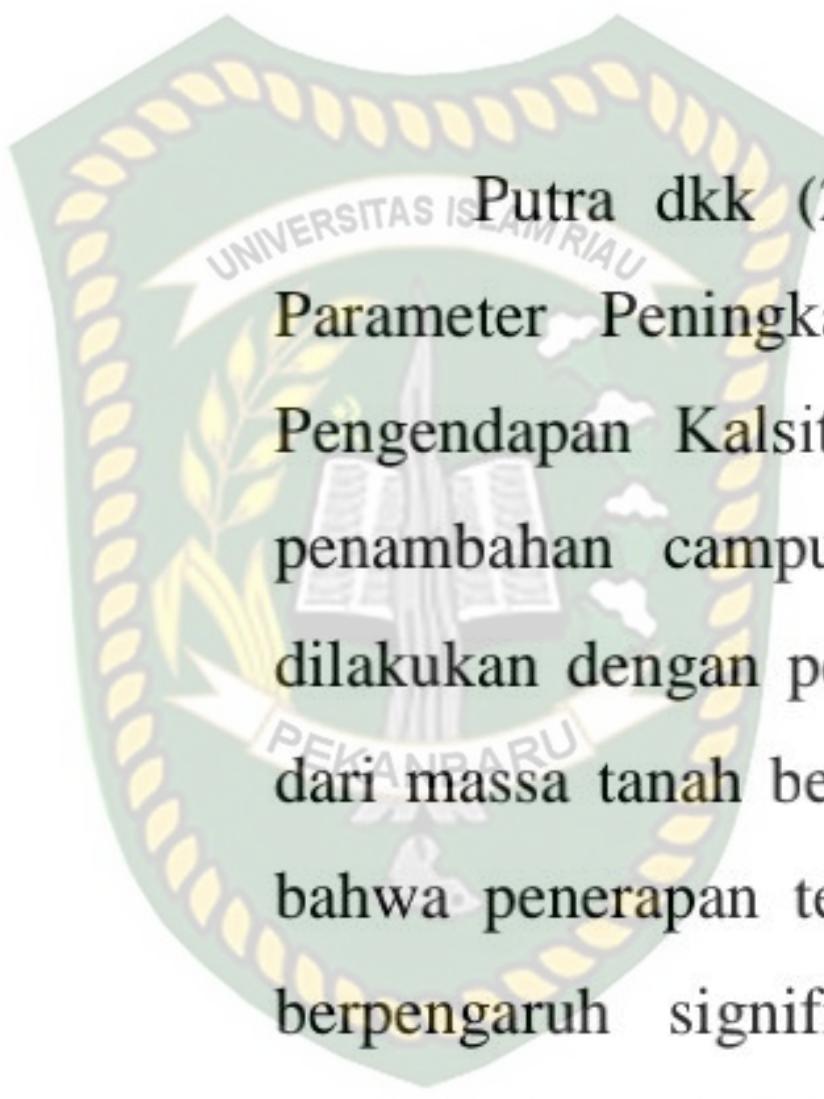
2.1 Umum

Tinjauan pustaka merupakan peninjauan kembali (*review of related literature*). Berdasarkan pengertian tersebut, suatu tinjauan pustaka berfungsi sebagai peninjauan kembali pustaka (laporan penelitian, dan sebagainya) tentang masalah yang berkaitan tidak selalu harus tepat identik dengan bidang permasalahan yang dihadapi termasuk pula yang sering dan berkaitan (*collated*). Fungsi peninjauan kembali pustaka yang berkaitan merupakan hal yang mendasar dalam penelitian.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Dalam sub bab ini berisikan berbagai penelitian yang pernah dilakukan penelitian terdahulu diantaranya:

Syarif dkk (2020), telah melakukan penelitian mengenai “Penerapan Teknik *Biocementation* Oleh *Bacillus Subtilis* dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Pada Tanah Organik”. Pada jurnal ini di dalamnya membahas metode *Microbially Induced Calcite Precipitation* (MICP) / *Bio Grouting* sebagai teknik perbaikan tanah telah dipelajari sebagai metode peningkatan kekuatan tekan bebas mulai dari 400 kPa hingga 1,6 Mpa tergantung pada jumlah kalsit diendapkan tercapai . Konsep metode *Bio Grouting* telah diterapkan pada tanah pasir dan dapat memperbaiki sifat fisik dan tanah pasir oleh karena itu akan dicoba diterapkan pada tanah gambut. Penerapan pengendapan kalsium karbonat bakteri telah digunakan dalam berbagai aplikasi reakayasa geoteknik, seperti : perbaikan retakan pada granit dan beton, meningkatkan daya dukung tanah, pengisian pori-pori dan pengikatan pori-pori, serta mengurangi permeabilitas tanah.



Putra dkk (2018), telah melakukan penelitian dengan judul judul “Parameter Peningkatan Kuat Geser Tanah Berpasir menggunakan Teknik Pengendapan Kalsit Enzim” penelitian telah dilaksanakan untuk mengetahui penambahan campuran enzim terhadap kuat geser tanah berpasir. Metode dilakukan dengan pengujian kuat geser di laboratorium. Hasil penelitian 41 % dari massa tanah befrpasir yang diolah, dihasilkan kohesi 53 kPa menunjukkan bahwa penerapan teknik EICP (*Enzyme Induced Calcite Precipitation*) tidak berpengaruh signifikan terhadap sudut gesek karena berlawanan dengan peningkatan sudut kohesi , sedangkan sudut gesekan relatif konstan.

Sidratu dkk (2016), telah melakukan penelitian dengan judul penelitian “Biogrouting: Produksi Urease dari bakteri laut (*Oceanobacillus* sp.) Pengendap Karbonat” penelitian ini bertujuan untuk mengetahui enzim *urease* dapat dijadikan material grout karena memiliki kemampuan untuk melakukan sementasi pada aplikasi sederhana *biogrouting*. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa bakteri biogrout tumbuh optimum pada medium B4 urea dengan pH 7 dan suhu 25°C, sedangkan pada medium B4 urin bakteri biogrout tumbuh optimum pada suhu 25°C dan pH 8. Pengukuran aktifitas *urease* mencapai 144,12 unit/ml. Berdasarkan karakterisasi protein menggunakan ammonium sulfat protein mengendap maksimal pada konsentrasi 90% (203,32 unit/ml). Diketahui titik isoelektrik *urease* adalah pada pH 6 dan memiliki berat molekul 440kDa. Enzim *urease* dapat dijadikan material grout karena memiliki kemampuan untuk melakukan sementasi (diagenesis) pada aplikasi sederhana biogrouting menggunakan pasir laut dengan kondisi salin.

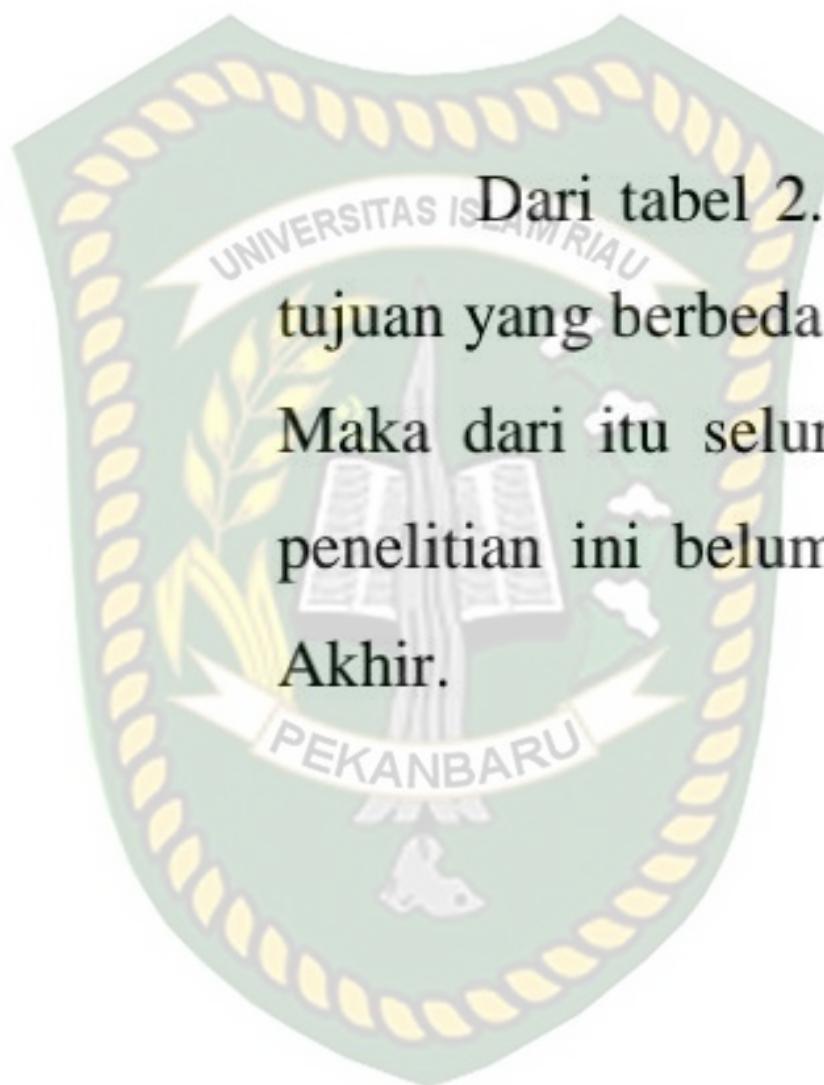
2.3 Keaslian Penelitian

Judul yang diajukan oleh peneliti dalam penelitian Tugas Akhir ini memang memiliki kesamaan dengan judul-judul penelitian terdahulu tetapi terdapat perbedaan-perbedaan seperti lokasi penelitian kondisi tanah dan fungsi bangunan.

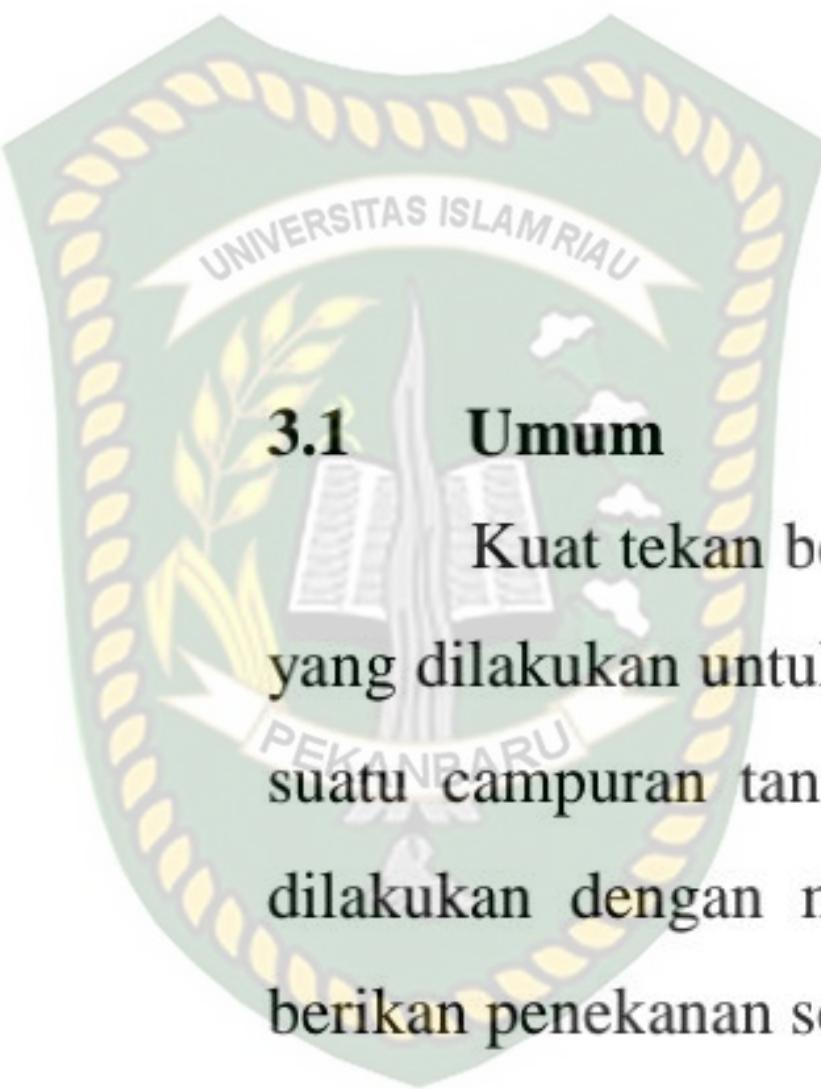


Tabel 2.1 Keaslian Penelitian

Peneliti / Tahun	Tujuan	Metode
Syarif dkk (2020)	Untuk Penerapan teknik <i>Biocementation</i> oleh <i>Bacillus Subtilis</i> dan pengaruhnya terhadap permeabilitas tanah organik.	<i>Microbially induced calcite precipitation (MICP) / BiogROUTing</i> sebagai teknik perbaikan tanah telah dipelajari sebagai metode peningkatan kekuatan tekan bebas hingga 1,6 Mpa tergantung pada jumlah kalsit diendapan tercapai.
Putra dkk (2018)	Untuk Mengetahui Campuran <i>Enzyime</i> Terhadap Kuat geser tanah berpasir	Pengujian kuat geser di laboratorium dengan penerapan <i>enzyime induced calcite precipitation (EICP)</i>
Sidratu dkk (2016)	Bertujuan untuk mengetahui <i>Enzyime urease</i> dapat dijadikan material grout karena memiliki kemampuan untuk melakukan sementasi pada aplikasi sederhana <i>biogROUTing</i> .	<i>BiogROUTing</i> menggunakan pasir laut dengan kondisi salin
Usman (2021)	Untuk mengetahui <i>Enzyime induce calcite precipitation (EICP)</i> terhadap kuat tekan tanah gambut.	Penelitian ini menggunakan metode <i>Enzyime induce calcite precipitation</i> memanfaatkan <i>Enzyime urease</i> .



Dari tabel 2.1 diatas bisa dilihat bahwa ke 3 jurnal memiliki metode dan tujuan yang berbeda-beda. Bisa disebabkan oleh lokasi dan kasus yang berbeda. Maka dari itu seluruh penelitian ini adalah benar hasil penelitian penulis dan penelitian ini belum pernah diteliti sebelumnya sebagai objek penelitian Tugas Akhir.



BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength*) merupakan pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil dari besarnya kekuatan tekan bebas pada suatu campuran tanah gambut yang telah terinjeksi oleh enzim. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji yang pembebanan yang rata dan di berikan penekanan secara tegak lurus dengan arah pemasatan (Esghier, 1984).

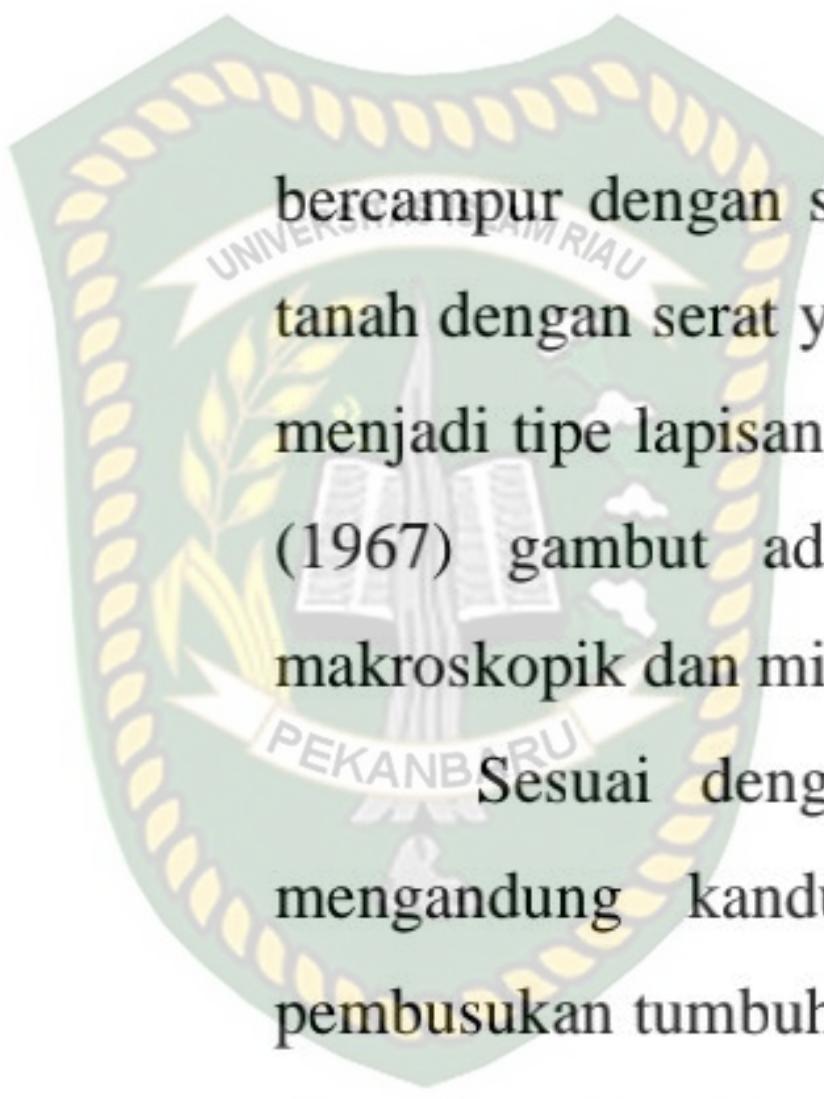
Menurut ASTM D 2166-00 (2000), alat uji kuat tekan bebas yang sering digunakan berupa plat dengan skala beban yang dilengkapi dengan sistem pembebanan menggunakan alat berupa dongkrak putar, alat dongkrak hidrolis, dan sistem pembebanan lainnya dengan kapasitas yang sesuai dengan fungsinya, antara lain sebagai pengatur kecepatan pembebanan.

Dalam penelitian ini uji kuat tekan bebas di laboratorium dilaksanakan untuk melihat hasil besarnya kuat tekan bebas tanah gambut. Tekanan aksial yang diperlukan untuk menekan benda uji yang berbentuk silinder yang di tekan sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan perpendekan pada tanah hingga 20%. Pengujian ini mengukur kekuatan tanah dapat menerima kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butir-butiran.

Dalam penelitian ini, uji kuat tekan dilakukan pada tanah yang dalam kondisi tidak asli atau sudah dalam keadaan sudah tercampur bahan lainnya. Hal ini dapat mengukur kemampuan masing-masing benda uji tanah gambut yang sudah terinjeksi enzim terhadap kuat tekan bebas. Kemudian pada akhirnya didapatkan hasil nilai kuat tekan bebas optimum yang mewakili beberapa benda uji.

3.2 Tanah Gambut

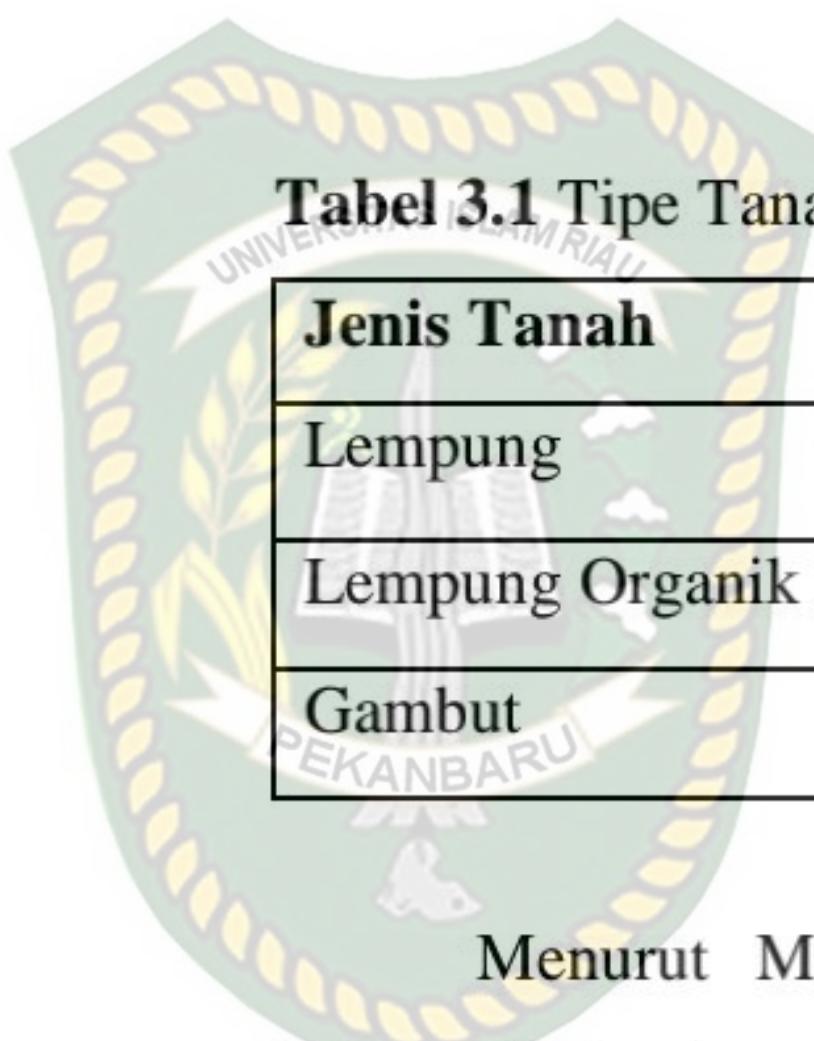
Tanah Gambut adalah bahan organik setengah lapuk berserat atau suatu tanah yang mengandung bahan organik berserat dalam jumlah besar. Gambut mempunyai angka pori yang sangat tinggi dan sangat kompresibel (Dunn dkk., 1980). Lapisan tanah gambut adalah tipe lapisan tanah lempung atau lanau yang



bercampur dengan serat-serat flora dari tumbuhan tebal diatasnya. Pada kondisi tanah dengan serat yang melapuk atau fauna yang membusuk maka tanah tersebut menjadi tipe lapisan tanah organik (Nasution, 2004). Menurut Terzaghi dan Peck (1967) gambut adalah agregat agak berserat yang berasal dari serpihan makroskopik dan mikroskopik tumbuh-tumbuhan.

Sesuai dengan ASTM D4427-92 (2002) tanah gambut ialah tanah mengandung kandungan bahan organik tinggi yang mengalami proses pembusukan tumbuhan, dilaksanakan tanah organik terkandung abunya, <25 % abu dalam berat kering. Tanah gambut dikenal Peat Soil ialah tanah memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan berbentuk dalam campuran fram bahan organik dari tumbuh-tumbuhan yang disebut fosil. Menurut Ajie N dan Respati R., 2018 bahwa ciri khas dari tanah gambut mengandung serat, kadar air tinggi, berwarna cokelat sampai kehitaman, mempunyai berat jenis sangat kecil, ringan mengandung sifat sebagai koloid kuat yang mampu menikmati air sehingga gambut menyerap air yang tinggi. Berdasarkan Vande Meene (1982) tanah gambut terbentuk sebagai hasil proses pelapukan sisa tumbuhan yang terdapat pada rawa dari berbagai jenis rumput, tumbuhan bakau, paku-pakuan, pindang dan sebagainya.

Berdasarkan Pedoman Konstruksi dan Bangunan (Pd. T-06-2004) oleh Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, tanah gambut berupa dari serat tumbuhan dari berbagai proses pelapukan yang mempunyai warna coklat tua sampai hitam yang berbau khas tumbuhan yang lapuk dan memiliki konsistensi berongga menunjukkan plastisitas yang kelihatan dan bertekstur serat dan tidak teratur. Secara visual fisik dan mekanisnya memiliki daya dukung rendah, daya mampat tinggi dan kadar air tinggi. Pada rekayasa geoteknik dapat dibedakan dan digolongkan dilihat dalam Tabel 3.1



Tabel 3.1 Tipe Tanah Berdasarkan Kadar Organik (Geoteknik, 2004).

Jenis Tanah	Kadar Organik
Lempung	<25
Lempung Organik	25-27
Gambut	>75

Menurut MacFarlane (1965), tanah gambut dikelompokkan 2 (dua) kelompok tanah gambut dibedakan menjadi 2 (dua) kelompok menurut :

1. Mempunyai kandungan serat $\geq 20\%$ yang disebut gambut berserat atau *fibrous peat*.
2. Mempunyai kandungan serat $< 20\%$ yang disebut gambut tak berserat atau *amorphous granular peat*.

Tanah gambut tak berserat dan berserat dapat diklasifikasikan sebagai tanah sangat lunak dan memiliki daya dukung atau *bearing capacity* sangat rendah dan penurunan atau *settlement* sangat besar.

3.2.1 Faktor Yang Mempengaruhi Perilaku Tanah Gambut

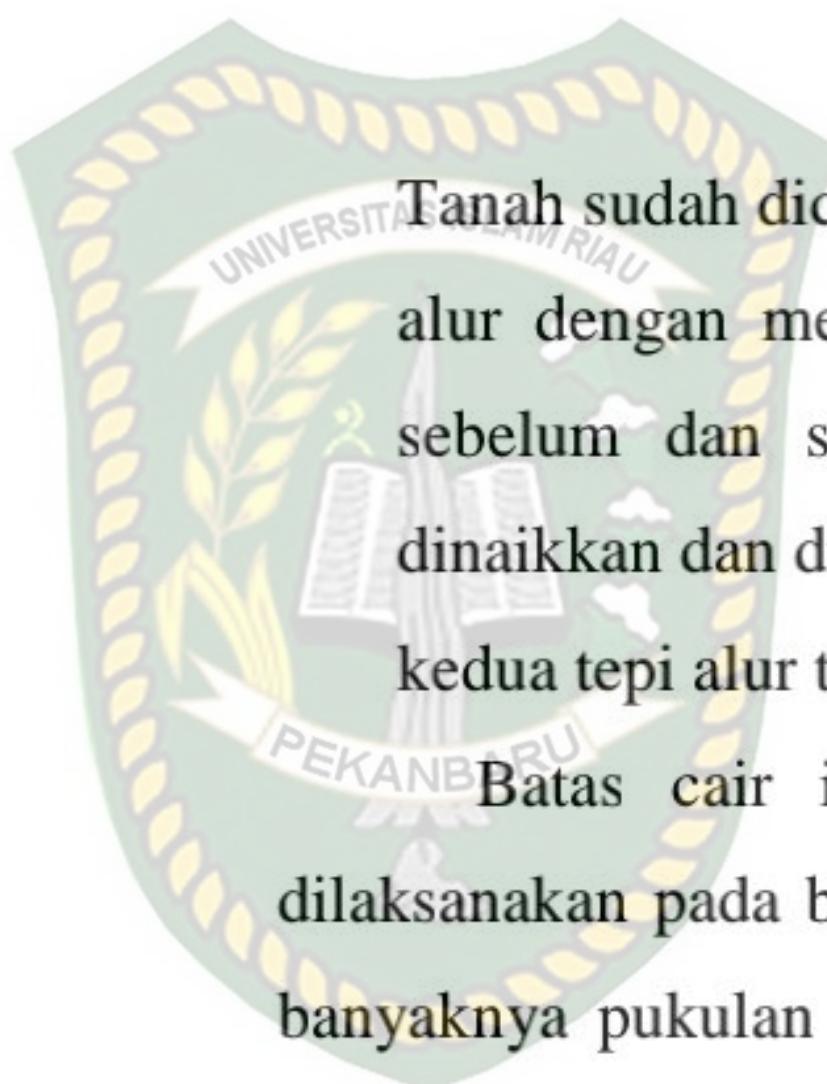
Tanah gambut mengandung kadar organik tinggi dan berbeda dengan lempung organik. Faktor-faktor yang menyebabkan perilaku struktur ialah jumlah air material organik dalam urutan pembentukannya.

a. Berat jenis

Tanah gambut ialah pepaduan 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 Petley (1970), pada kawasan iklim sedang. Pada kawasan Indonesia mempunyai kaitan sama juga dengan indikator dalam pengamatannya pada tanah dengan mengandung berat jenis tinggi pada mineral dan juga pada gambut.

b. Batas cair (*liquid limit*)

Batas cair ialah pada kadar air diantara keadaan cair dan keadaan plastis. Dalam menentukannya dengan memakai alat batas cair atau *cassagrade*.



Tanah sudah dicampur dengan air dan diletakkan didalam cawan untuk dibuat alur dengan menggunakan alat spatel atau *grooving tool*. Bentuk alur ini sebelum dan sesudah percobaan. Engkol alat diputar sehingga cawan dinaikkan dan dijatuhkan pada dasar, dan banyaknya pukulan dihitung 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 pikulan. Dari grafik ini dapat dibaca kadar air pada 25 pukulan (Hrdiyatmo, 2006)

Perhitungan untuk mencari batas cair berdasarkan standar ASTM 4318:

Berat tanah basah, $E = C - B$3.1

Berat tanah kering, $F = D-B$3.2

Berat air, $G = E - F$ 3.3

Dimana :

B = Berat cawan, (gram)

$C = \text{Berat tanah basah} + \text{cawan, (gram)}$

D = Berat tanah kering + cawan. (gram)

E = Berat tanah basah, (gram)

F = Berat tanah kering, (gram)

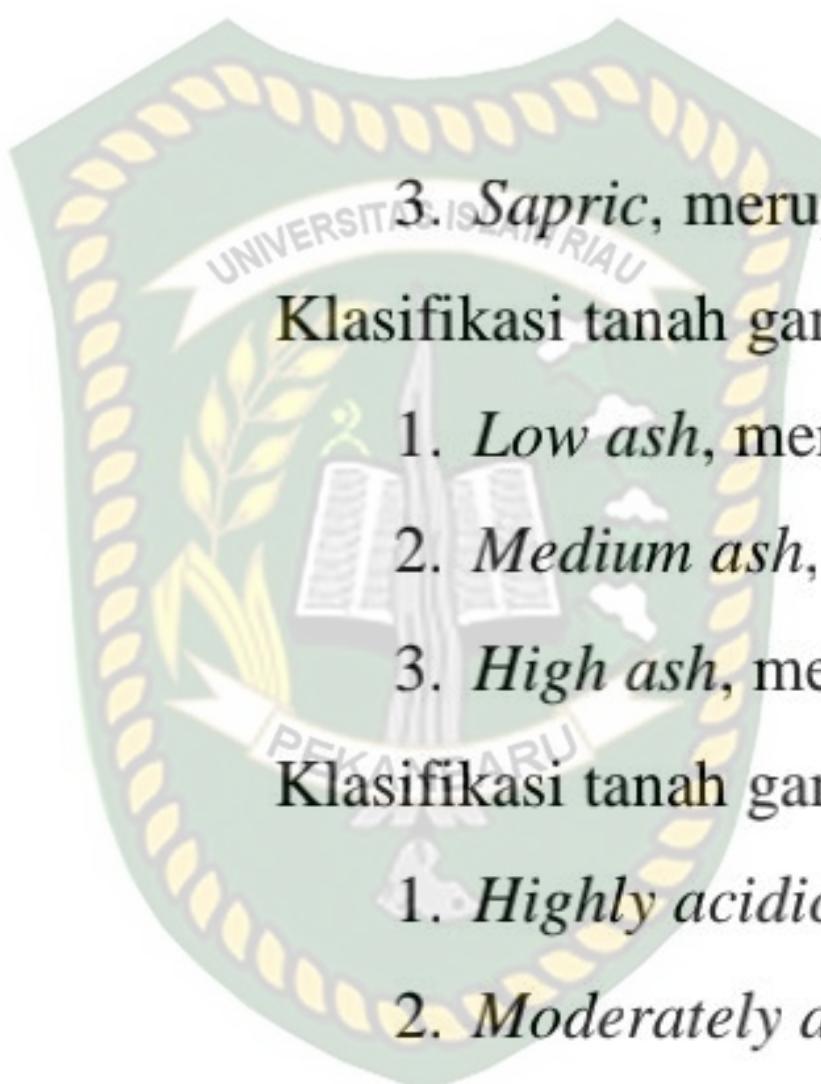
G = Berat air, (gram)

K = Kadar air, (%)

3.2.2 Klasifikasi Tanah Gambut

ASTM D4427-92 (2002) mengklasifikasikan tanah gambut berdasarkan kandungan serat, kandungan abu, tingkat keasaman, tingkat absorbsinya, dan tanah gambut berdasarkan tingkat humifikasiannya. Klasifikasi tanah gambut berdasarkan kandungan seratnya, yaitu:

1. *Fibric*, merupakan tanah gambut dengan kadar serat > 67%,
 2. *Hemic*, merupakan tanah gambut dengan kadar 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 kandungan tingkat asamnya yaitu:

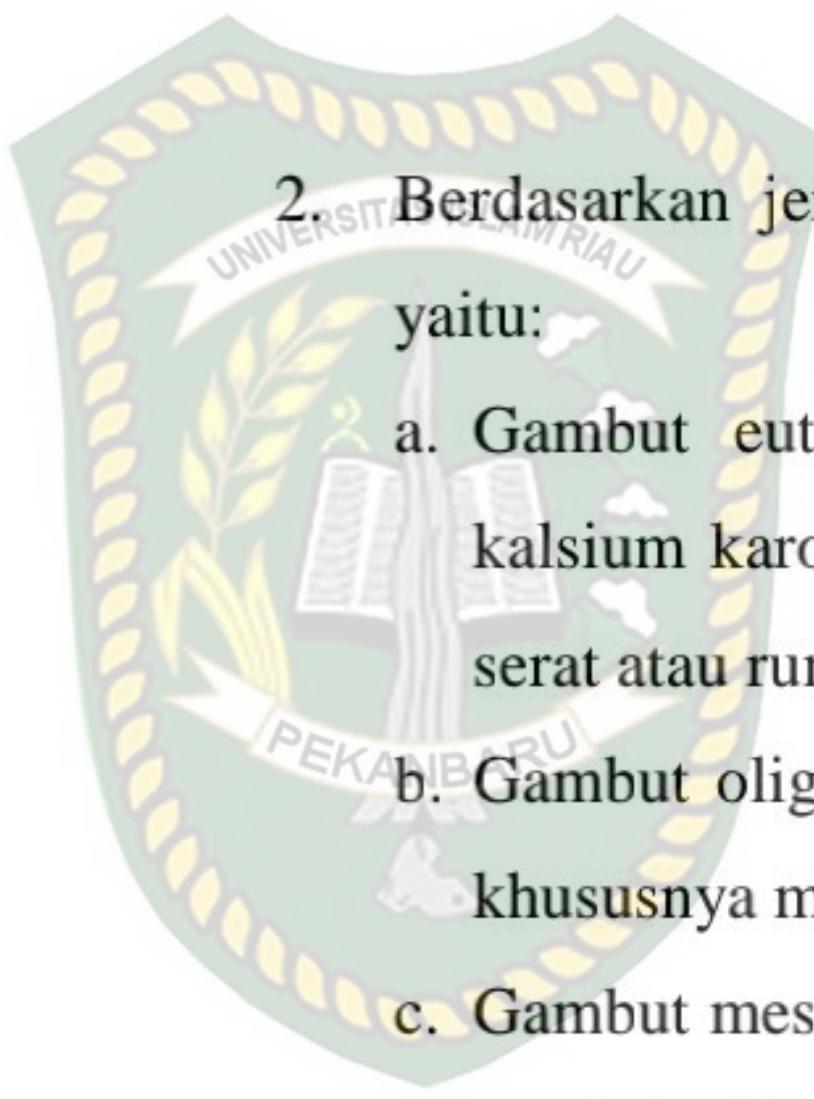
1. *Highly acidic*, merupakan tanah gambut dengan pH < 4,5.
2. *Moderately acidic*, merupakan tanah gambut dengan pH antara 4,5-5,5.
3. *Slightly acidic*, merupakan tanah gambut dengan pH antara 5,5-7.
4. *Basic*, merupakan tanah gambut dengan Ph ≥ 7.

Klasifikasi tanah gambut berdasarkan tingkat absorbsinya,yaitu:

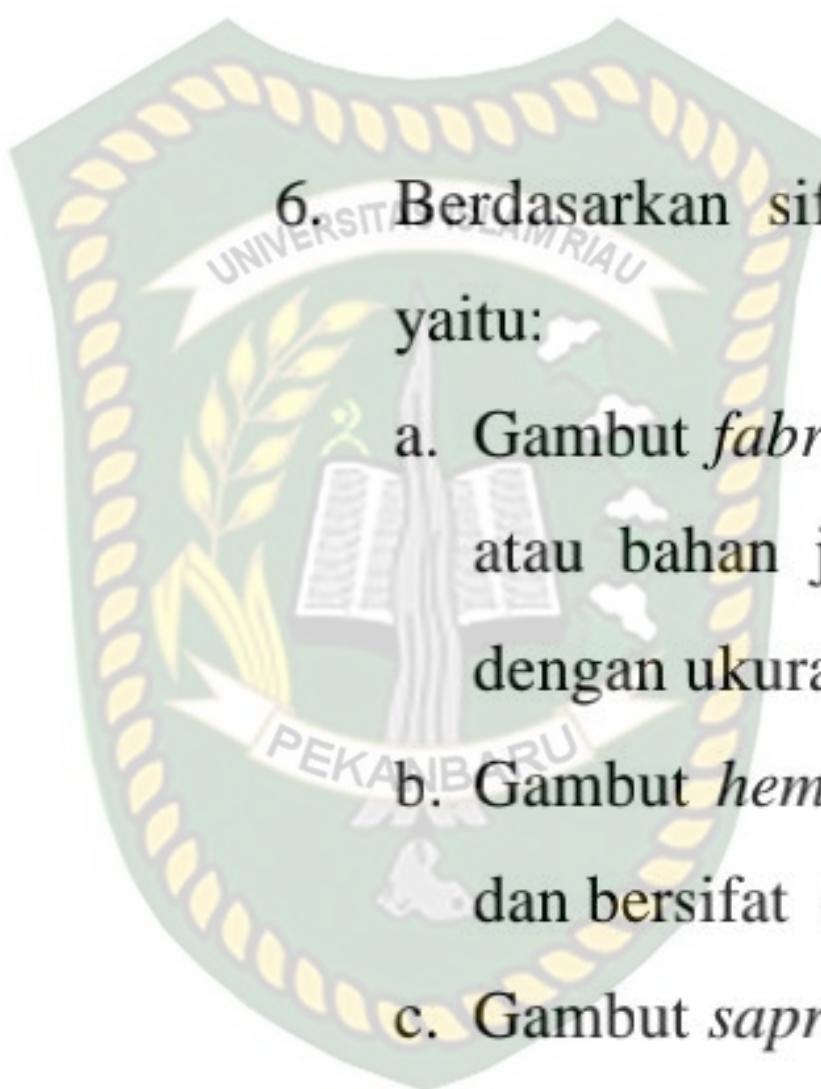
1. *Extremely absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung air >1500%
2. *High absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung 800%-1500%.
3. *Moderately absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung air 300%-800%.
4. *Slightly absorbent*, merupakan tanah gambut yang dapat menampung air <300%.

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

1. Berdasarkan bahan asal atau penyusunan tanah gambut dibedakan tiga golongan gambut yaitu:
 - a. Gambut lumutan (*sedimentary* atau *moss peat*) ialah gambut terdiri dari gabungan tanaman air (*family liliceae*) merupakan plankton yang sejenisnya.
 - b. Gabungan 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.



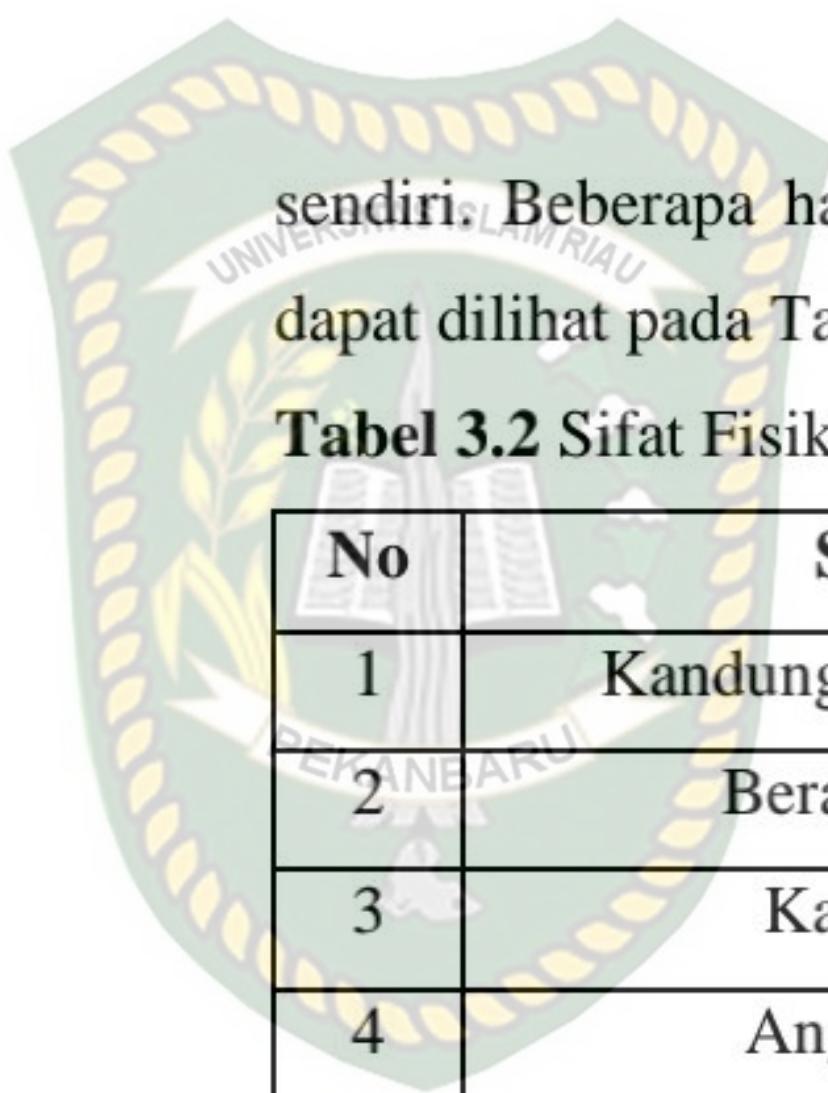
2. Berdasarkan jenjang kesuburannya tanah gambut dibedakan tiga golongan yaitu:
 - a. Gambut eutrofik ialah gambut yang mengandung mineral, khususnya kalsium karonat, sebagian besar didaerah payau dan berasal dari vegetasi serat atau rumputan-rumputan bersifat netral atau alkalin.
 - b. Gambut oligotofik ialah tanah gambut yang mengandung mineral sedikit khususnya magnesium dan kalsium yang bersifat sangat 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 tropik ialah gambut yang terletak pada kawasan tropik atau subtropik.
 - b. Gambut iklim sedang gambut yang terletak pada kawasan eropa yang memiliki iklim empat musim.
4. Berdasarkan urutan pembentukannya, gambut dibedakan menjadi yaitu:
 - a. Gambut ombrogen ialah gamin 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 vekung (*basin peat*) ialah gambut yang terbentuk di kawasan cekungan rawat butir (*backswamps*) atau lembah sungai.
 - b. Gambut sungai (*river peat*) adalah gambut yang terbentuk di kawasan sungai ke arah lembah kurang lebih 1 km seperti sepanjang sungai Kapuas, Sungai Mentanga di Kalimantan dan Sungai Bario.
 - c. Gambut daratan tinggi (*highland peat*) adalah gambut yang terbentuk di kawasan punggu bukit atau pegunungan seperti kawasan Tigi di provinsi Papua dan pegunungan Dieng di provinsi Jawa Tengah.
 - d. Gambut daratan pesisir/ pantai (*coastal peat*) adalah gambut di kawasan sepanjang sektor pantai.



6. Berdasarkan sifat kematangannya (*ripeness*) gambut dibedakan tiga jenis yaitu:
 - a. Gambut *fabric* ialah gambut masih muda klasifikasinya mengandung sisik 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 telah terjadi pembentukan cepat dan bersifat matang sampai dengan matang.
7. Berdasarkan ketebalan lapisan organiknya gambut diklasifikasi empat kategori:
 - a. Gambut dangkal ialah areal gambut yang memiliki ketebalan lapisan bahan organik 50-100 cm.
 - b. Gambut tengahan 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.

3.3 Sifat Fisik Tanah Gambut

Sifat fisik tanah gambut memiliki kandungan organik yang sangat tinggi, dimana proses pembentukan tanah gambut itu sendiri berasal dari tumbuhan. Kandungan air yang tinggi dan nilai angka pori yang besar menyebabkan harga koefisian rembesan tanah gambut menyerupai pasir, hal ini dikarenakan pori yang besar menyebabkan air dalam pori mudah keluar terutama apabila terdapat beban diatasnya. Angka volume tanah gambut yang kecil menunjukkan bahwa kepadatan tanah gambut tidak seperti tanah pada umumnya dan jika dihubungkan dengan kadar airnya tinggi, berat air yang terkandung dalam tanah gambut mencapai 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 dibawah.

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)	5-5
5	Ph	4-7
6	Kadar abu (A)	1-5%
7	Spesifik gravity (Gs)	1,38-1,95
8	Rembesan (k)	2. ⁻⁰² s/d 1,2 ⁻⁰⁶

Sifat fisik tanah gambut mempunyai kandungan organik tinggi sesuai pembentukan terjadinya tanah gambut, angka pori besar mempunyai kadar air tinggi nmengakibatkan koefisien rembesan seperti pasir dan berat air mencapai 6 kali lebih dari berat butiran tanah gambut sendiri.

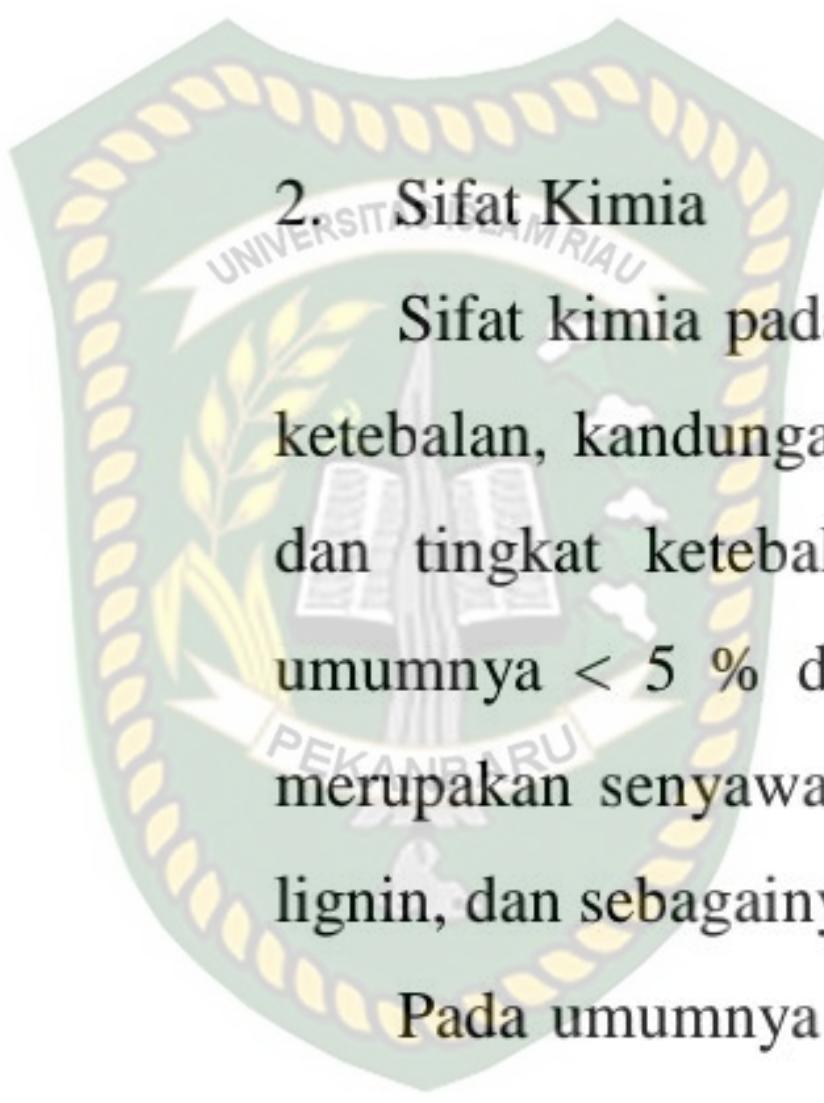
Kemampuan tanah gambut untuk menyerap dan menyimpan air yang sangat tinggi akan berpengaruh pada sifat teknik tanah gambut, dimana semakin besar kadar air yang terkandung pada tanah gambut semakin kecil daya dukung kekuatannya. Selain itu, tanah gambut mempunyai harga pemampatan yang tinggi (*High Compressibility*),

Tanah gambut mempunyai sifat fisik dan sifat kimia (Mutalib, et.al, 1991) yaitu :

1. Sifat Fisik

Tanah gambut memiliki kadar air 100 % - 1,300 %, mengakibat tanah gambut menjadi lunak dan menahan beban yang rendah. Lapisan atas tanah gambut *bulk density* 0,1 s.d 0,2 gram/cm³ sesuai tingkat pelapukannya atau dekomposisi.

- a. *Bulk density* <0,1 gram/cm³ dikategori gambut *fibrik* pada lapisan bawah.
- b. *Bulk density* >0,2 gram/cm³ dikategori *saprik* disebabkan pengaruh mineral tanah



2. Sifat Kimia

Sifat kimia pada gambut di Indonesia khusus provinsi Riau ditentukan pada ketebalan, kandungan mineral, jenis mineral pada dasar gambut atau substratum dan tingkat ketebalan pada gambutnya. Gambut mengandung mineral pada umumnya < 5 % dan selebih mengandung organik. Bahwa 10% sampai 20% merupakan senyawa humat seperti senyawa selulosa, hemiselulosa protein, resi, lignin, dan sebagainya.

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

Tabel 3.3 Sifat Teknik Tanah Gambut (Mochtar, 2002).

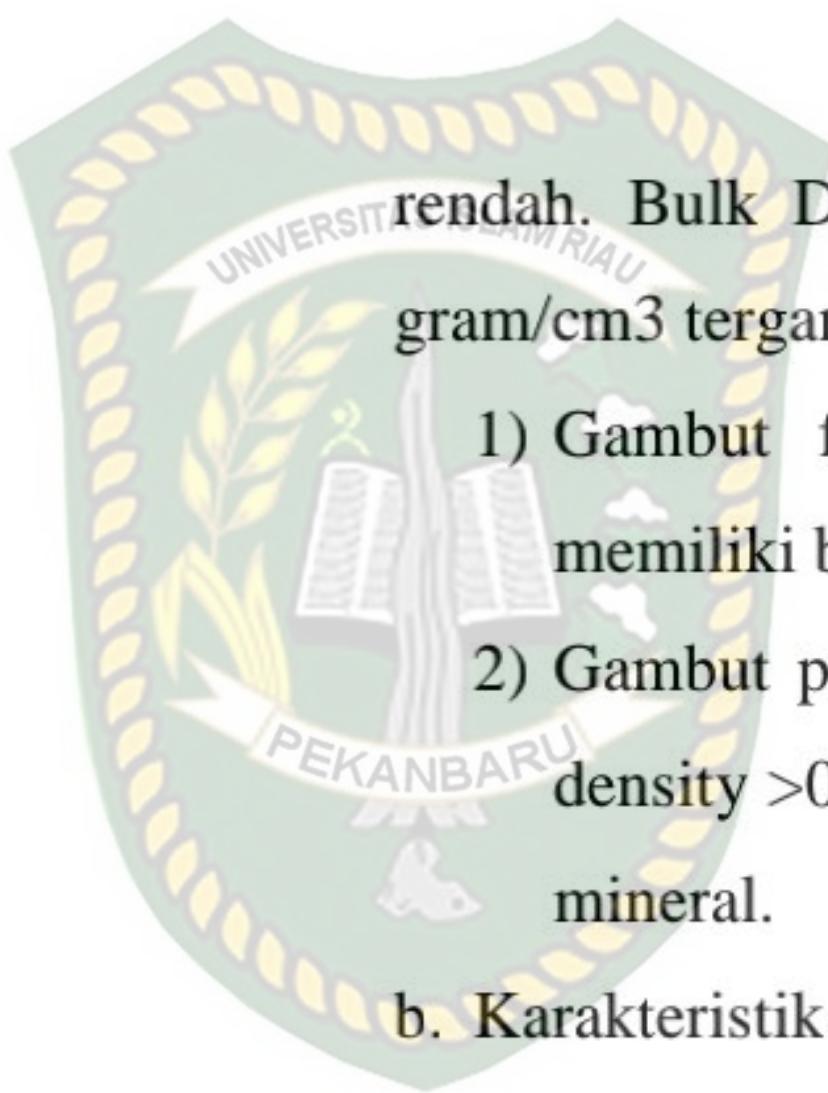
No	Sifat	Nilai	Keterangan
1	Kohesi tanah/kuat geser	0	non cohesive
2	Compressibility/kemampatan	Sangat tinggi	Sensitif thd
3	Bearing capacity/kapasitas dukung	5-7 kPa	Skandinavia
4	Sudut geser dalam	50 derajat	Terutama fibrous
5	Ko/koefisien tanah at rest	Maks. 0,5	Lbh kecil dr
6	Konsolidasi	Sangat lama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

Kemampuan tanah gambut untuk menyerap dan menyimpan air yang sangat tinggi akan berpengaruh pada sifat teknik tanah gambut, dimana semakin besar kadar air yang terkandung pada tanah gambut semakin kecil daya dukung keuatannya. Selain itu, tanah gambut mempunyai harga pemampatan yang tinggi (High Compressibility), yang dibuktikan dengan perilaku terhadap beban yang bekerja diatasnya.

Tanah gambut mempunyai karakter fisik dan kimia yaitu:

a. Karakteristik fisik

Tanah gambut mempunyai kadar air berkisar antara 100-130%, yang menyebabkan tanah gambut menjadi lembek dan daya menahan bebannya



rendah. Bulk Density tanah gambut lapisan atas bervariasi antara 0.1-0.2 gram/cm³ tergantung pada tingkat dekomposisinya.

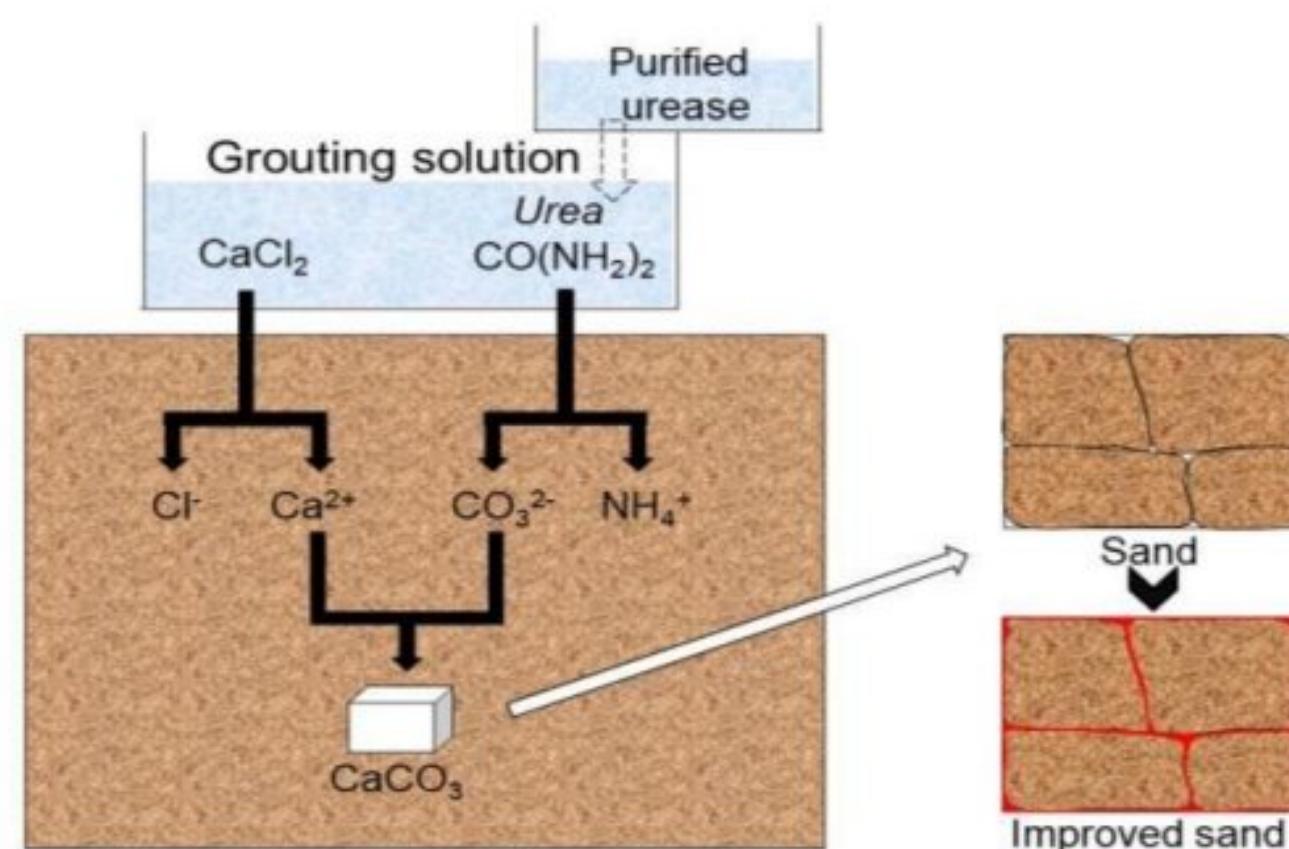
- 1) Gambut fibrik pada umumnya berada pada lapisan bawah yang memiliki bulk density <0,1 gram/cm³.
- 2) Gambut pantai dan gambut di jalur aliran sungai yang memiliki bulk density >0,2 gram/cm³ yang disebabkan karena adanya pengaruh tanah mineral.

b. Karakteristik kimia

Lahan gambut di Indonesia mempunyai karakteristik kimia yang dipengaruhi oleh ketebalan, jenis mineral dan kandungan mineral pada dasar gambut, dan tingkat dekomposisi gambut. Pada umumnya kandungan mineral gambut, di Indonesia kurang dari 5% sedangkan sisanya adalah bahan organik. Fraksi organik terdiri dari senyawa humat sekitar 10 hingga 20% dan sebagian besar lainnya adalah senyawa lilin, resin, protein, lignin, selulosa hemiselulosa, dan senyawa lainnya.

3.4 Enzyme induced Calcite Precipitation (EICP)

Dalam teknik ini, enzim urease sendiri digunakan untuk mendisosiasi urea menjadi ion amonium dan karbonat, bukan bakteri. Skema proses pesipitasi dan mekanisme peningkatan yang diharapkan diilustrasikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.1 Skema Proses Presipitasi dan Mekanisme Grouting (Putra,dkk 2017)

Enzim *urease* merupakan enzim yang dihasilkan dari banyak organisme, seperti bakteri, ganggang, jamur, tanaman, dan invertebrata. Enzim *urease* dalam



tanah berperan sebagai katalisator dalam proses hidrolisis urea menjadi amonia dan asam karbonat yang selanjutnya asam karbonat (Banarjee & Aggarwal, 2012). *Urease* adalah enzim yang dihasilkan oleh bakteri ureolitik yang tidak bersifat teksik (Fujita, Ferris, Lawson, Colwell, & Smith, 2011). Enzim *urease* berperan dalam proses hidrolisis urea menjadi ammonium dan karbodioksida, saat proses hidrolisis berlangsung akan terjadi kenaikan konsentrasi karbonat dan pH. Kemudian karbonat yang dihasilkan dari proses tersebut akan berikatan dengan kalsium untuk membentuk kalsium karbonat (CaCO_3) (Krishnapriya *et al.*, 2015).

3.5 Kedelai

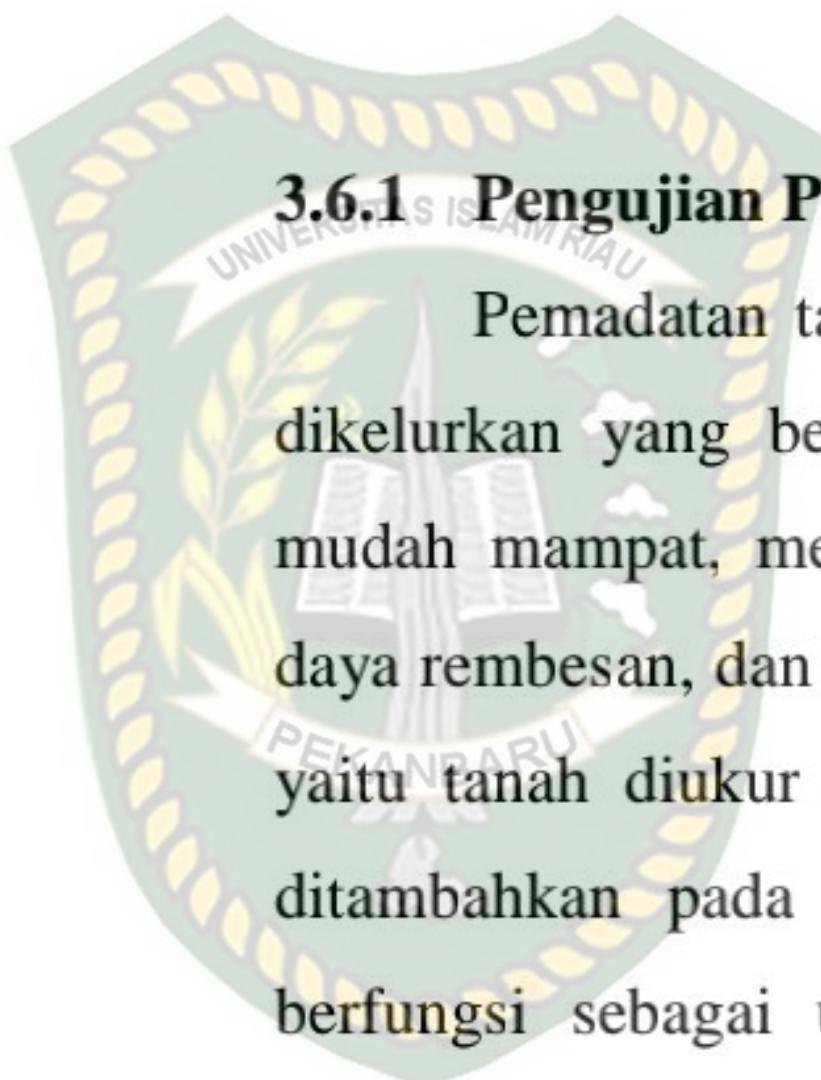
Kedelai merupakan salah satu tanaman leguminosa yang mampu memanfaatkan sumber energi secara biologis.simbiosa leguminosa-rhizobia mampu menambat N_2 udara sehingga kebutuhan tanaman akan N dapat terpenuhi.

Selama ini ampas kedelai masih belum dimanfaatkan secara maksimal, kebanyakan hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau pupuk.sedangkan hasil limbah olahan kedelai masih mengandung nilai nutrisi yang cukup tinggi, misalkan bungkil kedelai mengandung 30-40% protein, 4-6% serat kasar, dan 1% lemak (Adisarwanto,2005).

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah ampas kedelai dari proses penumbukan kedelai secara halus. Kemudian ampas kedelai dicampur dengan air bersih sampai endapan ampas kedelai turun kebawah.

3.6 Pelaksanaan Pengujian Laboratorium

Dalam pelaksanaan pengujian laboratorium memiliki prosedur kerja yang harus diikuti sesuai dengan langkah-langkah kerja yang telah ada pada panduan penelitian, sehingga pengujian yang dilakukan menghasilkan nilai yang sebenarnya.



3.6.1 Pengujian Pemadatan (*proctor test*)

Pemadatan tanah adalah suatu proses dimana udara pada pori-pori tanah dikelurkan yang bertujuan untuk mengurangi permeabilitas, mengurangi sifat mudah mampat, menaikan kekuatan tanah dan kuat geser tanah, memperkecil daya rembesan, dan memperbaiki pengaruh air terhadap tanah. Prinsip pemadatan yaitu tanah diukur dari berat volume kering tanah yang dipadatkan. Bila air ditambahkan pada suatu tanah yang sedang dipadatkan, maka air tersebut berfungsi sebagai unsur pembasah dari partikel-partikel tanah. Untuk usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah meningkat. Pada pemadatan tanah tersebut dilakukan dalam 3 lapisan dengan jumlah tumbukan 25 kali perlapis. Percobaan dapat diulang dalam 5 kali percobaan dengan kadar air yang berbeda-beda.

Untuk setiap percobaan, berat volume tanah basah (γ_b) dari tanah yang dipadatkan dapat dihitung dan dilihat pada persamaan 3.3 dibawah ini :

$$\gamma_b = \frac{w}{v} \quad (3.3)$$

Dimana :

γ_b = berat volume tanah basah (gr/cm^3)

w = berat tanah yang dipadatkan dalam cetakan (gr)

v = volume cetakan (cm^3)

Hubungan berat volume kering dan berat volume basah dan kadar air dinyatakan dalam persamaan 3.4 :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+W} \quad (3.4)$$

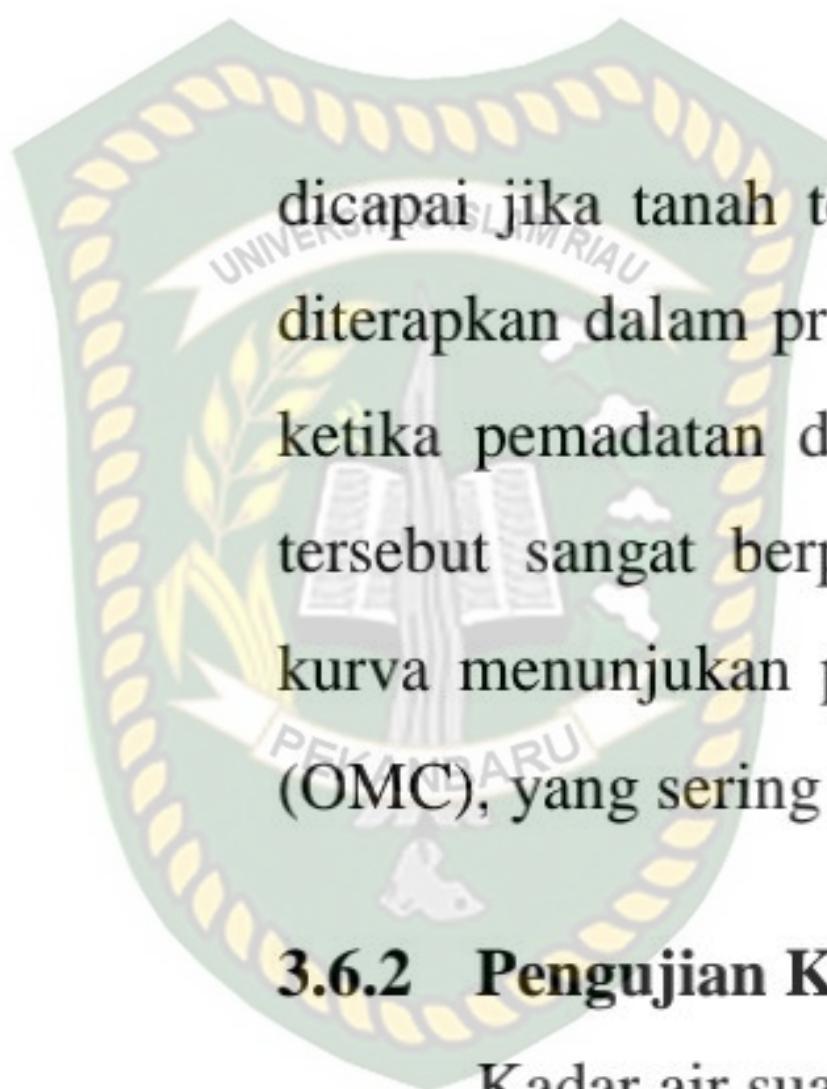
Dimana :

γ_d = berat volume kering (gr/cm^3)

γ_b = berat volume basah (gr/cm^3)

W = kadar air (%)

Selanjutnya digambarkan sebuah grafik hubungan antara adar air (w) dengan berat volume air kering (γ_d) serta kurva rongga udara ($sr = 100\%$). Kurva rongga udar nol tidak pernah berpotongan dengan kurva hasil pemadatan, karena kurva ini menunjukkan posisi tingkat kepadatan tanah maksimal teoritis yang dapat



dicapai jika tanah tersebut sangat padat dan tampa rongga udara. Hal ini sulit diterapkan dalam praktik, karena rongga udara tidak mungkin dikeluarkan 100% ketika pemadatan dilakukan dilaboratorium ataupun dilapangan. Namun kurva tersebut sangat berperan dalam aspek pemadatan yang kita lakuakan. Puncak kurva menunjukan posisi kepadatan maksimum ($\gamma_{d_{maks}}$) dan kadar air opimum (OMC), yang sering digunakan dalam acuan pekerjaan pemadatan dilapangan.

3.6.2 Pengujian Kadar Air (*Water Content*)

Kadar air suatu bahan tanah merupakan perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butiran tanah kering yang dinyatakan dalam persen (%), pengujian kadar air menggunakan standar SNI 1965-2008, untuk menentukan besarnya kadar air (*water content*) yang terkandung dalam tanah asli digunakan rumus :

Dimana :

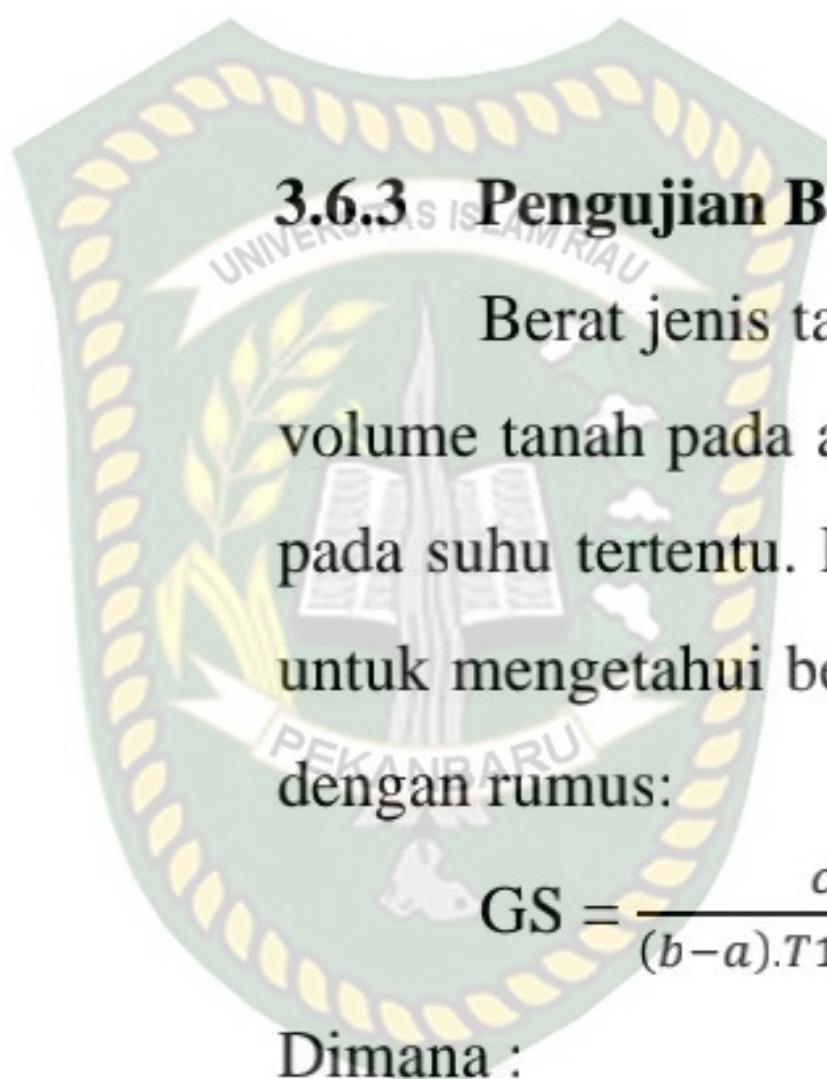
ω = kadar air (%)

a = berat cawan kosong (gram)

b = berat cawan + tanah basah (gram)

c = berat cawan + tanah kering oven (gram)

Kadar air dari suatu tanah berbeda-beda tergantung pada keadaan daerah berkisar 20%-100%, dengan ketentuan jika kadar air melebihi 100% maka tanah tersebut dikatakan jenuh air dan jika kurang dari 20% maka tanah tersebut dikatakan kering, jumlah kadar air sangat berpengaruh terhadap sifat dari suatu tanah. Sifat-sifat yang dipengaruhi oleh kadar air yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran tanah dan air menjadi sangat lembek yang pada akhirnya akan memperlemah daya dukung tanah tersebut.



3.6.3 Pengujian Berat Jenis [*Specific Gravit (GS)*]

Berat jenis tanah merupakan perbandingan antara berat butir tanah dengan volume tanah pada atau berat air dengan isi sama dengan isi tanah padat tersebut pada suhu tertentu. Pengujian ini berdasarkan SNI 03-1964-1990 yang dilakukan untuk mengetahui berat jenis butiran tanah. Berat jenis tanah (GS) dapat dihitung dengan rumus:

Dimana :

GS = Berat jenis butir tanah

a = berat piknometer kosong (gram)

b = berat piknometer kosong (gram)

c = berat piknometer + air (gram)

T1 = Faktor koreksi pada suhu t1 ($^{\circ}\text{C}$)

Gradasi dilakukan untuk menentukan pembagian butir agregat halus dan agregat kasar dan persentase tertahan dan lewat dengan menggunakan saringan . pada pengujian ini tidak mempertimbangkan bentuk dari butiran tersebut.

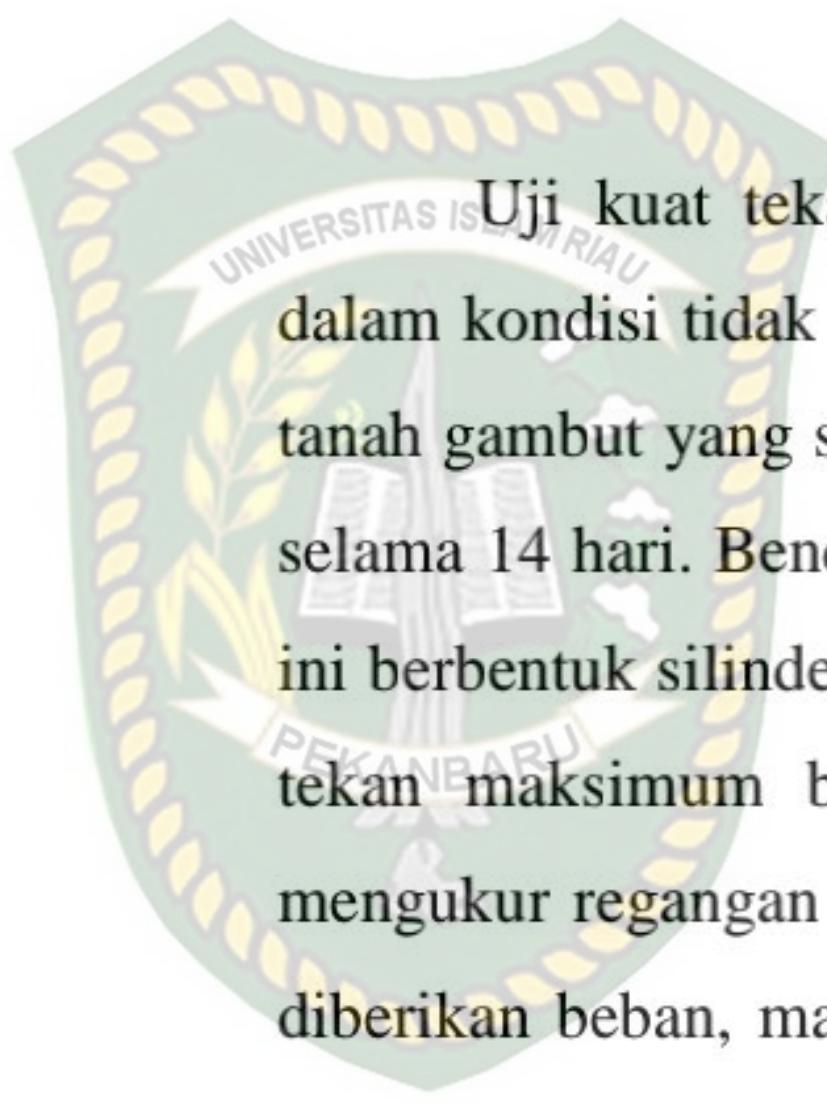
Untuk persentase tertahan dan lewat dihitung menggunakan rumus :

Persentase tertahan : $\frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Benda Uji}} \times 100\%$ 3.7

Persentase lewat : 100-e.....3.8

3.8 Kuat Tekan Bebas (UCS)

Uji kuat tekan bebas merupakan cara yang dilakukan untuk mendapatkan seberapa besar kuat dukung tanah untuk menerima kuat tekan yang diberikan sampai benda uji terpisah dari butiran dan regangan tanah akibat tekanan yang diberikan pada benda uji tersebut (Q Wiqoyah, dkk, 2020).



Uji kuat tekan bebas yang dilakukan ini dilakukan pada tanah gambut dalam kondisi tidak asli atau sudah tercampur dengan bahan yang lainnya. Untuk tanah gambut yang sudah tercampur bahan yang lainnya , benda uji ini didiamkan selama 14 hari. Benda uji yang akan dilakukan dalam pengujian kuat tekan bebas ini berbentuk silinder, benda uji diberikan beban sehingga mendapatkan nilai kuat tekan maksimum benda uji tersebut sampai mencapai keruntuhan dan juga mengukur regangan tanah akibat tekanan yang diberikan. Setiap material apabila diberikan beban, maka material tersebut akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi.Gaya atau tekanan persatuan luas disebut sebagai *stress* atau penekanan. Selain itu perubahan bentuk dalam hal ini dibuktikan dengan perubahan dalam satuan panjang atau ΔL yang dibanding dengan panjang semula, disebut sebagai starin atau regangan (ε). Pengujian ini menggunakan alat tekan manual untuk menekan benda uji yang berbentuk silinder dari satu arah. Perbandingan atara tinggi dan diameter benda uji mempengaruhi nilai kuat tekan bebas benda uji (Gogot S.B, 2011).

Untuk pengujian kuat tekan bebas secara umum digunakan perbandingan $L=2D$. L adalah *length* atau panjang dari benda uji dan D adalah diamter dari benda uji. Untuk standar pengujian berpedoman pada standar ASTM D 2166 mengenai *Unconfined Compressive Strength*.

Dimana :

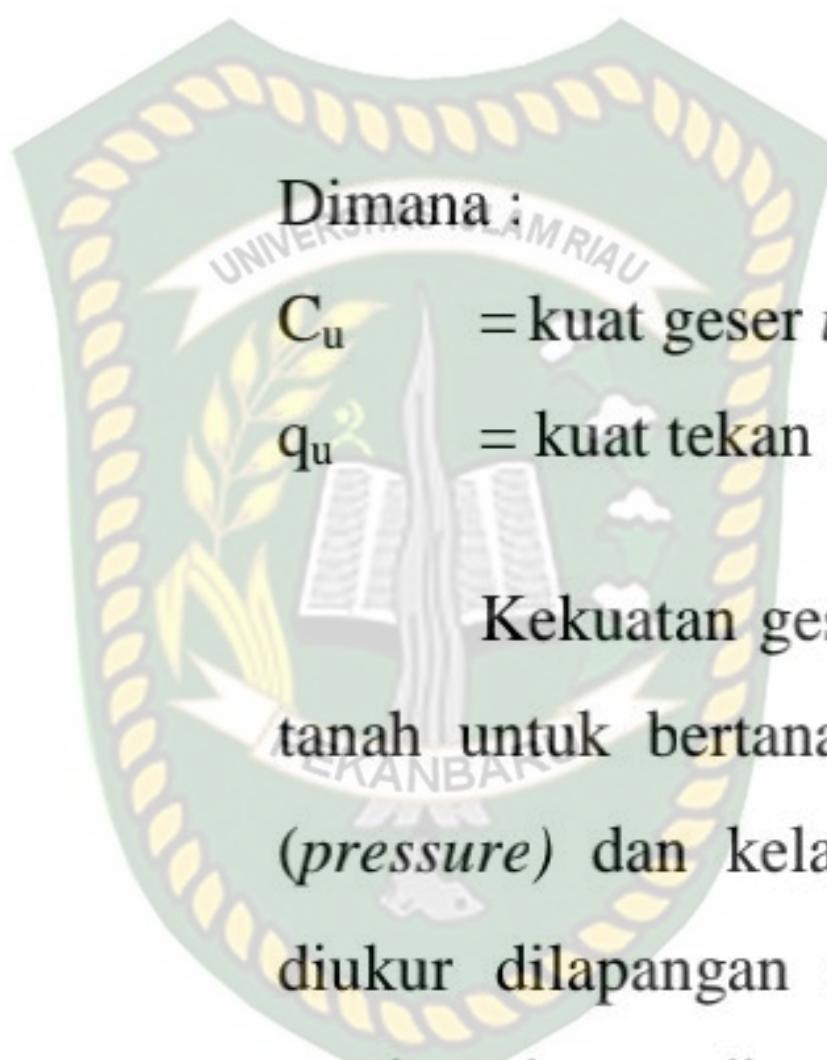
Qu = kuat tekan bebas

k = kalibrasi proving ring

R = pembacaan maksimum – pembacaan awal

A = luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan (cm^2)

Kohesi *undrained* atau regangan tanah yang diakibatkan oleh beban dapat dihitung dengan persamaan C_u (kuat geser *undrained*). Nilai C_u didapat dari hasil uji kuat tekan bebas.



Dimana :

C_u = kuat geser *undrained*

q_u = kuat tekan bebas

Kekuatan geser tanah dapat didefinisikan sebagai kemampuan maksimum tanah untuk bertahan terhadap usaha perubahan bentuk pada kondisi tekanan (*pressure*) dan kelambapan tertentu (head 1982). Kekutan geser tanah dapat diukur dilapangan maupun dilaboratorium. Data kekuatan geser tanah pada awalnya hanya digunakan untuk keperluan teknik bangunan dalam mengevaluasi kemampuan tanah menompang kontruksi bangunan, seperti gedung dan bendungan. Penggunaannya dalam bidang pertanian dikaitkan dengan waktu dan teknik yang tepat dalam pengelolahan tanah.

Konsep kekuatan geser tanah teori geser maksimum yaitu bahwa keruntuhan pada nilai tekanan pada saat terjadinya perubahan bentuk tetap, terjadi jika tekanan yang diberikan mencapai nilai kritis dari kemampuan tanah. Hukum mohr-coulomb menyatakan bahwa kekuatan geser tanah (T), mempunyai hubungan dengan kohesi tanah (c), dan jika priksi antar partikel yang dikemukakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

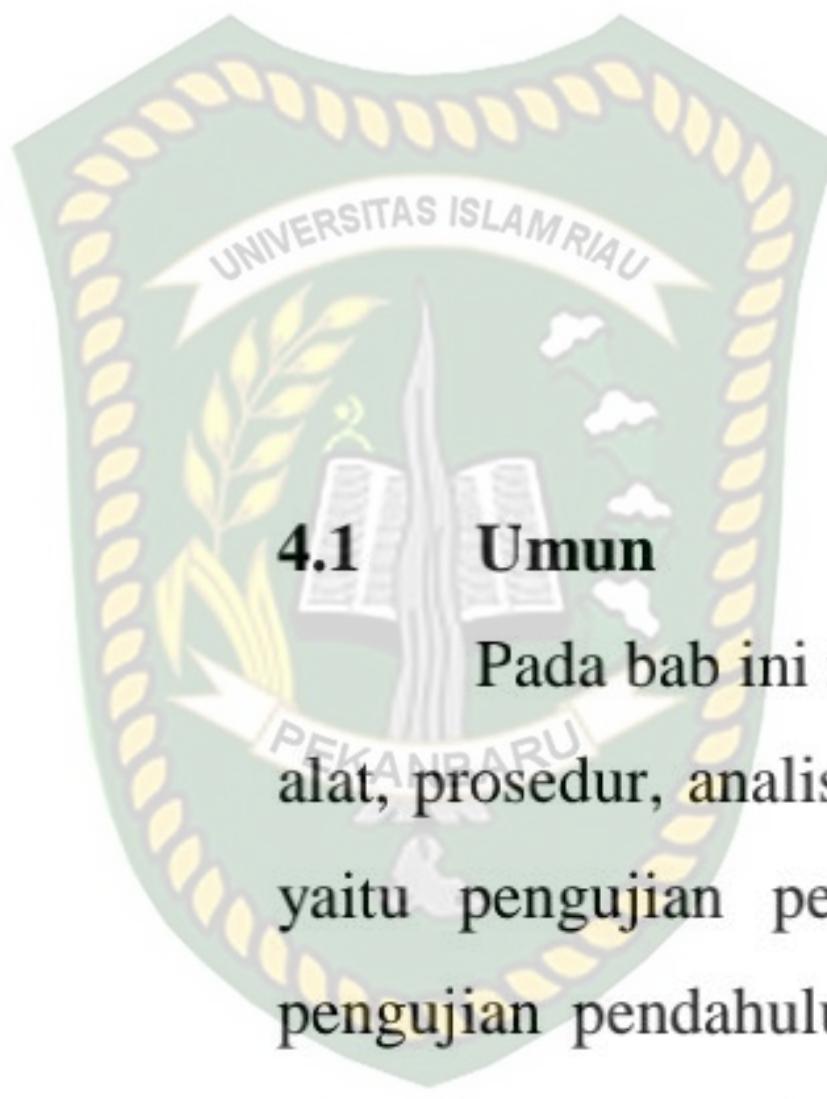
Dimana :

τ = kekuatan geser (kPa)

c = kohesi tanah (kPa)

σ_n = tekanan normal (stress: kPa) tegak lurus bidang keruntuhan

φ = sudut priksi internal partikel (derajat)



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Umum

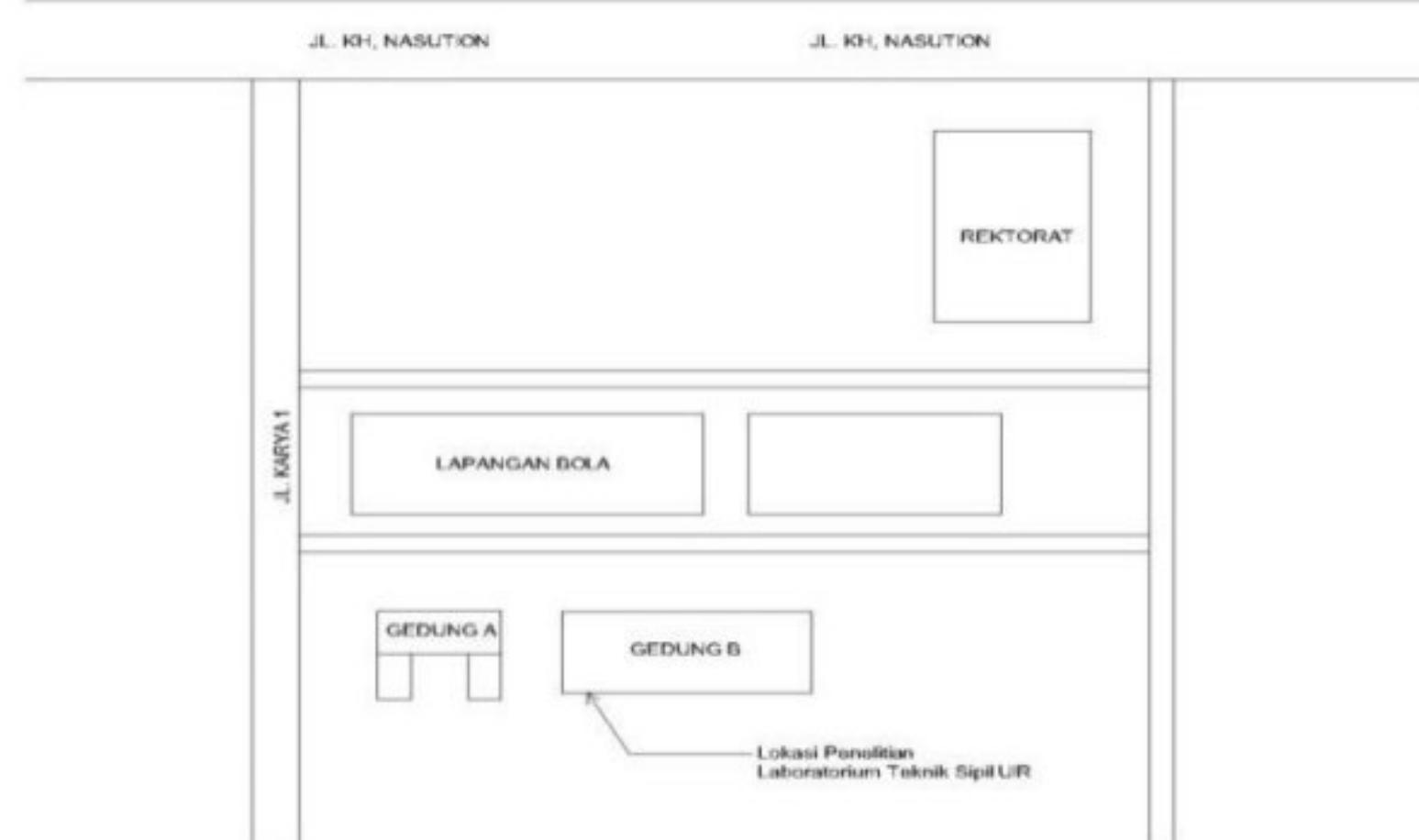
Pada bab ini menjelaskan metode penelitian yang terdiri dari lokasi, bahan, alat, prosedur, analisis penelitian serta tahap pengujian yang dibagi menjadi dua yaitu pengujian pendahuluan dan pengujian utama. Dimana pada penelitian pengujian pendahuluan merupakan pengujian dari tanah gambut dan pengujian utama juga pengujian pada tanah gambut yang telah pengaplikasian *biogrouting* menggunakan *Enzyme induced Calcite Precipitation* (EICP).

4.2 Lokasi pengambilan sampel

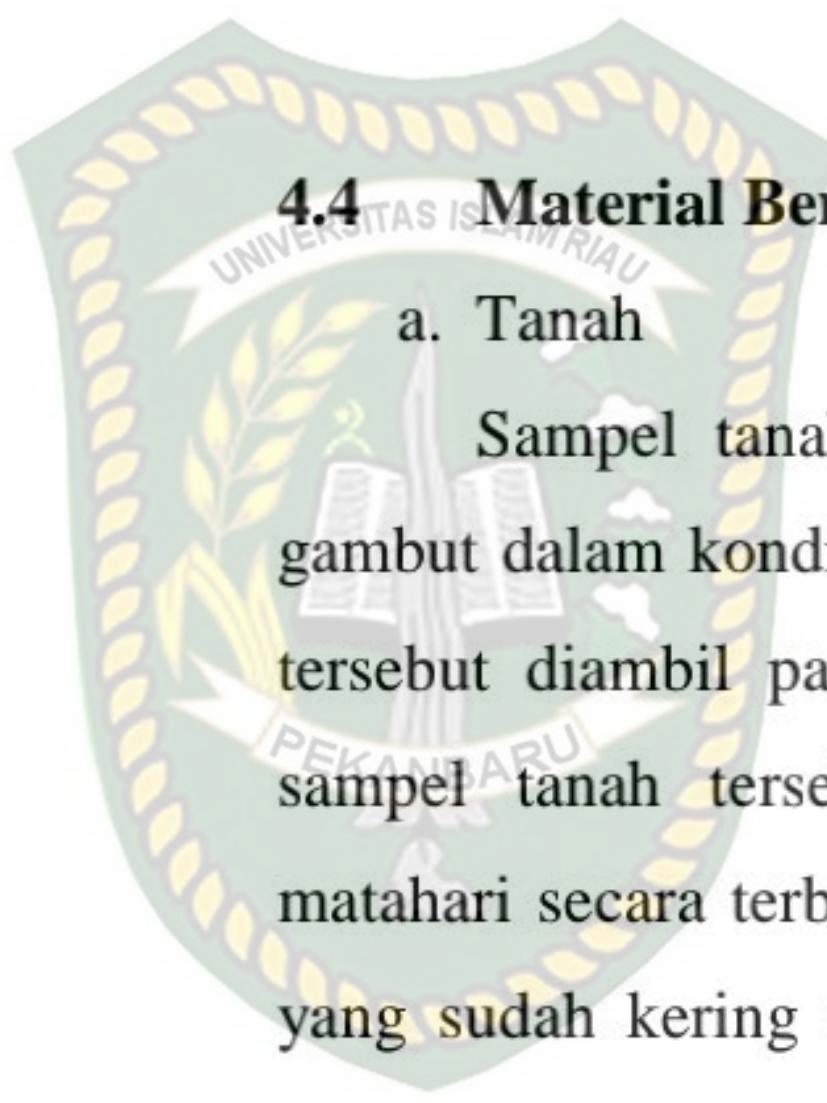
Lokasi pengambilan sampel tanah gambut berasal dari Desa Buana Makmur km 55 Kecamatan Dayun, Kabupaten Siak dalam keadaan basah. untuk enzim *urease* dibuat langsung oleh peneliti menggunakan kedelai.

4.3 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan dilaboratorium Teknik Sipil, Fakultas teknik Universitas Islam Riau. Adapun denah lokasi penelitian seperti pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Denah Lokasi Penelitian



4.4 Material Benda Uji

a. Tanah

Sampel tanah gambut yang dipakai dalam penelitian ini adalah tanah gambut dalam kondisi tidak terendam dan diambil dalam keadaan basah. sampel tersebut diambil pada kedalaman ± 50 cm dari permukaan tanah. Kemudian sampel tanah tersebut dikeringkang dengan cara menjemur dibawah sinar matahari secara terbuka sampai sampel tersebut benar-benar kering, lalu sampel yang sudah kering di saring menggunakan saringan No.4, bertujuan agar tanah terpisah oleh sampah dan akar-akar ditanah sampel tersebut.



Gambar 4.2. Material Tanah Gambut

Pada saat pengambilan sampel tanah yang diambil dalam kondisi tidak terendam dan dalam keadaan basah. Tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini tanah gambut yang sudah melapuk dan berwarna coklat tua. Maka tanah gambut ini tergolong dalam tanah gambut *saprik*.

b. Urea

Urea merupakan senyawa kimia yang mengandung Nitrogen (N) berkadar tinggi. Urea berwujud butir-butir Kristal berwarna putih. Urea dengan rumus kimia $\text{NH}_2 \text{CONH}_2$ merupakan pupuk yang mudah larut dalam air dan sifatnya sangat medah menghisap air (higroskopis), karna itu lebih baik disimpan ditempat yang kering dan tertutup rapat.

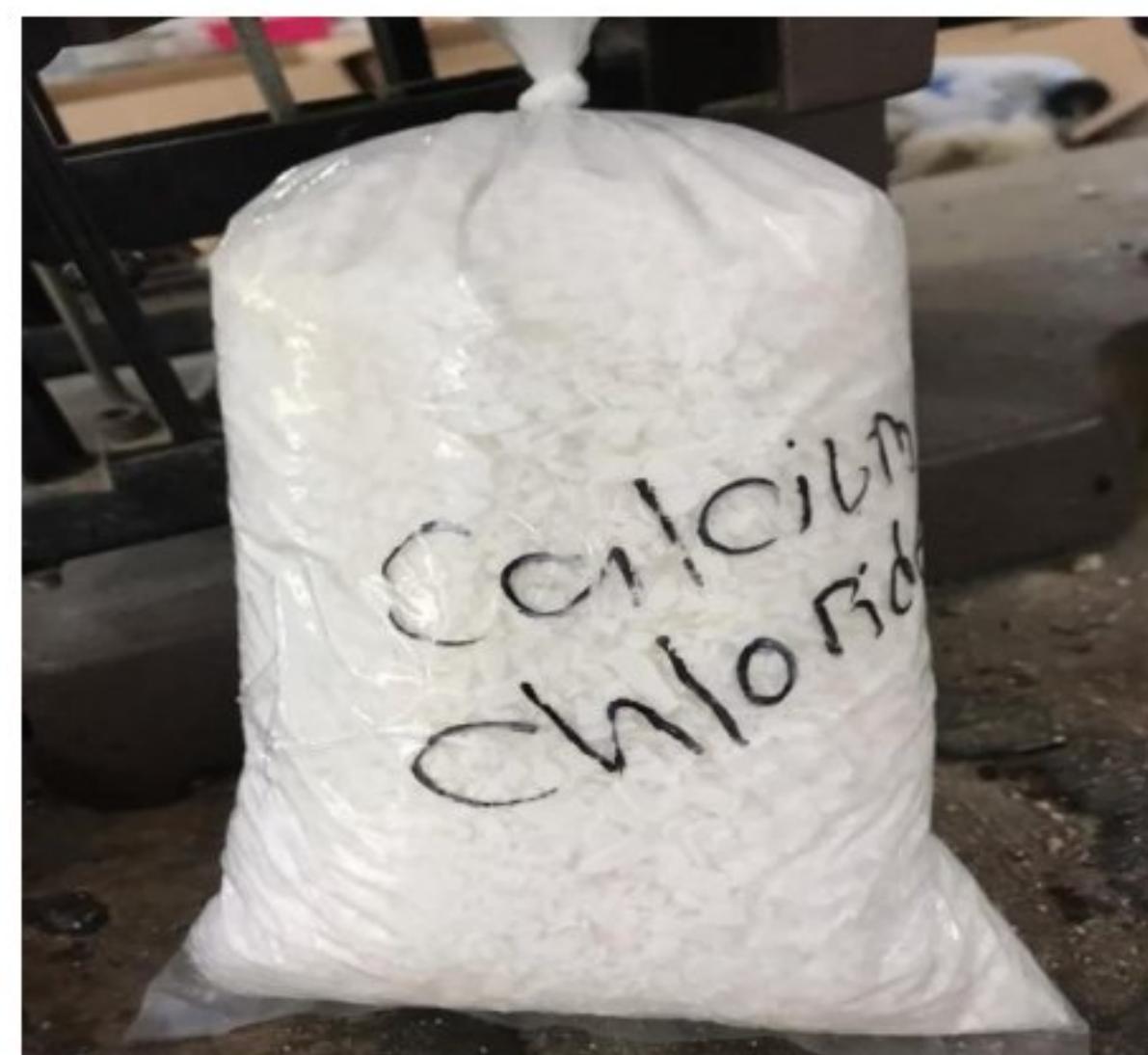


Gambar 4.3 Bahan Urea

Urea mengandung 46 kg Nitrogen, kadar Biuret 1%, Moisture 0,5%, ukuran 3,35 mm dan 90% Min serta berbentuk prill. Dalam penelitian ini, urea digunakan sebagai campuran larutan sementasi dengan kualitas sebesar 1000 gr.

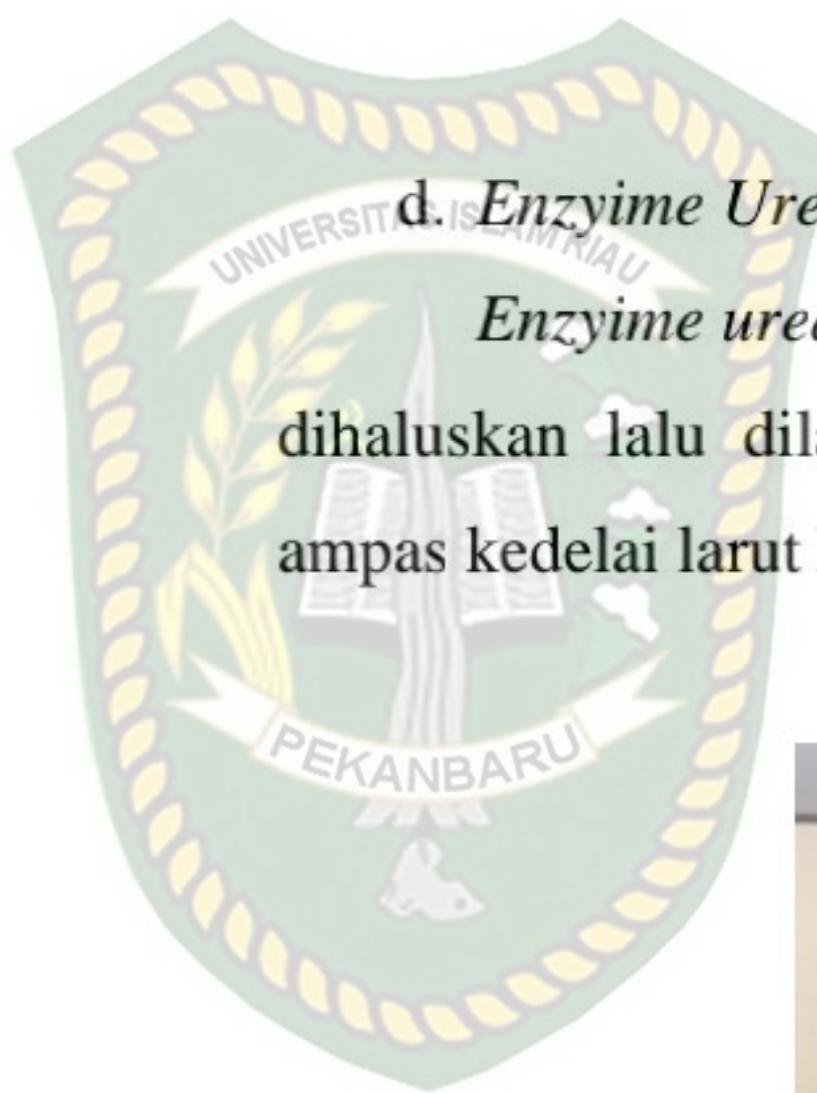
c. CaCl_2 (*calcium chloride*)

CaCl_2 (Kalsium Klorida) merupakan senyawa kimia yang dipakai sebagai bahan stabilisasi tanah yang gampang larut dengan air dan mampu mengalirkan partikel tanah.



Gambar 4.4 Bahan CaCl_2

CaCl_2 ini berbentuk seperti garam yang digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan larutan sementasi pada penelitian.



d. Enzyme Urease

Enzyme urease yang dipakai dalam penelitian ini berasal dari kedelai yang dihaluskan lalu dilarutkan oleh air. Kemudian didiamkan beberapa hari agar ampas kedelai larut kebawah.



Gambar 4.5 Bahan Enzime Urease

4.5 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan sebagai berikut :

1. Pengujian Kadar Air Tanah (*Moisture Concent*)

Alat yang digunakan pada pengujian kadar air sebagai berikut :

- a. Cawan



Gambar 4.6 Cawan



Gambar 4.7 Timbangan Digital

c. Oven

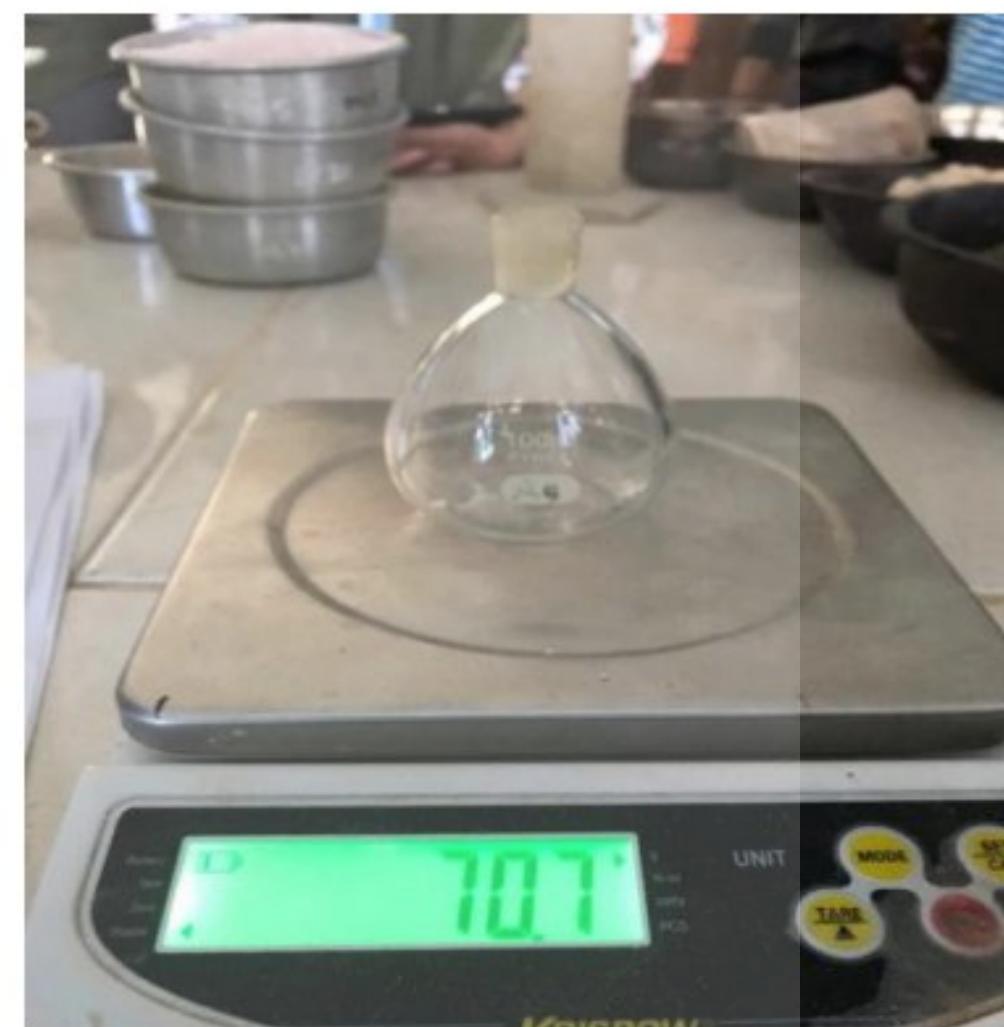


Gambar 4.8 Oven

2. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Alat yang digunakan pengujian berat jenis sebagai berikut :

- Piknometer kapasitas minimum 100 ml.
- Timbangan .



Gambar 4.9 Alat Piknometer dan Timbangan

- c. Kompor Gas.
- d. Cawan.
- e. Botol air suling.



Gambar 4.10 Botol air suling

3. Proctor
 - a. Mold pemedatan 04
 - b. Palu pemadatan standar dengan berat 2,45 kg (5,5 Ib)
 - c. Extruder mold
 - d. Pisau pemotong



- e. Palu karet
- f. Kantong Plastik
- g. Cawan
- h. Gelas ukuran 1000 ml
- i. Saringan No 4



Gambar 4.11 Alat Uji Pemadatan Tanah

4.6 Tahapan Pengujian

Dalam penelitian ini terdapat dua pengujian yaitu pengujian pendahuluan bertujuan sebagai acuan pada pengujian utama.

1. Pengujian Pendahuluan

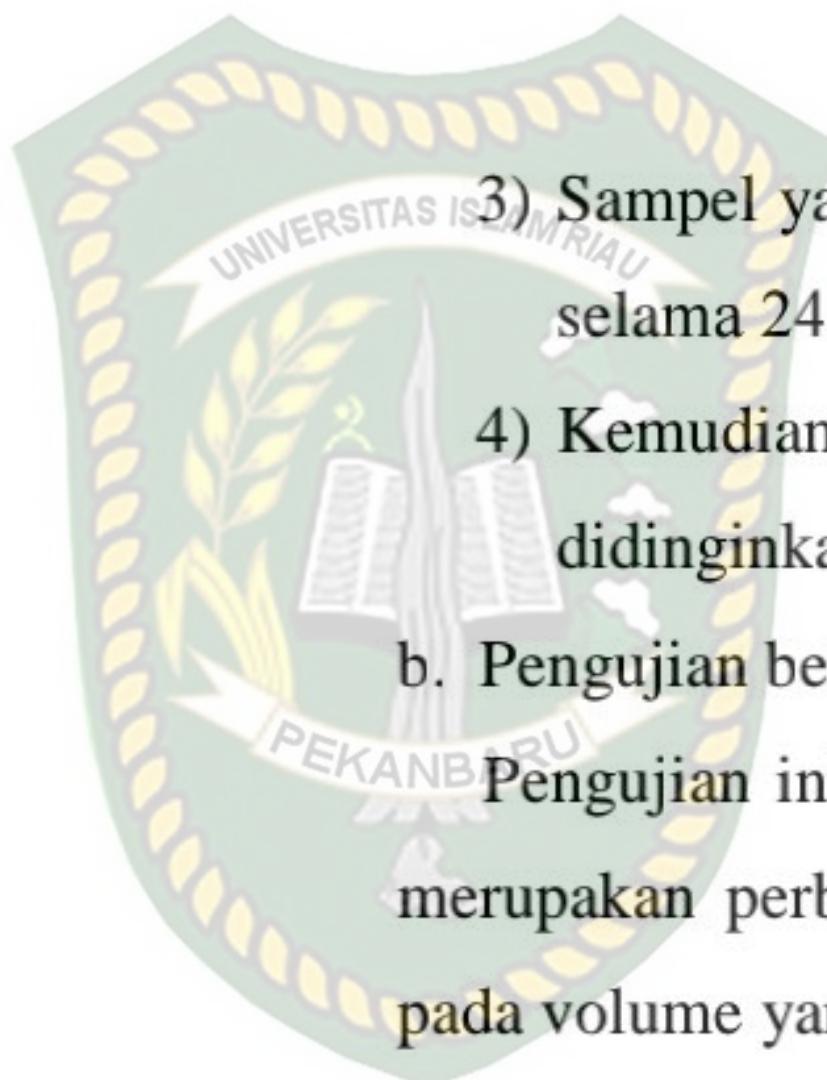
Pada pengujian pendahuluan ini sampel tanah gambut digunakan sesuai keperluan pengujian yang dilakukan sebagai berikut :

a. Pengujian kadar air tanah (*Moisture Content*) ASTM D 2216-92

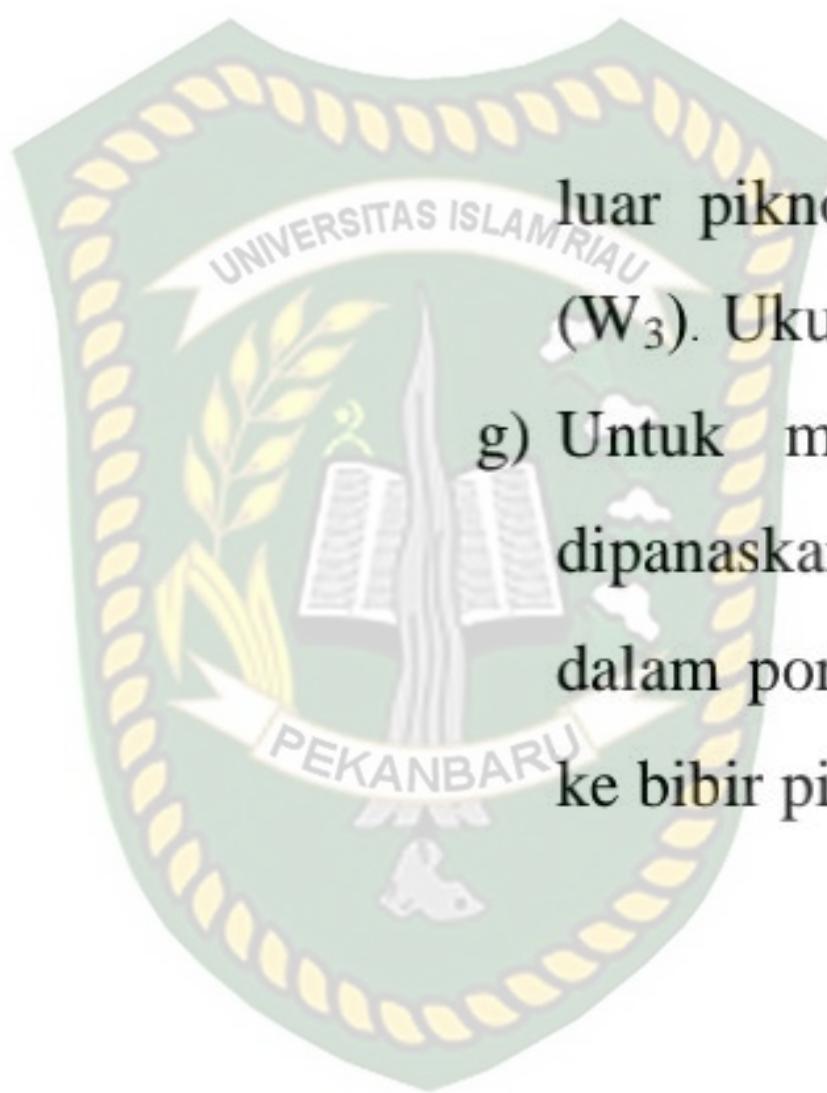
Adapun tujuannya untuk menentukan kadar air tanah yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat kering yang dinyatakan dalam persen.

Prosedur pelaksanaan yaitu (Laboratorium Mekanika Tanah, 2016):

- 1) Tanah yang akan diuji di letakkan dalam cawan yang sudah bersih, kering,dan yang sudah diketahui beratnya.
- 2) Lalu cawan yang sudah di isi ditimbang agar mendapatkan beratnya.



- 3) Sampel yang telah ditimbang lalu dimasukkan kedalam oven pengering selama 24 jam agar berat tanah konstan dengan suhu 80°C.
- 4) Kemudian sampel tanah dikeluarkan dari dalam oven dan didinginkan, setelah itu sampel tanah ditimbang dan beratnya dicatat.
- b. Pengujian berat jenis ASTM D 854-00
- Pengujian ini bertujuan agar 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 pelaksanaan yaitu (laboratorium mekanika tanah, 2016) :
- 1) Benda uji
 - a) Benda uji dipersiapkan dan di oven sampai kering dengan suhu 105-1100 C.
 - b) Benda uji yang di oven sampai kering dengan berat tidak boleh kurang dari 50 gram.
 - 2) Cara pelaksanaan
 - a) Cuci piknometer dengan air suling dan keringkan. Timbang terlebih dahulu piknometer dan tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (W_1).
 - b) Benda uji dimasukkan kedalam Piknometer dan timbang bersama tutupnya dengan ketelitian 0,01 gram (w_2).
 - c) Tambahkan air suling sampai piknometer terisi 2/3, benda uji yang memiliki gelembung biarkan benda uji terendam kurang lebih selama 24 jam.
 - d) Didihkan piknometer selama 10 menit, pada saat melakukan pemanasan miringkan botol beberapa kali agar mempercepat pengeluaran udara yang terkurung di dalam piknometer.
 - e) Masukkan air suling kedalam piknometer, biarkan piknometer dan isinya mencapai suhu yang kostan di dalam bejana atau tempat yang aman selama 24 jam.
 - f) Setelah mencapai suhu yang kostan tambahkan air suling secukupnya sampai batas. Kemudian tutup piknometer tersebut. Keringkan bagian



luar piknometer dan timbang dengan timbangan ketelitian 0,1 gram (W_3). Ukur suhu pada piknometer dengan ketelitian 10°C .

- g) Untuk menghilangkan udara dalam pori-pori tanah, benda uji dipanaskan diatas pasir dengan menggunakan kompor. Setelah udara di dalam pori tanah sudah menghilang, kemudian tambahkan air sampai ke bibir piknometer dan setelah itu ditimbang.



Gambar 4.12 Pengujian Berat Jenis

c. Pengujian Gradasi Tanah

Pengujian gradasi ini bertujuan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) antara agregat halus dan kasar.

Tahapan pelaksanaanya sebagai yaitu :

- a. Tanah gambut yang akan diuji dimasukkan kedalam cawan lalu di timbang.
- b. Setelah ditimbang benda uji dimasukkan kedalam oven pengatur suhu selama 24 jam.
- c. Setelah dioven, rendam benda uji selama 24 jam.
- d. Benda uji yang sudah direndam selama 24 jam, kemudian dicuci menggunakan saringan No.200
- e. Benda uji disaringan menggunakan saringan No.200, kemudian dimasukkan kembali kedalam oven pengatur suhu selama 24 jam.



- f. Benda uji yang sudah dioven selama 24 jam, kemudian disaring menggunakan saringan No.4, 10, 20, 40, 80, 100 dan 200.



Gambar 4.13 Pengujian Gradasi Benda Uji

d. Pengujian Pemadatan standar (*Proctor*) ASTM D 698-78

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

- 1) Sediakan sampel tanah $\pm 3,0 \text{ kg}$ untuk 1 silinder pemadatan, Lalu campurkan air sesuai dengan takarang yang telah ditentukan. Agar pori-pori tanah terisi oleh air, maka diamkan sampel yang telah dicampurkan selama ± 24 jam didalam plastik yang terikat kuat.
- 2) Buka dan keluarkan sampel yang telah di diamkan dalam plastik, kemudian bagi menjadi 3 bagian sampel. Masukkan sampel yang telah dibagi menjadi 3 kedalam cetakan untuk dilakukan pemadatan sebanyak 3 lapisan. Setiap masing-masing lapisan dipadatkan dengan tumbukan sebanyak 25 tumbukan.setelah selesai dipadatkan leher cetakan dibuka dan atas sampel diratakan sejajar dengan permukaan cetakan. Lalu sampel didalam cetakan dikeluarkan menggunakan alat pengungkit kemudian ditimbang.setelah di timbang ambil sampel tanah baik bagian atas, bawah, dan tengah, lalu masukkan kecawan untuk mengetahui kadar airnya dengan cara memasukkan kedalam oven selama ± 24 jam.



Data yang diperoleh dalam pengujian adalah berat volume basah, kadar air, dan volume kering. Dari data tersebut kemudian dicari kadar air optimum dan berat volume kering maksimum.



Gambar 4.14 Pengujian Pemadatan Tanah

2. Pembuatan sampel

Langkah kerja pembuatan sampel kuat tekan tanah sesuai ukuran sampel pada alat pengujian *unconfined compression strength test* (UCS):

- Sampel tanah yang lolos saringan No.4 diambil sesuai dengan berat isi yang telah didapat sebanyak 48,7 gr, kemudian ditambahkan dengan kadar air optimum yang didapat sebanyak 41,3 gr.dalam pemandatan standar total berat sampel menjadi 90 gr, Lalu sampel diaduk hingga merata.
- Sampel yang telah diaduk rata kemudian dibagi 3 dengan berat 30 gr, dimasukkan ke dalam tabung silinder sebanyak 3 lapisan secara bertahap.setelah itu ditekan dengan alat sondir sampai batas yang ditentukan.
- Sampel yang telah jadi, kemudian dikeluarkan dari tabung silinder.



Gambar 4.15 Alat sondir untuk modifikasi

3. Pembuatan Reagen Enzim

Penelitian ini menggunakan reagen yaitu CO (NH₂) urea CaCl₂ dan Enzim *urease* sebagai bahan grouting. Penelitian ini merupakan penelitian pertama untuk menguji pengaruh teknik presipitasi kalsit yang diinduksi oleh enzim *urease* di tanah organik. Maka karna itu penelitian ini mencoba dengan jumlah konsetrat bahan yang acak dan membuat sampel sebagai percobaan EICP. Adapun konsentrat yang dibuat sebagai berikut :

Tabel 4.1 Material yang digunakan dalam reagen

No	Material	Quantity
1	Enzim	10 gr
2	Urea (CO(NH) ₂)	10 gr
3	CaCl ₂	10 gr
4	Air	50 ml

Langkah-langkah pembuatan reagen enzim sebagai berikut :

- Larutkan 100 gr urea dengan air bersih sebanyak 50 ml kedalam cawan A.
- Larutkan 10 gr CaCl₂ dengan air bersih sebanyak 50 ml kedalam cawan B.
- Larutkan 10 ml enzim dengan air bersih sebanyak 50 ml kedalam cawan C.
- Setelah semua bahan dilarutkan, lalu campurkan semua bahan tersebut kedalam cawan D yang telah dipersiapkan dengan komposisi sebanyak 10 ml setiap bahannya.
- Kemudian semua bahan larutan yang dicampur diaduk hingga merata.



- f) Lalu saring campuran yang telah diaduk rata kedalam Gelas ukur menggunakan kertas saring.
- g) Enzim yang tertinggal dikertas saring lalu diambil dan ditimbang, setalah itu dicampurkan kedalam botol dengan air 50 ml.



Gambar 4.16 Proses Penyaringan Reagen

4. Pencampuran Benda Uji Dengan Reagen *Enzyme*

Langkah-langkah penetesan benda uji dengan reagen *Enzyme* sebagai berikut.

- Benda uji yang sudah dimasukkan kedalam plastik kedap udara dikeluarkan dan dilakukan penimbangan beratnya. Kemudian masukkan kembali benda uji yang dikeluarkan kedalam plastiknya kembali.
- Dari hasil benda uji yang sudah ditimbang dikalikan dengan persen reagen enzim. dalam pengujian ini menggunakan campuran reagen enzim (5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%).
- Teteskan reagen enzim ke sampel yang telah disediakan dengan hasil perkalian dari berat benda uji yaitu sebesar 90 gram dan variasi persentase ($5\% = 4,5 \text{ ml}$, $10\% = 9 \text{ ml}$, $15\% = 13,5 \text{ ml}$, $20\% = 18 \text{ ml}$, $25\% = 22,5 \text{ ml}$), dengan cara meneteskannya dari bagian permukaan atas benda uji hingga reagen enzim meresap masuk kedalam tanah.
- Ketika sudah diteteskan tutup kembali plastik kedap udara tersebut, kemudian simpan dan diamkan benda uji yang sudah dicampurkan reagen enzim selama 14 hari.



Gambar 4.17 Proses Penetesan Reagen Enzim

5. Pengujian Utama

Pengujian utama dilakukan setelah pengujian pendahuluan dan proses pencampuran benda uji menggunakan reagen enzim. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kuat tekan tanah gambut yang telah di campurkan dengan reagen enzim. Pada pengujian ini pencampuran reagen enzim terhadap benda uji dengan variasi persenan 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% terhadap berat isi benda uji. Pengujian ini dimulai dari benda uji yang memiliki 0% reagen enzim atau benda uji tanah asli sampai dengan benda uji yang dicampurkan reagen enzim sebanyak 25%.

Berikut langkah kerja pengujian kuat tekan benda uji (UCS) :

- a. Benda uji dilekakkan dan dipasang pada rangka beban alat UCS, kemudian atur hingga sentris terdahap alat penekannya.
- b. Stel proving ring dan pengukur tekanan pada nol stand.
- c. Kecepatan yang dipakai pada pengujian ini 35 per 15 detik.
- d. Mulailah melakukan pemutaran penekanan benda uji sambil membaca setiap interval tekanan 35 per 15 detik hingga terjadi keruntuhan atau keretakan terhadap benda uji tersebut.
- e. Setelah benda uji sudah runtuh lalu benda uji dikeluarkan dari alat UCS.



Gambar 4.18 Proses Uji kuat tekan bebas

4.7 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa persiapan yang dilakukan pada saat Pengujian sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan dalam Penelitian
2. Pengujian pendahuluan, sebagai berikut :
 - a. Pengujian kadar air
 - b. Pengujian berat spesifik
 - c. Pengujian gradasi benda uji
 - d. Pengujian pemandatan standar
3. Proses pembuatan benda uji yang berbentuk silinder dan pembuatan *reagen* enzim.
4. Proses injeksi benda uji dengan *reagen* enzim.
5. Proses Pengujian utama yaitu pengujian uji kuat tekan bebas (UCS) pada benda uji.
6. Menganalisa hasil penelitian dalam bentuk tabel dan grafik.
7. Membuat kesimpulan dan saran pada penelitian ini.

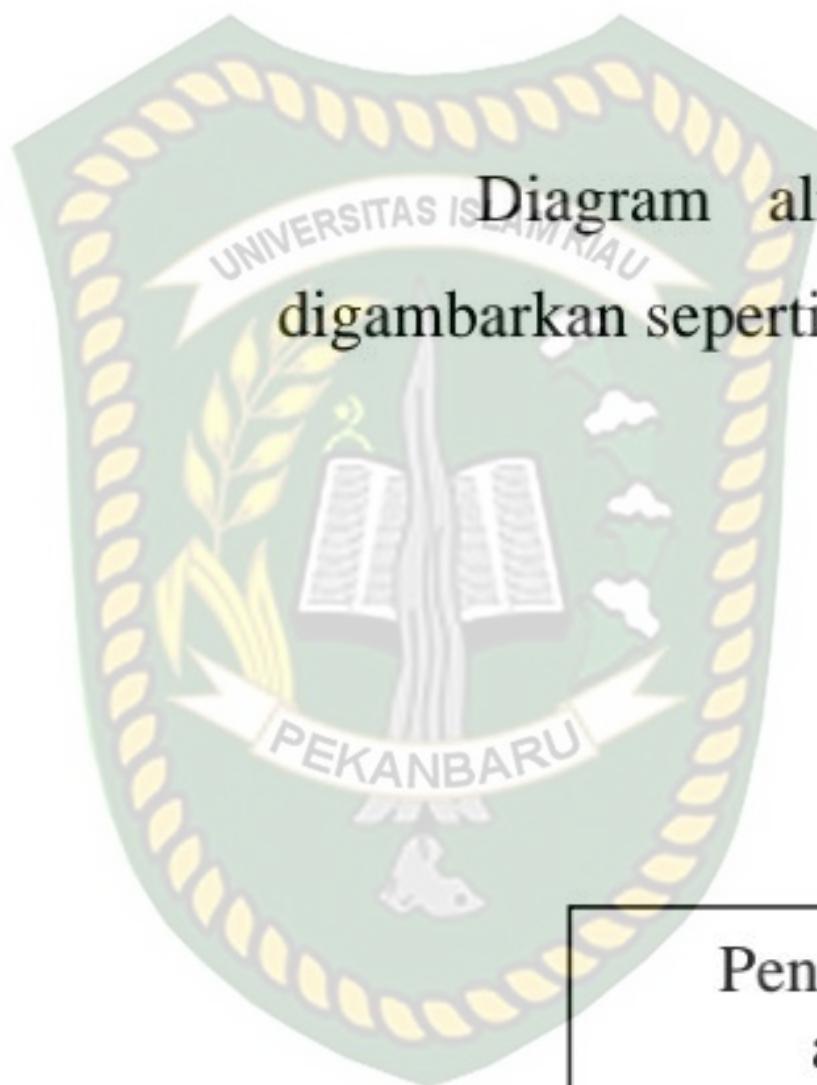
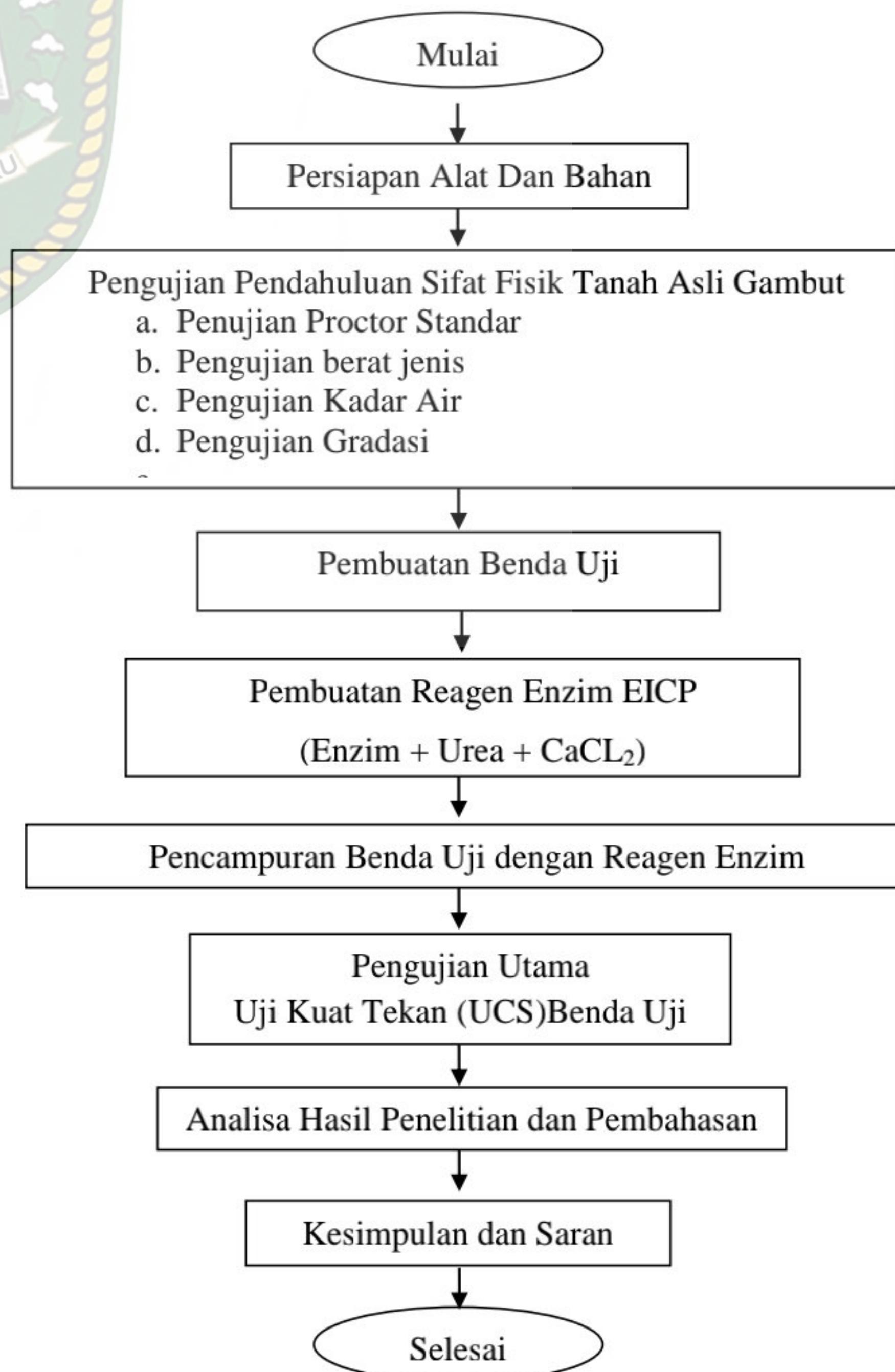
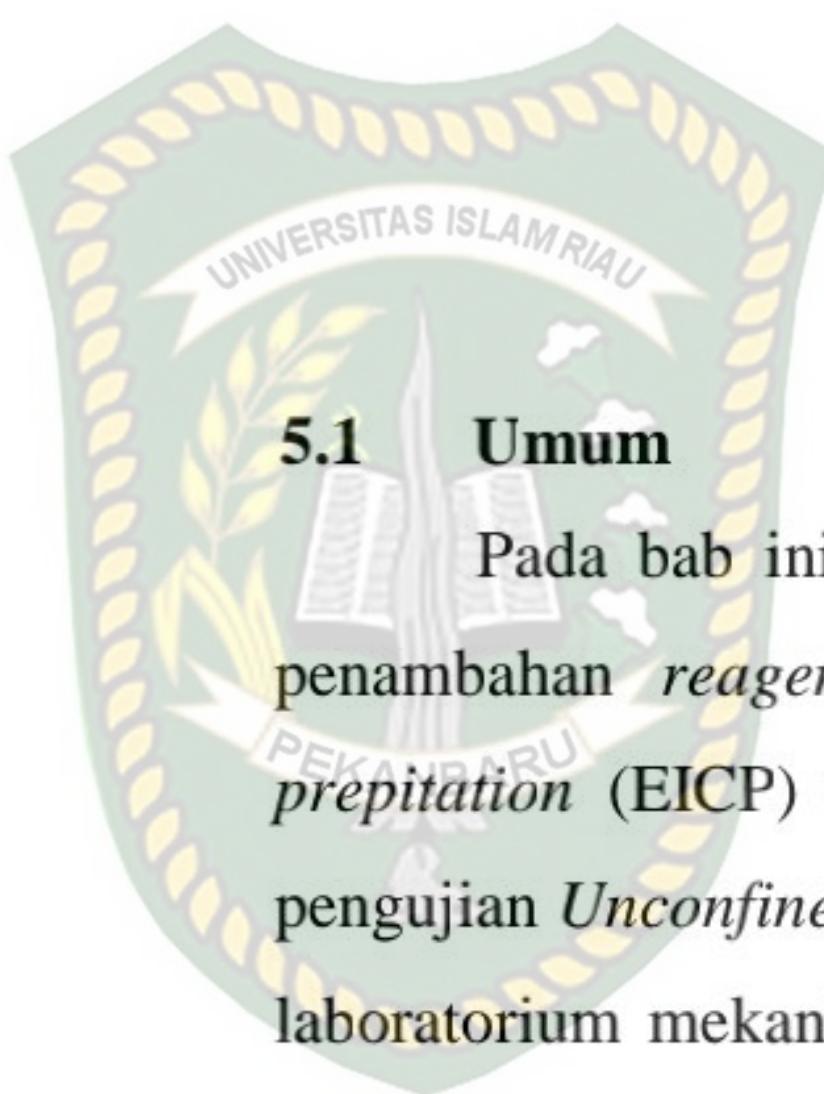


Diagram alir berfungsi sebagai alur dalam penelitian, proses ini digambarkan seperti *flowchart* dibawah ini.



Gambar 4.19 Bagan Alir Penelitian



BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Umum

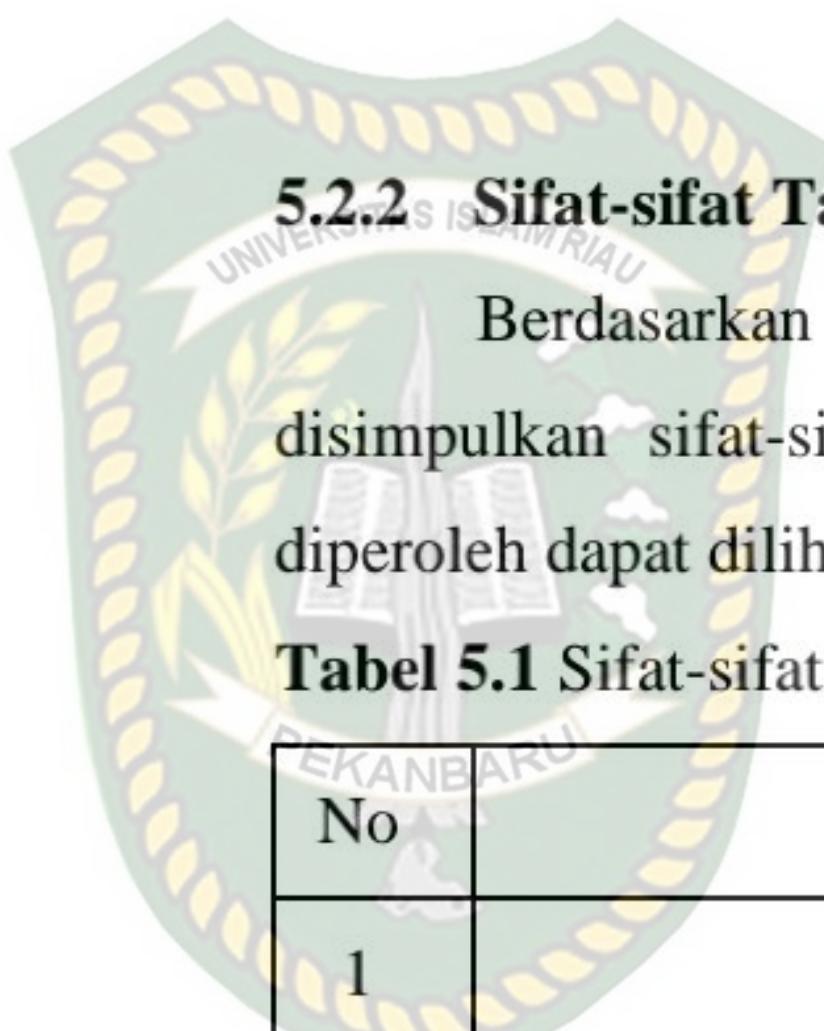
Pada bab ini akan dibahas hasil pengujian tanah gambut dan pengaruh penambahan *reagen enzyme* menggunakan metode *Enzyme induce calcite precipitation* (EICP) terhadap kuat tekan tanah gambut yang dilakukan dengan pengujian *Unconfined Compression Strength Test* (UCS). Pengujian dilakukan di laboratorium mekanika tanah Universitas Islam Riau. Pengujian yang dilakukan terhadap tanah asli meliputi pengujian berat jenis, pengujian kadar air, dan pengujian pemandatan standar (*proctor*).

5.2 Pengujian Pendahuluan

Sebelum dilakukan pengujian kuat tekan tanah gambut dilaboratorium teknik sipil Universitas Islam Riau, terlebih dahulu dilakukan pengujian pendahuluan. Pengujian pendahuluan ini yang akan dilakukan antaranya yaitu pengujian kadar air tanah asli, berat spesifik (Gs), dan pengujian pemandatan / *proctor test*.

5.2.1 Kadar Air Asli (Tanah Gambut)

Pengujian ini dilakukan sesuai dengan prosedur pada ASTM D 2216-98. Hasil pengujian kadar air yang telah dilakukan pada tanah gambut didapatkan nilai sebesar 407,5% dapat dilihat pada lampiran A-3. Hasil yang didapatkan pada pengujian kadar air ini disebabkan karna tanah gambut asli memiliki kandungan serat organik yang bisa menyerap air dengan jumlah banyak sehingga mengandung kadar air yang tinggi. Menurut Notohadiprawiro tanah gambut yang dapat mengikat air <450% termasuk kedalam golongan tanah saprik.



5.2.2 Sifat-sifat Tanah Gambut

Berdasarkan hasil pengujian-pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sifat-sifat fisik tanah. Hasil sifat-sifat fisik tanah gambut yang diperoleh dapat dilihat pada table 5.1 dibawah ini.

Tabel 5.1 Sifat-sifat fisik tanah gambut.

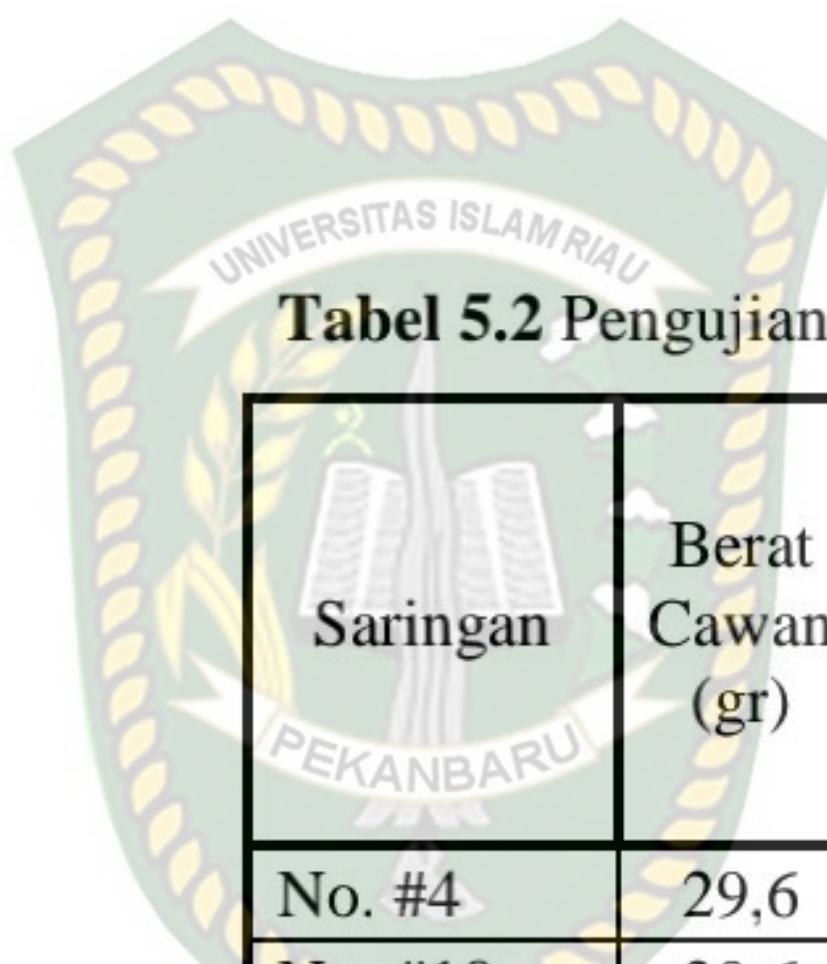
No	Sifat-sifat	besaran	Satuan
1	Berat Spesifik, G_s	1,30	-
2	Kadar Air, w	407,5	%
3	Berat Isi Kering Maksimum (γ_d maks)	0,467	Gr/cm ³
4	Kadar Air optimum (OMC)	157	%

5.2.3 Berat spesifik (Gs)

Pengujian berat spesifik ini dilakukan sesuai dengan prosedur ASTM D 854-02. Hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap tanah asli, nilai berat spesifik(Gs) tanah yang didapatkan adalah sebesar 1.30. hasil ini dapat dilihat pada lampiran A-2. Nilai berat spesifik (Gs) diakibatkan karena adanya kandungan bahan organik. Dan serat-serat kayu yang terdapat didalam tanah gambut.

5.3 Pengujian Gradasi Benda Uji

Pengujian gradasi benda uji ini dilakukan sesuai produser ASTM D-1140 untuk menentukan pembagian antara butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan. Pada pengujian ini berat benda uji 134,5 gr dapat dilihat pada lampuiran A4.



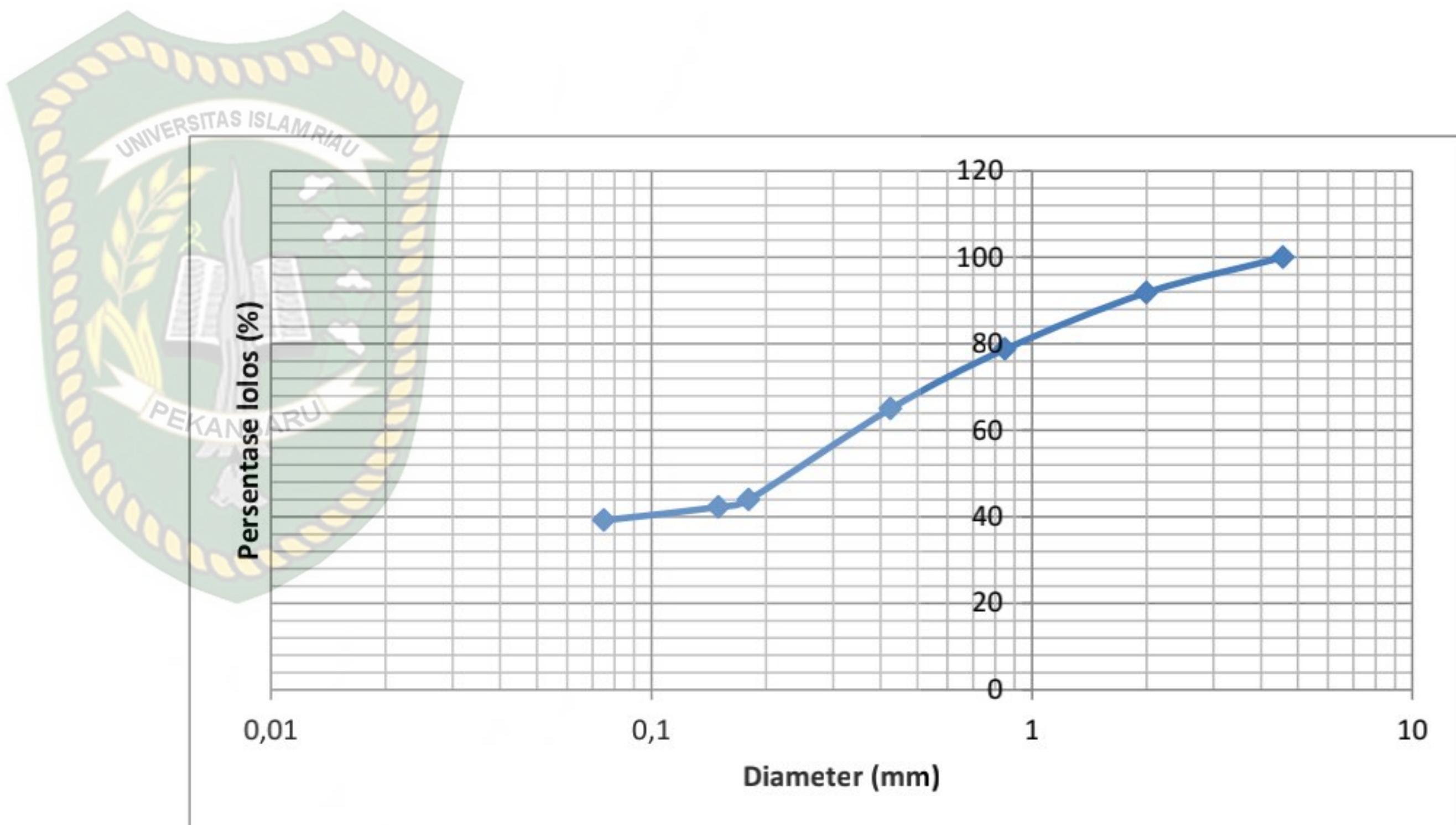
Tabel 5.2 Pengujian Analisa Saringan Benda Uji

Saringan	Berat Cawan (gr)	Berat cawan + Berat Tertahan (gr)	Berat Tertahan (gr)	Jumlah Berat Tertahan (gr)	Percentasi (%)	
					Tertahan	Lewat
No. #4	29,6	0	0	0	0	100
No. #10	29,6	40,6	11	11	8,17	91,83
No. #20	29,6	48,4	18,4	29,4	13,68	78,75
No. #40	29,6	48,1	18,5	47,9	13,75	65
No. #80	29,6	57,9	28,3	76,2	21,04	43,96
No. #100	29,6	31,9	2,3	78,5	1,71	42,25
No. #200	29,6	33,7	4,1	82,6	3,05	39,2

Hasil dari pengujian analisa saringan benda uji pada saringan No.4,10, 20, 80, 100, dan 200 didapatkan ukuran diameter butir sesuai dengan SNI 3423-2008 dapat dilihat pada tabel 5.3 dibawah ini.

Tabel 5.3 Diameter ukuran saringan

Saringan (mm)	Diameter (mm)	persentase tanah lolos (%)
4	4,57	100
10	2	91,83
20	0,85	78,75
40	0,425	65
80	0,18	43,96
100	0,15	42,25
200	0,075	39,2

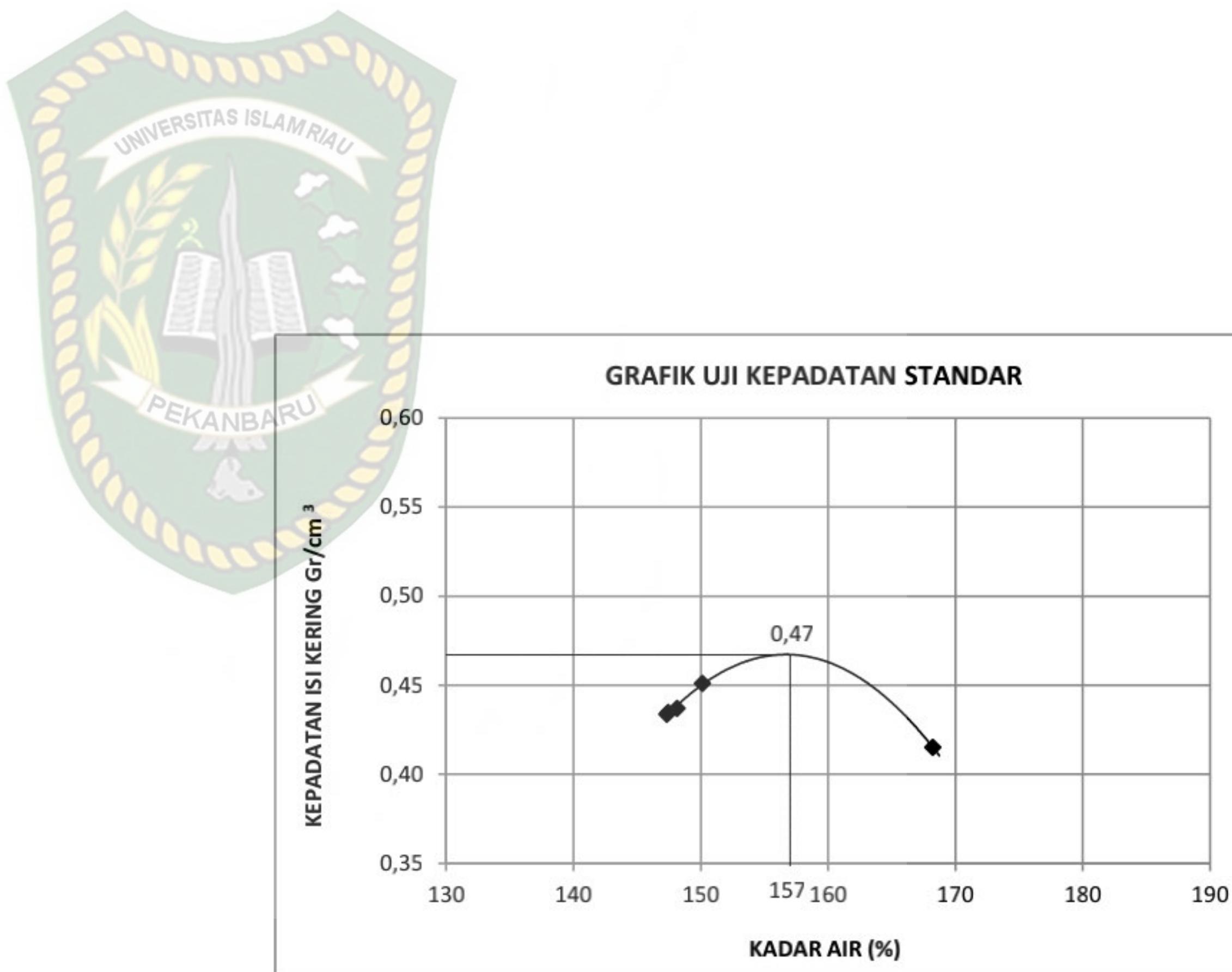


Gambar 5.1 Grafik Hubungan Persentase Lolos Saringan Agregat Diameter Dengan Diameter Benda Uji

Hasil pengujian gradasi tanah gambut yang dilakukan terhadap tanah asli diperoleh nilai persentase lolos saringan yaitu 100% untuk saringan No.4 dengan ukuran diameter butiran 4,75 mm, 91,83% untuk saringan No.10 dengan ukuran diameter butiran 2,00 mm, 78,75% untuk saringan No.20 dengan ukuran diameter butiran 0,85 mm, 65% untuk saringan No.50 dengan ukuran diameter butiran 0,425 mm, 43,96% untuk saringan No.100 dengan ukuran diameter saringan 0,15 mm, 39,2% untuk saringan No.200 dengan ukuran diameter saringan 0,075 mm.

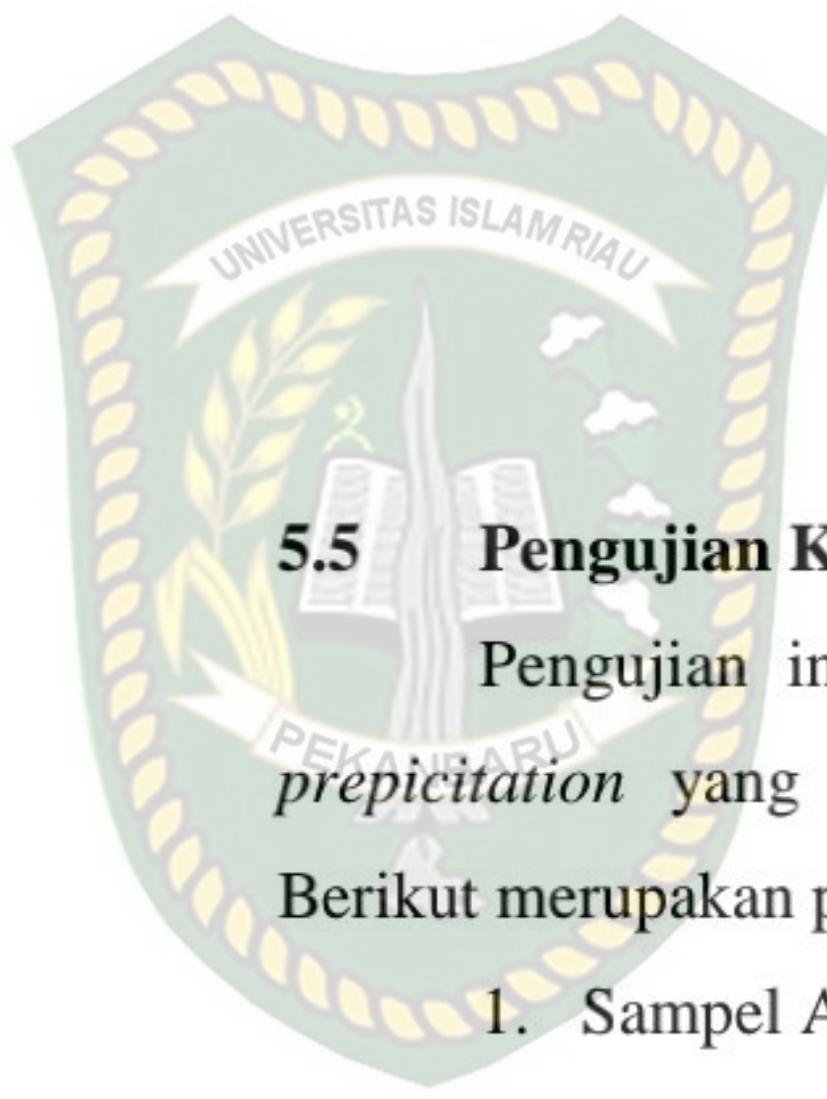
5.4 Pengujian Pemadatan / *Proctor Test*

Pengujian pemadatan dilakukan sesuai dengan prosedur standar ASTM D 698 – 78 dengan ketentuan pemadatan tanah yang dilakukan dilaboratorium untuk mendapatkan nilai kadar air optimum dan berat volume kering maksimum (γ_{maks}). Hasil pengujian pemadatan (*proctor test*) dapat dilihat dengan pengujian 5 buah benda uji yang tertera pada lampiran A-1. Untuk grafik pengujian pemadatan dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.2 Hubungan berat volume kering dengan kadar air.

Hasil dari uji pemedatan (*proctor standart*) terhadap 5 buah benda uji, didapatkan hasil untuk kadar air optimum yaitu sebesar 157% dan berat volume kering maksimumnya (γ_{maks}) sebesar 0,467 gr/cm³. Untuk hasil dapat dilihat pada lampiran A-1. Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengujian pemedatan, mengakibatkan tanah gambut menjadi lunak dan sangat lemah untuk menahan beban yang berada diatasnya. Tingginya nilai kadar air optimum (OMC) disebabkan besarnya pori-pori tanah yang tediri dari serat-serat tumbuhan (organik) mengakibatkan tanah menyerap banyak air untuk mendapatkan kepadatan yang optimum. Sesuai dengan berat volume kering yang dihasilkan maka klasifikasi gambut berdasarkan berat volume kering pada tingkat pelapukannya atau dekomposisi $> 0,2$ gr/cm³ (Mutalib, et al., 1991). Tanah gambut berasal dari kabupaten siak ini termasuk tanah gambut *saptik* dikarnakan pengaruh dari mineral tanah yang terkadung didalamnya.



5.5 Pengujian Kuat Tekan Terstabilisasi Reagen Enzim

Pengujian ini dilakukan menggunakan metode *enzyme induce calcite precipitation* yang dibuat menjadi larutan sementasi dengan tanah gambut. Berikut merupakan persentase larutan sementasi terhadap benda uji, yaitu :

1. Sampel A = 0 %
2. Sampel B = 5 %
3. Sampel C = 10 %
4. Sampel D = 15 %
5. Sampel E = 20 %
6. Sampel F = 25 %

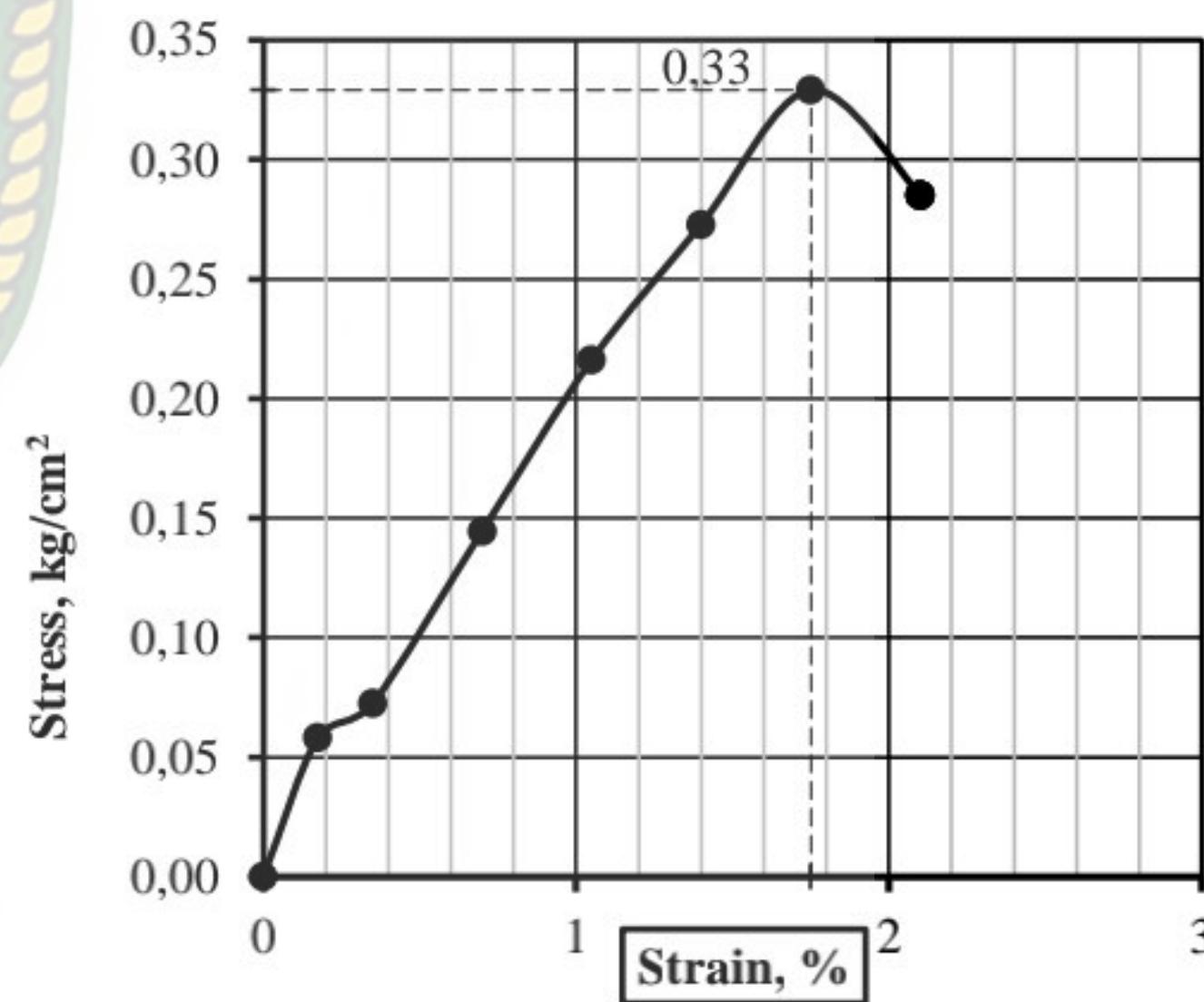
Berikut merupakan hasil uji kuat tekan tanah gambut yang dicampurkan dengan *reagen* enzim dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5.4 Nilai hasil uji kuat tekan (UCS) benda uji yang telah dicampurkan dengan *reagen* enzim.

No	Regangan	Tekanan					
		0%	5%	10%	15%	20%	25%
1	0.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.175	0.058	0.044	0.029	0.044	0.044	0.029
3	0.35	0.073	0.058	0.058	0.058	0.073	0.058
4	0.7	0.145	0.116	0.116	0.116	0.130	0.130
5	1.05	0.216	0.173	0.144	0.187	0.187	0.187
6	1.4	0.273	0.230	0.215	0.244	0.244	0.259
7	1.75	0.329	0.286	0.258	0.286	0.286	0.315
8	2.1	0.285	0.328	0.328	0.328	0.314	0.328
9	2.45	0.000	0.355	0.398	0.355	0.369	0.256
10	2.8	0.000	0.411	0.453	0.382	0.311	0.000
11	3.15		0.381	0.423	0.353		

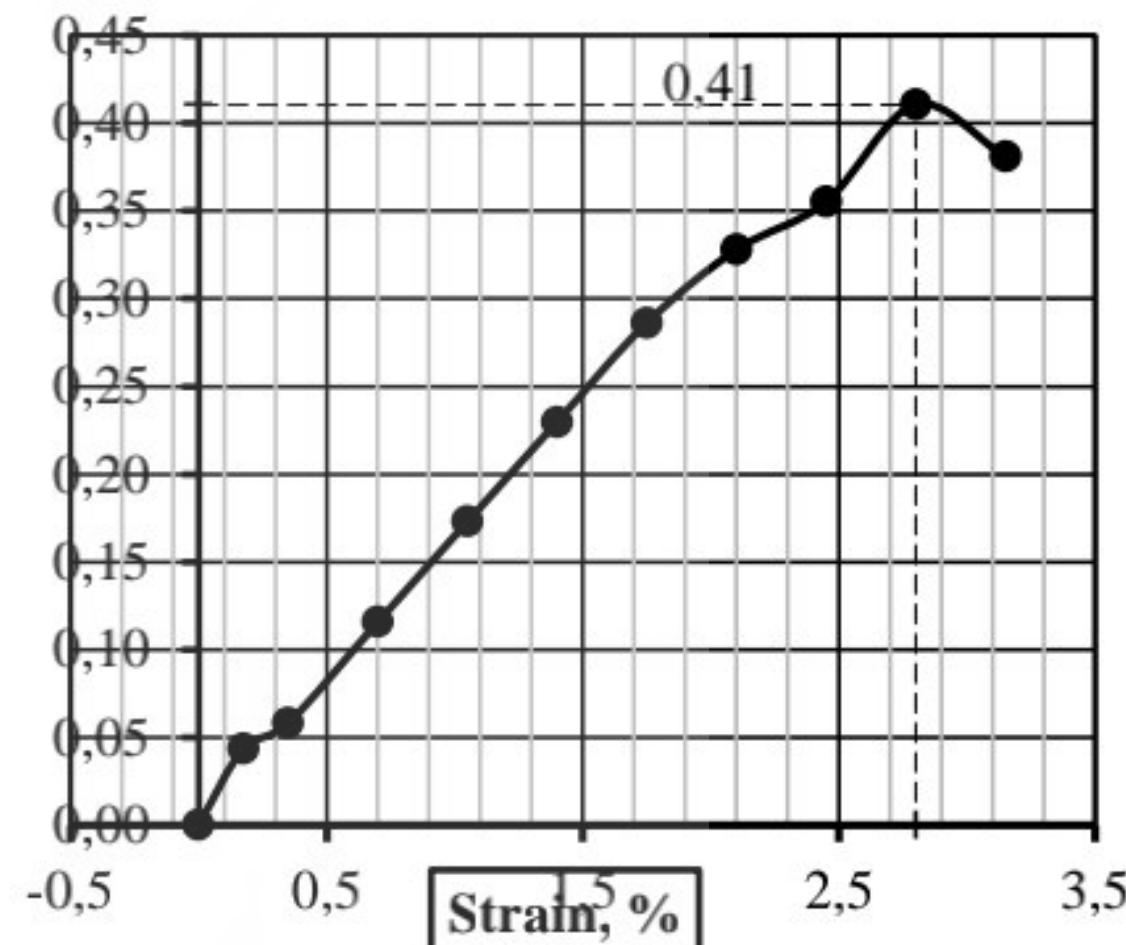


Hasil dari nilai uji UCS terhadap penambahan *reagen* enzim dari sampel 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%, dapat dijelaskan pada grafik dibawah ini.



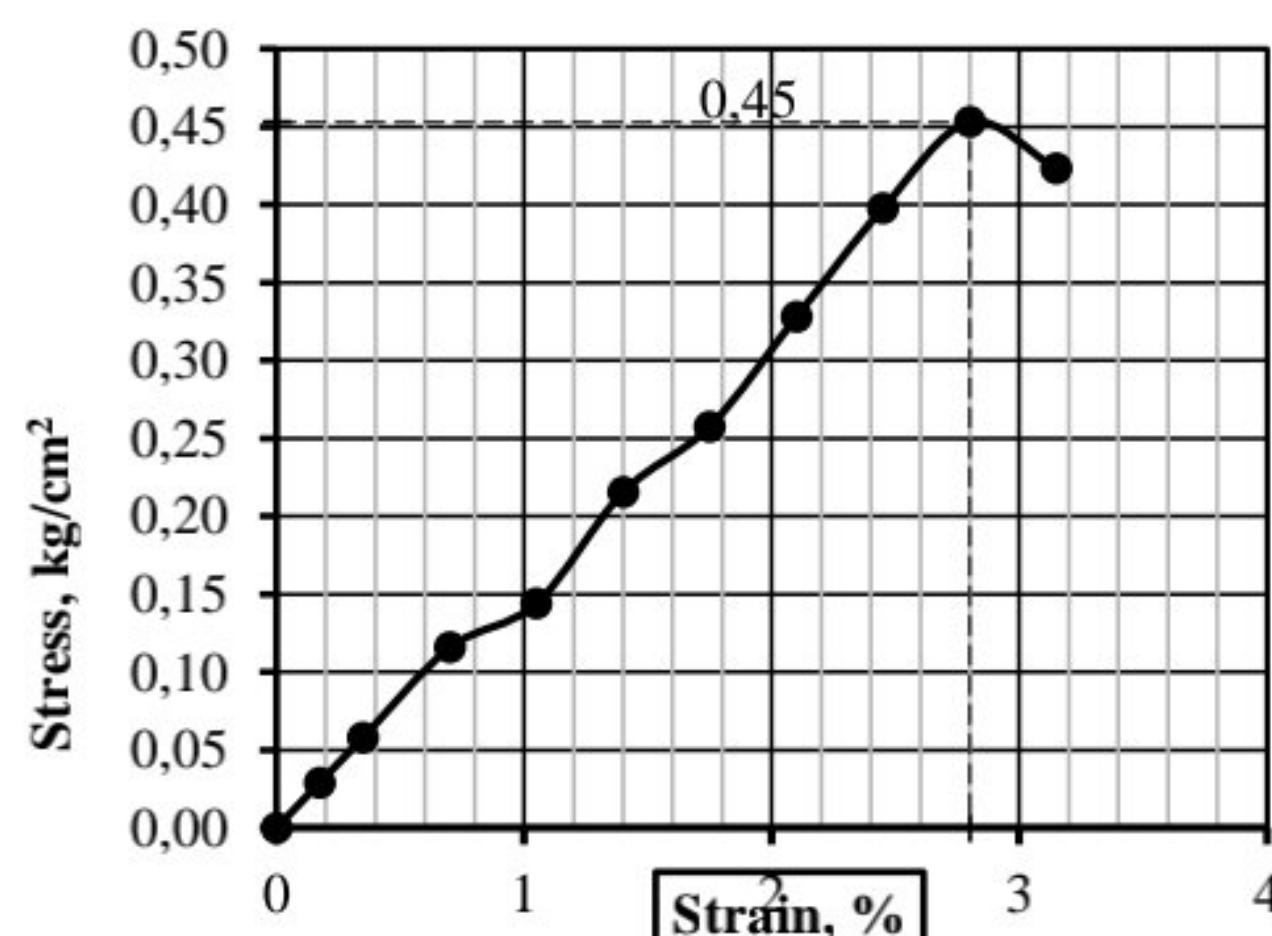
Gambar 5.3 Grafik uji kuat tekan bebas pada tanah gambut asli atau belum tercampurkan *reagen* enzim

Hasil uji kuat tekan bebas (UCS) didapatkan hasil nilai tegangan dan regangan, pada pengujian ini makin tinggi tekanan yang diberikan maka terjadi regangan yang membuat benda uji mengalami perubahan bentuk dan panjang sehingga terjadi retakan yang kemudian mengakibatkan penurunan pada tekanan yang diberikan terhadap benda uji. Dari kurva tegangan regangan didapat nilai UCS pada titik puncak sebelum benda uji mengalami keruntuhan dengan nilai tekanan max yang diberikan sebesar $0,33 \text{ kg/cm}^2$.

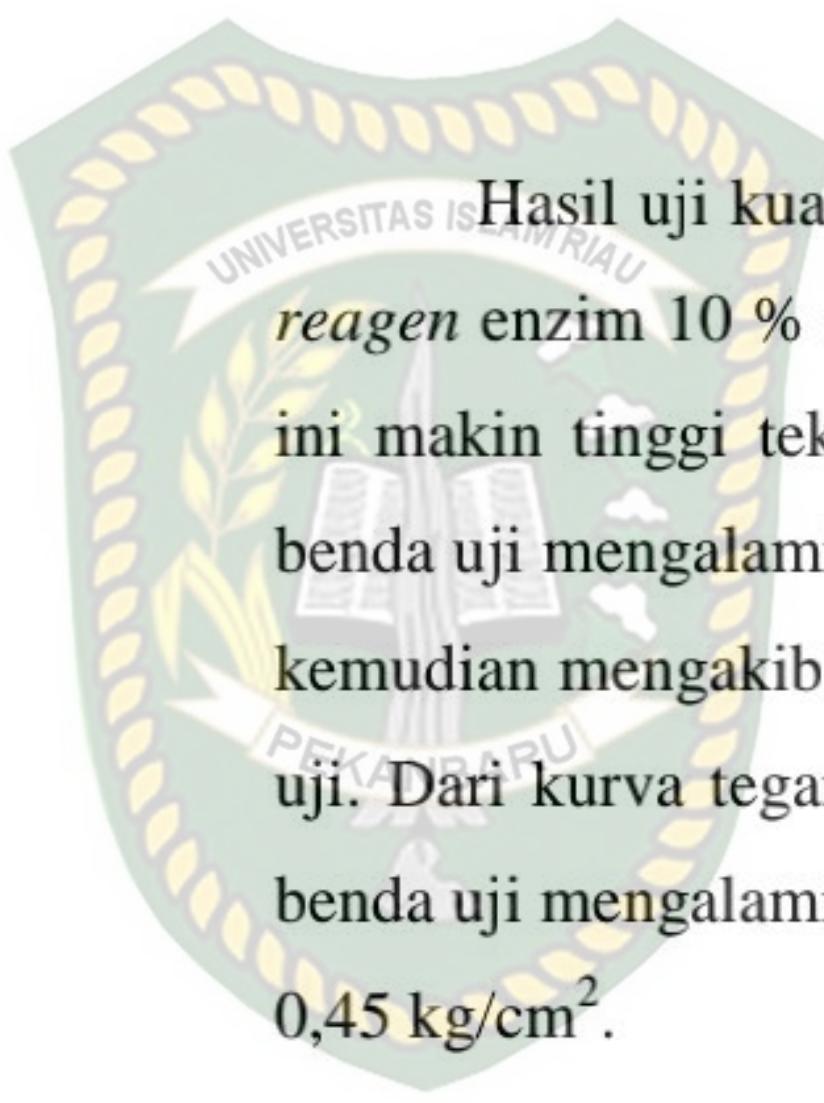


Gambar 5.4 Grafik uji kuat tekan bebas pada tanah gambut dalam kondisi sudah tercampurkan *reagen* enzim 5%

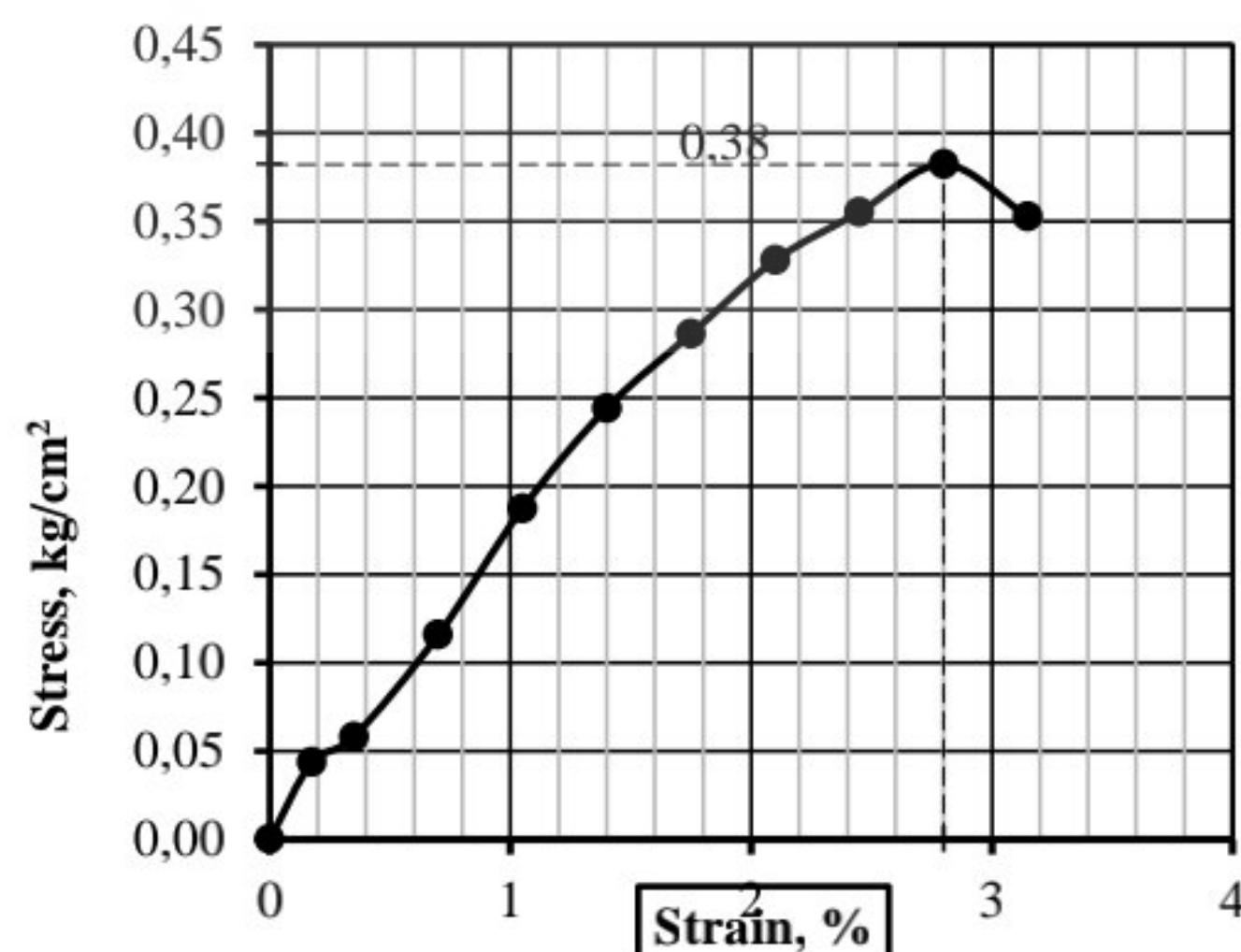
Hasil uji kuat tekan bebas (UCS) terhadap benda uji dengan penambahan *reagen* enzim 5 % didapatkan hasil nilai tegangan dan regangan, pada pengujian ini makin tinggi tekanan yang diberikan maka terjadi regangan yang membuat benda uji mengalami perubahan bentuk dan panjang sehingga terjadi retakan yang kemudian mengakibatkan penurunan pada tekanan yang diberikan terhadap benda uji. Dari kurva tegangan regangan didapat nilai UCS pada titik puncak sebelum benda uji mengalami keruntuhan dengan nilai tekanan max yang diberikan sebesar 0,41 kg/cm².



Gambar 5.5 Grafik uji kuat tekan bebas pada tanah gambut dalam kondisi sudah tercampurkan *reagen* enzim 10%

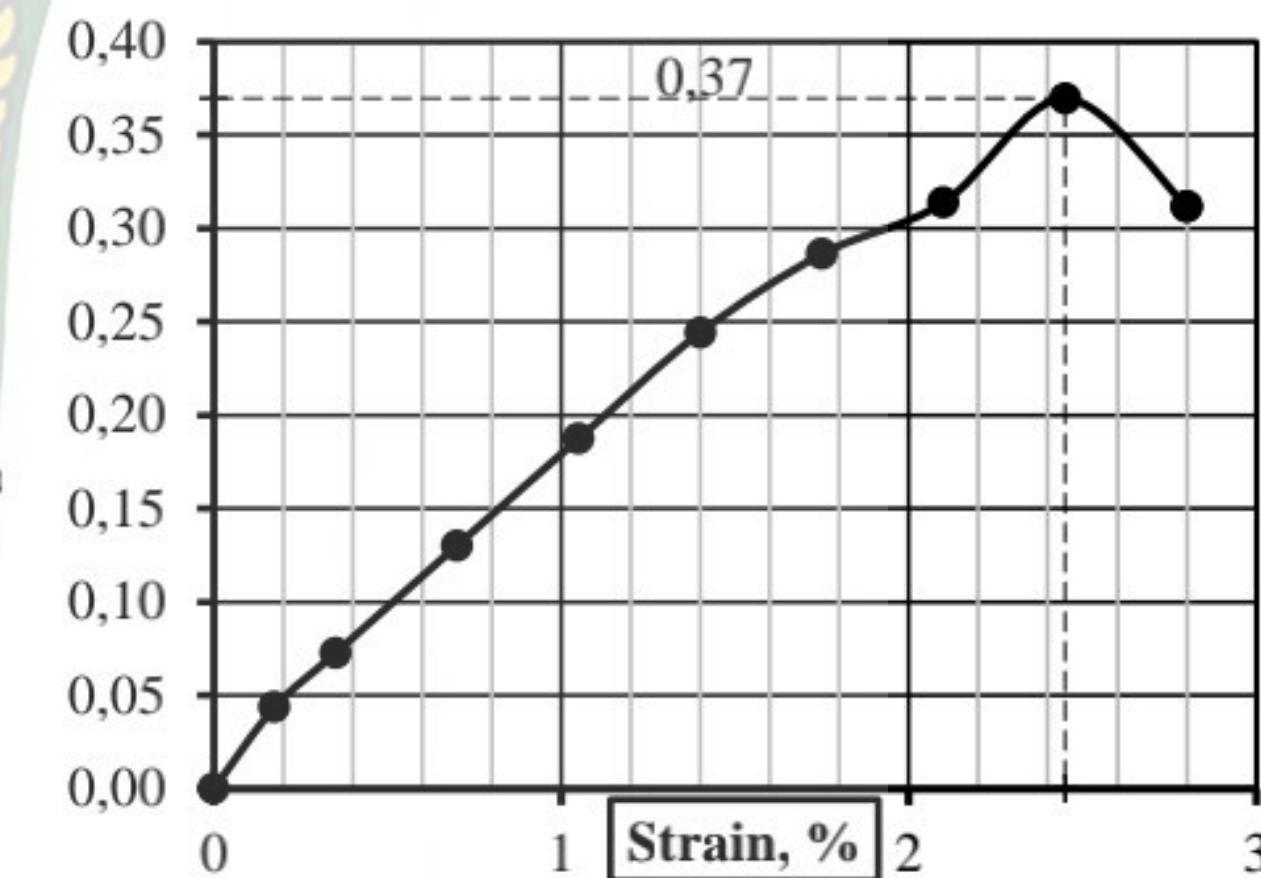


Hasil uji kuat tekan bebas (UCS) terhadap benda uji dengan penambahan *reagen* enzim 10 % didapatkan hasil nilai tegangan dan regangan, pada pengujian ini makin tinggi tekanan yang diberikan maka terjadi regangan yang membuat benda uji mengalami perubahan bentuk dan panjang sehingga terjadi retakan yang kemudian mengakibatkan penurunan pada tekanan yang diberikan terhadap benda uji. Dari kurva tegangan regangan didapat nilai UCS pada titik puncak sebelum benda uji mengalami keruntuhan dengan nilai tekanan max yang diberikan sebesar $0,45 \text{ kg/cm}^2$.



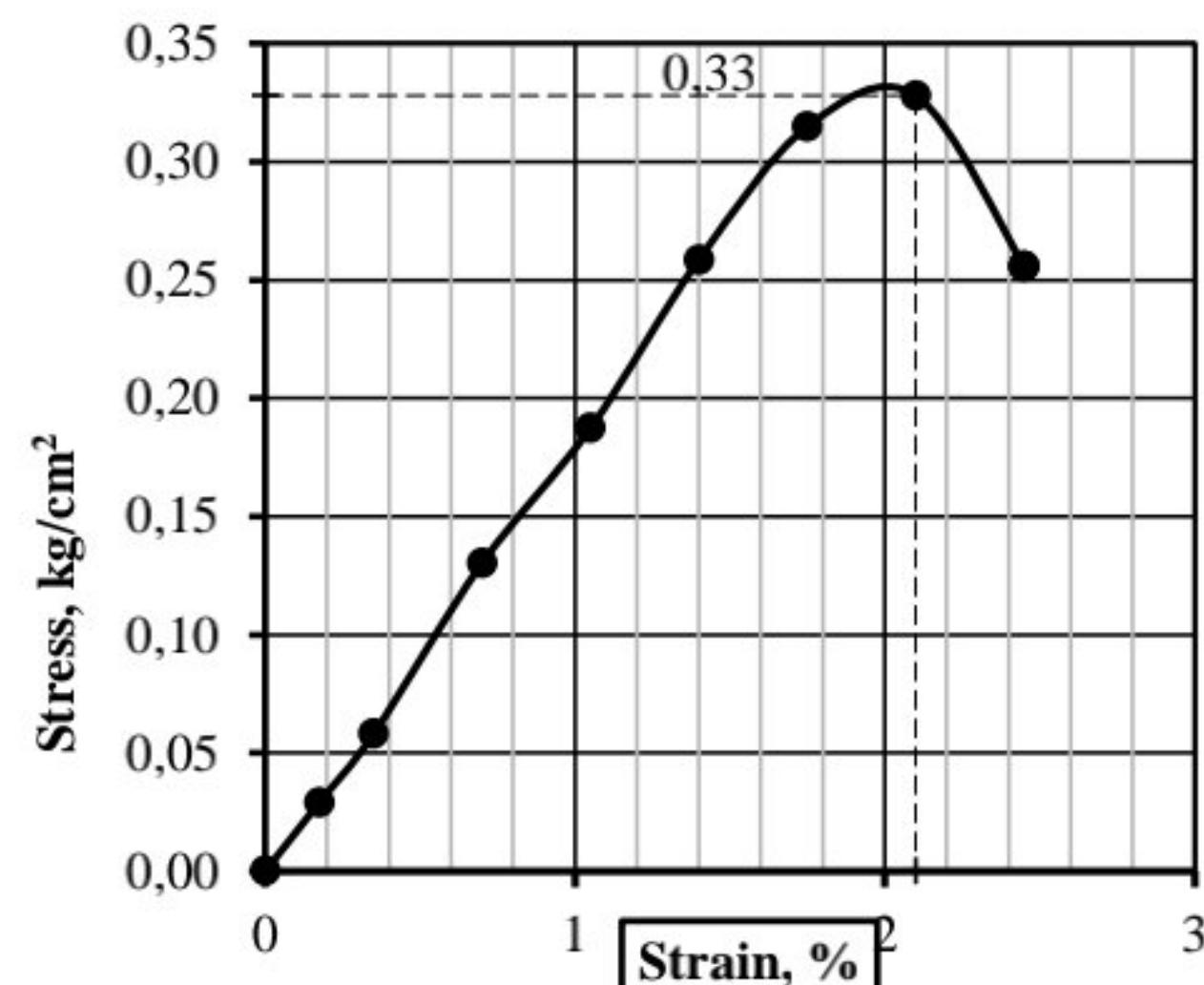
Gambar 5.6 Grafik uji kuat tekan bebas pada tanah gambut dalam kondisi sudah tercampurkan *reagen* enzim 15%

Hasil uji kuat tekan bebas (UCS) terhadap benda uji dengan penambahan *reagen* enzim 15 % didapatkan hasil nilai tegangan dan regangan, pada pengujian ini makin tinggi tekanan yang diberikan maka terjadi regangan yang membuat benda uji mengalami perubahan bentuk dan panjang sehingga terjadi retakan yang kemudian mengakibatkan penurunan pada tekanan yang diberikan terhadap benda uji. Dari kurva tegangan regangan didapat nilai UCS pada titik puncak sebelum benda uji mengalami keruntuhan dengan nilai tekanan max yang diberikan sebesar $0,38 \text{ kg/cm}^2$.

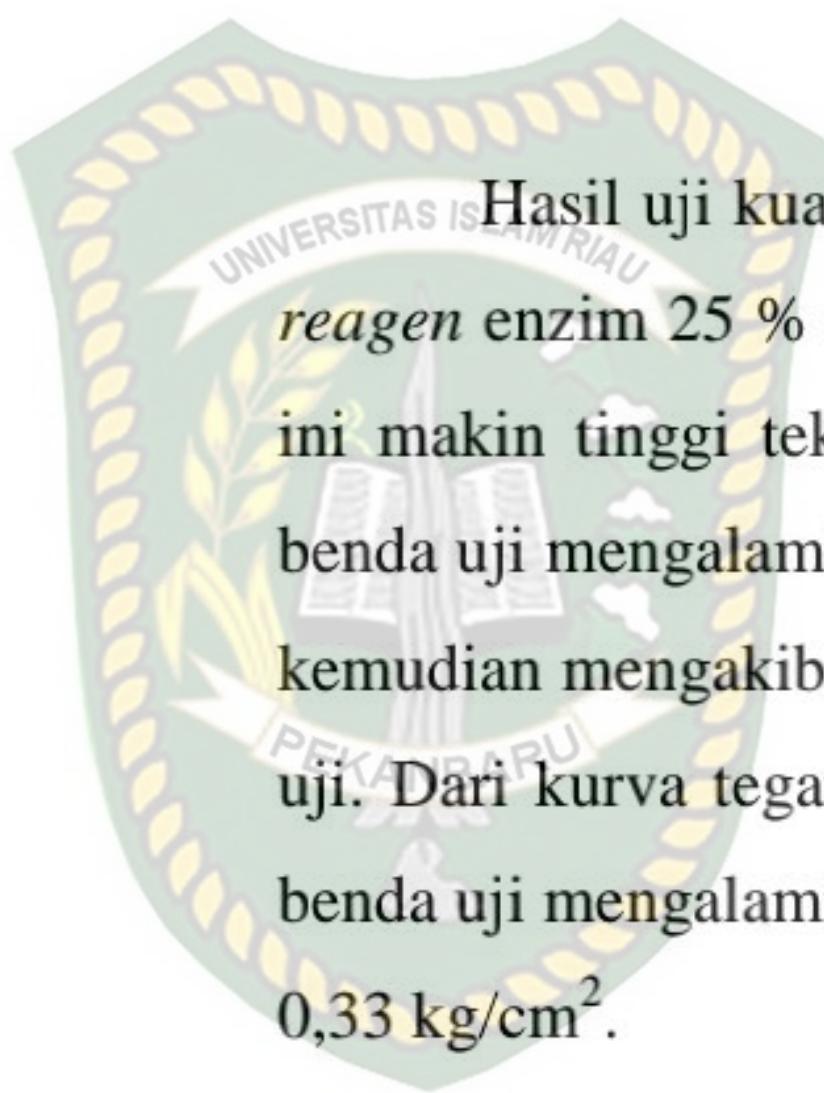


Gambar 5.7 Grafik uji kuat tekan bebas pada tanah gambut dalam kondisi sudah tercampurkan *reagen* enzim 20%

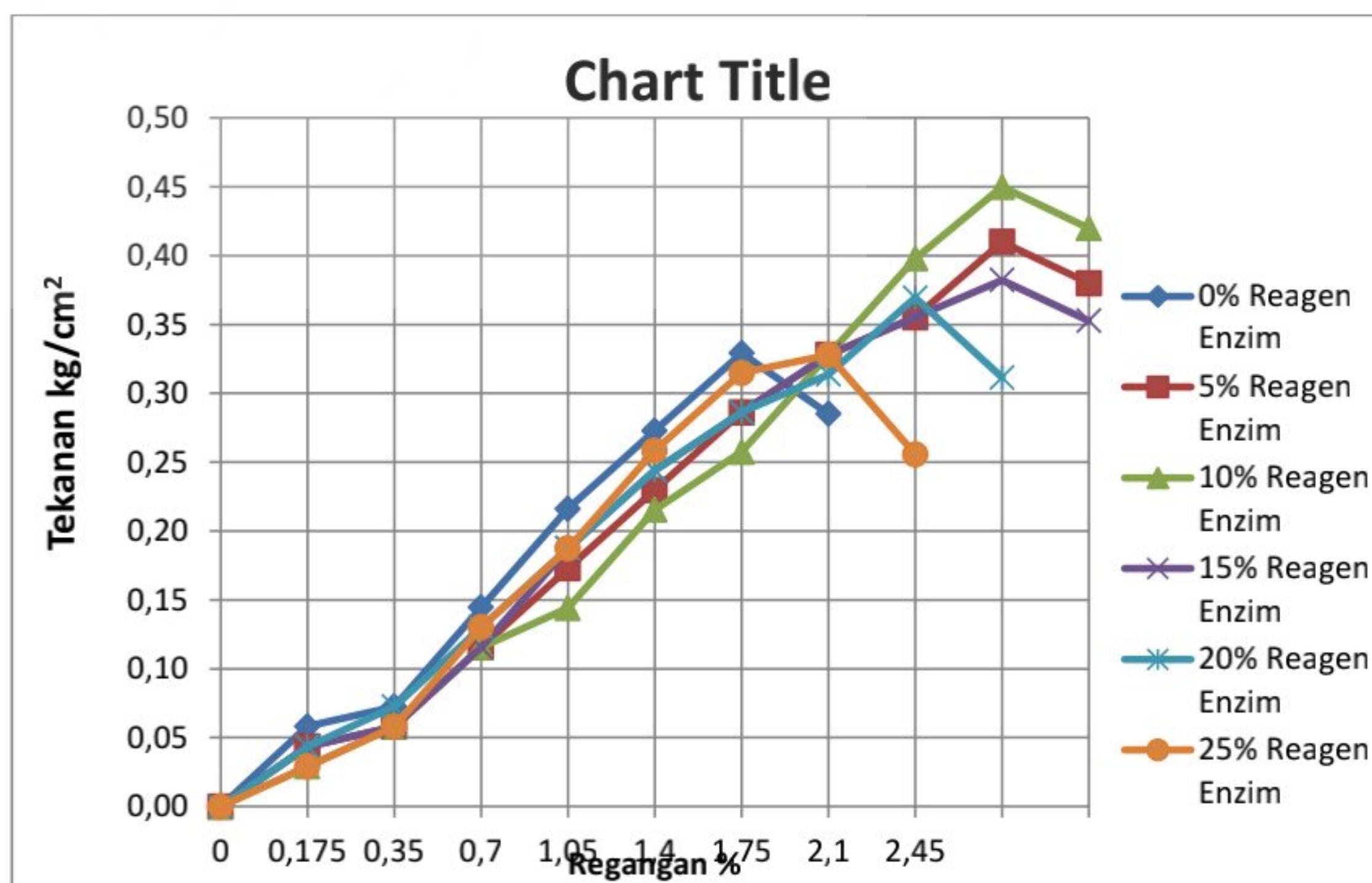
Hasil uji kuat tekan bebas (UCS) terhadap benda uji dengan penambahan *reagen* enzim 20 % didapatkan hasil nilai tegangan dan regangan, pada pengujian ini makin tinggi tekanan yang diberikan maka terjadi regangan yang membuat benda uji mengalami perubahan bentuk dan panjang sehingga terjadi retakan yang kemudian mengakibatkan penurunan pada tekanan yang diberikan terhadap benda uji. Dari kurva tegangan regangan didapat nilai UCS pada titik puncak sebelum benda uji mengalami keruntuhan dengan nilai tekanan max yang diberikan sebesar 0,37 kg/cm².



Gambar 5.8 Grafik uji kuat tekan bebas pada tanah gambut dalam kondisi sudah tercampurkan *reagen* enzim 25%



Hasil uji kuat tekan bebas (UCS) terhadap benda uji dengan penambahan *reagen* enzim 25 % didapatkan hasil nilai tegangan dan regangan, pada pengujian ini makin tinggi tekanan yang diberikan maka terjadi regangan yang membuat benda uji mengalami perubahan bentuk dan panjang sehingga terjadi retakan yang kemudian mengakibatkan penurunan pada tekanan yang diberikan terhadap benda uji. Dari kurva tegangan regangan didapat nilai UCS pada titik puncak sebelum benda uji mengalami keruntuhan dengan nilai tekanan max yang diberikan sebesar $0,33 \text{ kg/cm}^2$.



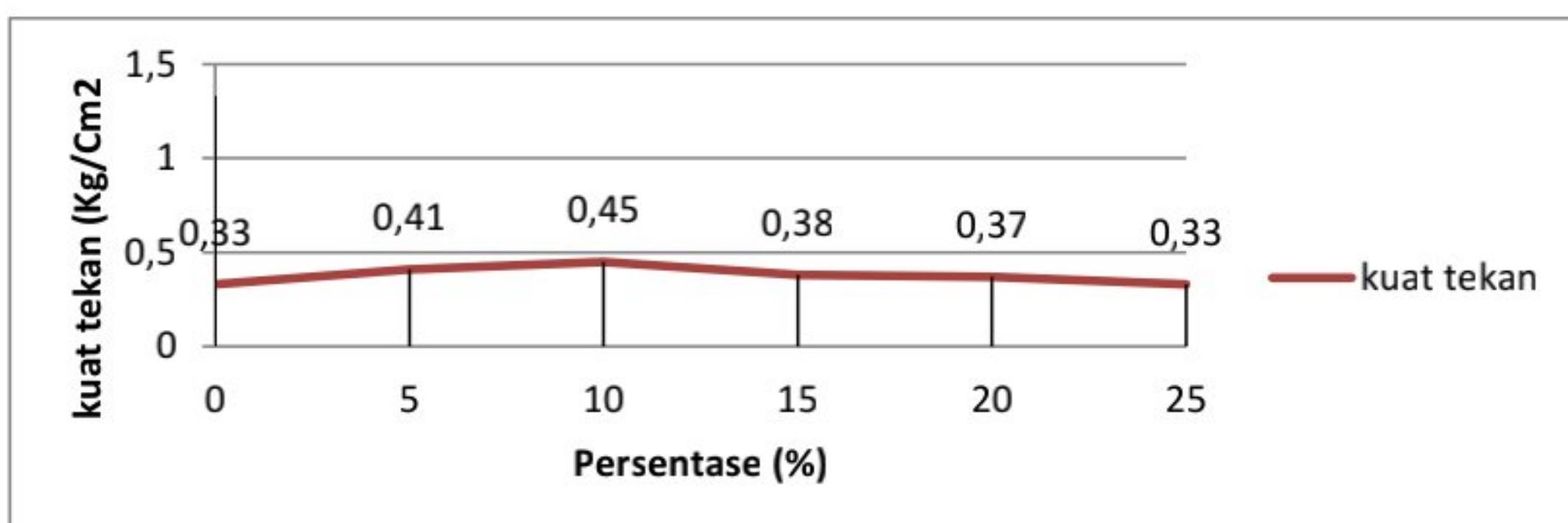
Gambar 5.9 Grafik Perbedaan Perilaku Tegangan dan Regangan

Hasil dari semua grafik yang diatas didapatkan nilai kuat tekan bebas tertinggi dari masing-masing benda uji sesuai dengan persentase yang sudah direncanakan, untuk nilai q_u (kg/cm^2) dapat dilihat pada tabel 5.3 dibawah ini.

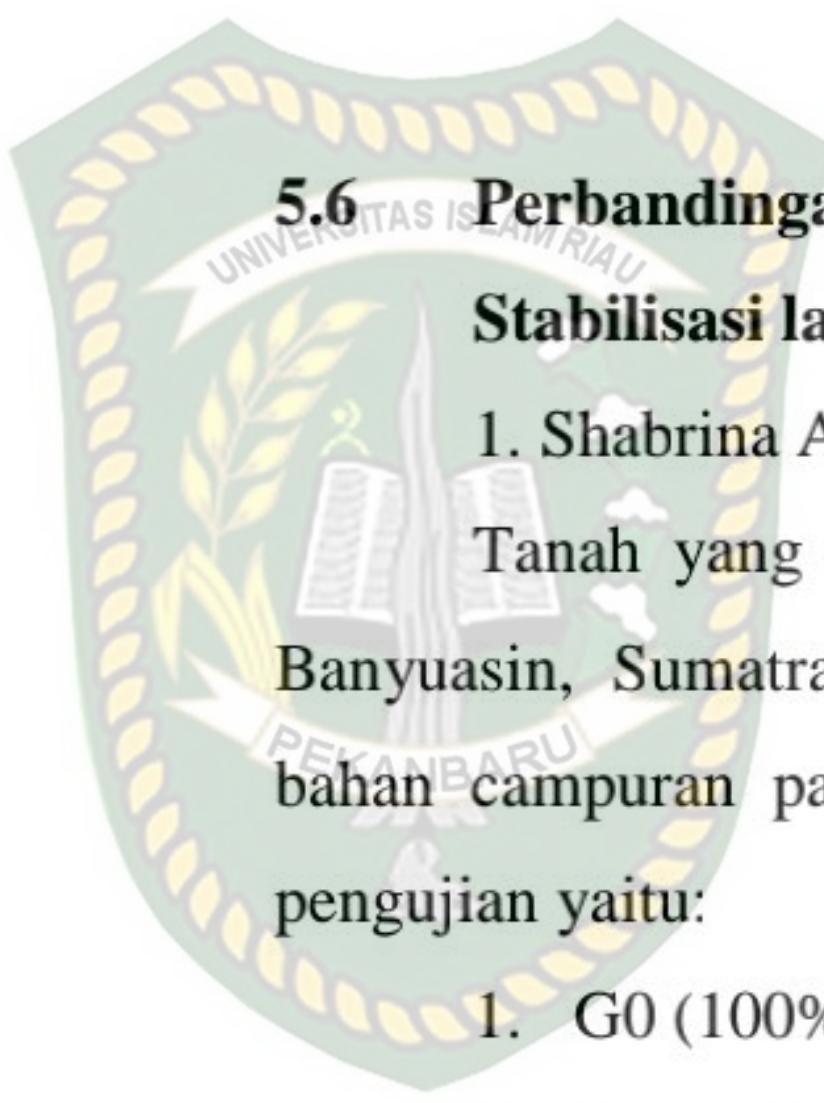
Tabel 5.5 Nilai q_u dari masing-masing benda uji

No	Penambahan Reagen enzim	Nilai kuat tekan (q_u) (kg/cm ²)	Persentase Peningkatan Hasil UCS
1	0%	0.33	0
2	5%	0.41	0.80
3	10%	0.45	0.73
4	15%	0.38	0,86
5	20%	0.37	0.89
6	25%	0.33	1

Hasil dari tabel 5.3 nilai kuat tekan bebas (q_u) terhadap penambahan *reagen* enzim dari 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dapat dijelaskan pada gambar grafik dibawah ini.

**Gambar 5.10** Grafik hubungan antara nilai kuat tekan (q_u) dengan persentase penambahan *reagen* enzim

Dari hasil kuat tekan bebas yang didapatkan dalam penelitian ini, tanah gambut yang terinjeksi oleh enzim mengalami kenaikan, mulai dari tanah gambut yang terinjeksi *reagen* enzim 5% yaitu sebesar $0,41 \text{ kg/cm}^2$, dan nilai kuat tekan bebas tertinggi terdapat pada tanah gambut yang terinjeksi *reagen* enzim 10% yaitu sebesar $0,45 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan pada tanah gambut yang tidak terinjeksi *reagen* bakteri mendapatkan hasil kuat tekan bebas sebesar $0,33 \text{ kg/cm}^2$



5.6 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Bebas Stabilisasi Enzim Dengan Stabilisasi lainnya.

1. Shabrina Aulia dkk (2005)

Tanah yang digunakan merupakan tanah gambut berasal dari Dusun 3, Banyuasin, Sumatra Selatan. Penelitian ini menggunakan geopolimer sebagai bahan campuran pada tanah gambut. Pada Penelitian ini dilakukan 5 variasi pengujian yaitu:

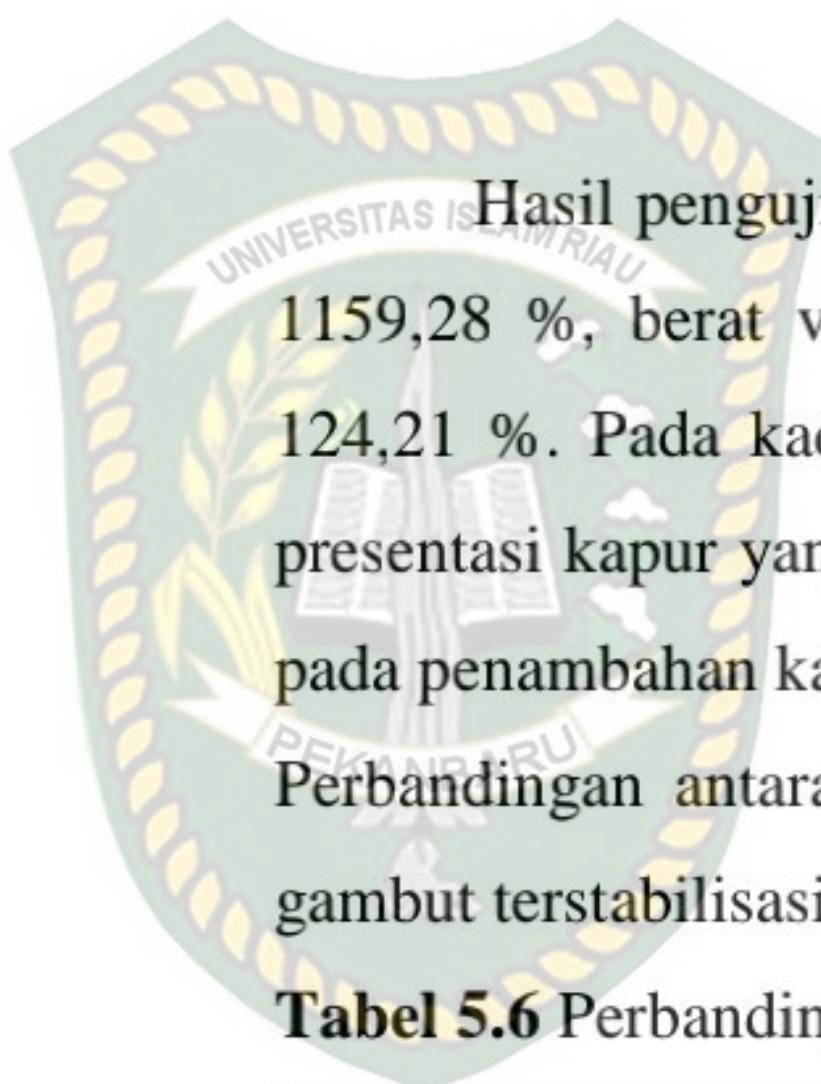
1. G0 (100% Tanah Gambut).
2. G1 (90% Tanah Gambut + 10% Campuran Geopolimer).
3. G2 (85% Tanah Gambut + 15% Campuran Geopolimer).
4. G3 (80% Tanah Gambut + 20% Campuran Geopolimer).
5. G4 (75% Tanah Gambut + 25% Campuran Geopolimer).

Hasil dari pengujian kuat tekan bebas G0 (Tanah Gambut asli 100%) menggunakan kadar air optimum sebesar 45% didapatkan nilai kuat tekan bebas pada tanah gambut adalah 0.520 kg/cm^2 , angka ini jauh lebih rendah dibandingkan tanah yang telah dicampurkan dengan geopolimer. Terlihat jelas bahwa nilai q_u tertinggi terdapat pada campuran G4 (25% Geopolimer + 75% Tanah Gambut) dengan masa perawatan 7 hari dengan nilai yaitu 0,910. kesimpulannya semakin bertambahnya campuran geopolimer dan semakin lama perawatan yang dilakukan, maka proses penyatuhan pada geopolimer dan tanah gambut menjadi semakin baik.

2. Hendhy Marpan dkk (2003)

Tanah yang digunakan merupakan tanah gambut berasal dari Ambarawa. Penelitian ini menggunakan campuran kapur wonosari. Pada penelitian ini dilakukan 5 variasi pengujian yaitu :

1. Tanah Asli + 0%
2. Tanah Asli + 5%
3. Tanah Asli + 10%
4. Tanah Asli + 15%
5. Tanah Asli + 20%



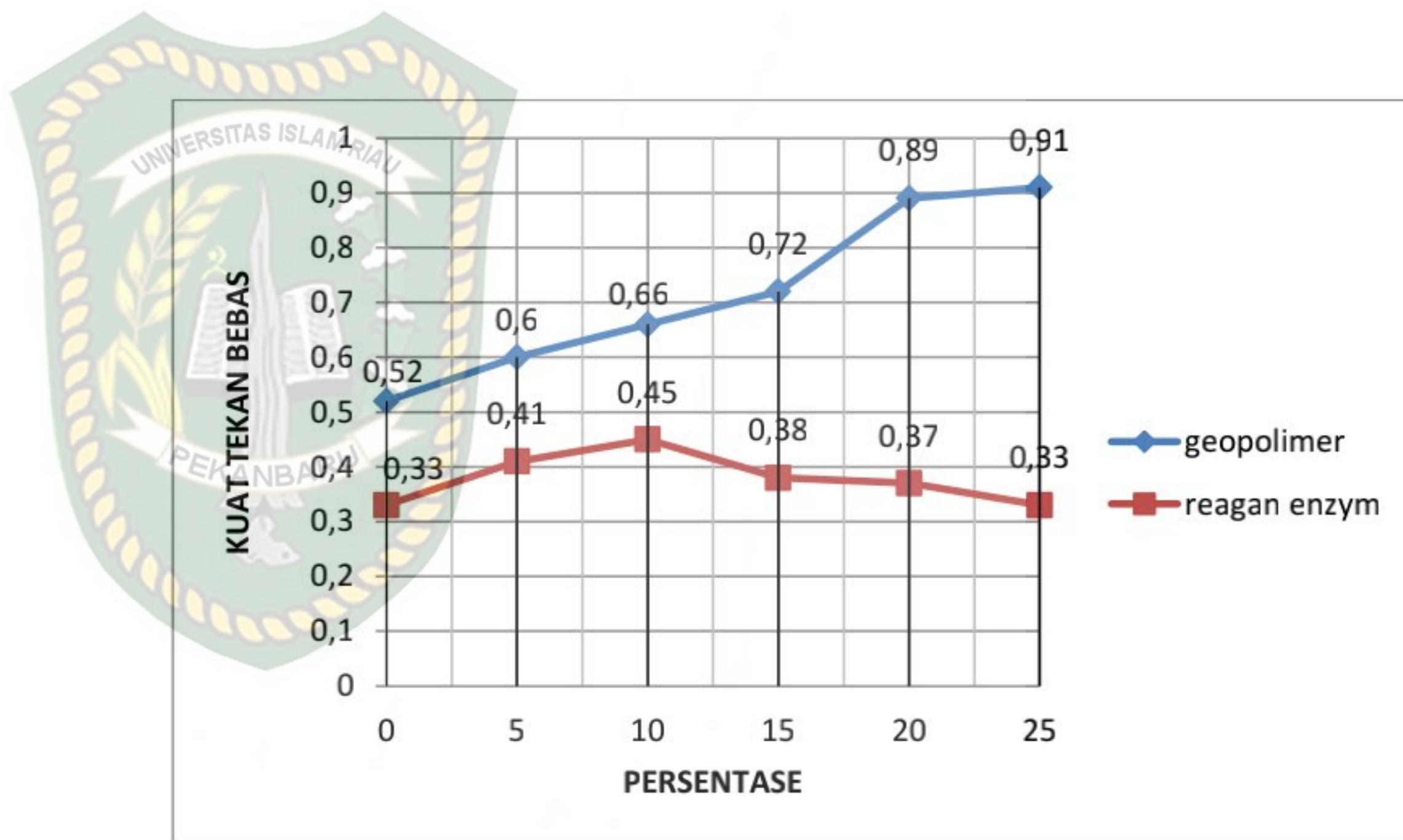
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel tanah asli memiliki kadar air 1159,28 %, berat volume tanah kering 0,0892 gr cm³ dan kadar air optimum 124,21 %. Pada kadar air optimum tersebut tanah dicampurkan dengan variasi presentasi kapur yang pada uji kuat tekan bebas didapatkan hasil paling optimum pada penambahan kapur 15%.

Perbandingan antara nilai tanah gambut yang distabilisasi enzim dengan tanah gambut terstabilisasi material lainnya dapat dilihat pada tabel 5.6

Tabel 5.6 Perbandingan nilai q_{umax} stabilisasi enzim dengan stabilisasi lainnya

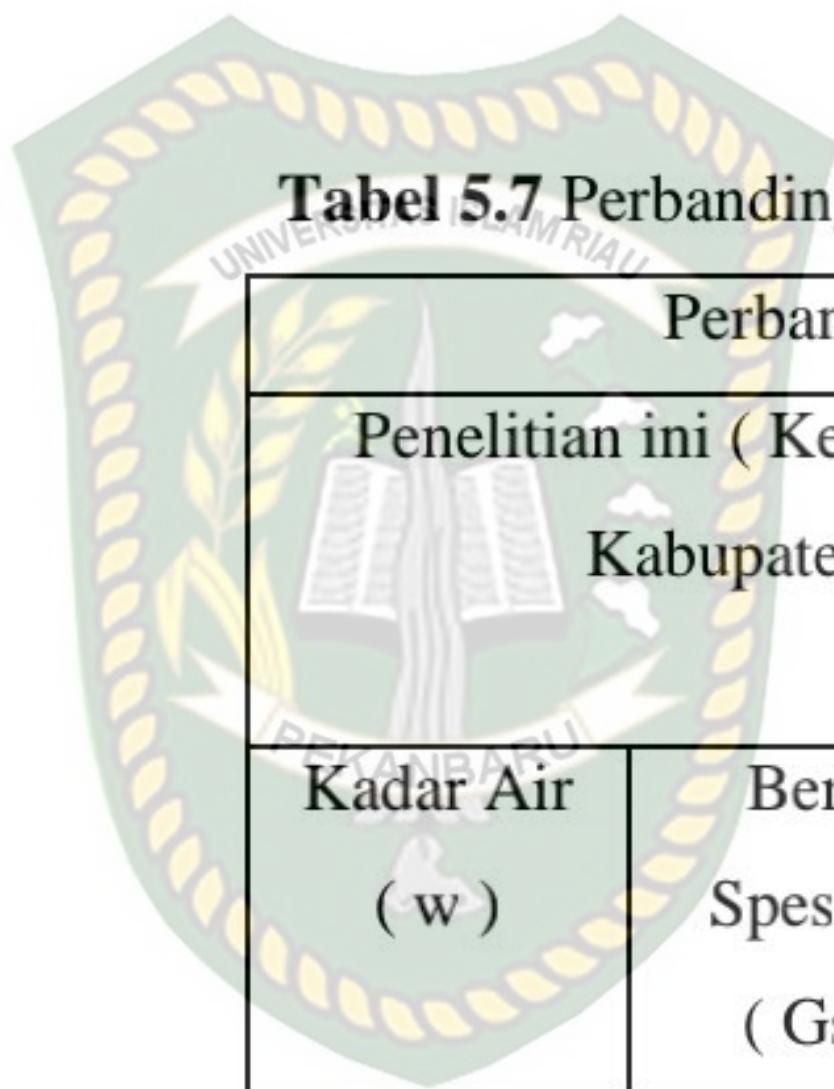
No	Stabilisasi menggunakan <i>Geopolimer</i> Aulia dkk (2005)		Stabilisasi menggunakan enzim Penelitian ini (2020)		Stabilisasi menggunakan Kapur Wonosari Marpan dkk (2003)	
	Persentase	q_{umax} 7 Hari	Persentase	q_{umax}	Persentase	q_{umax}
1	0%	0,520 kg/cm ²	0%	0,33 kg/cm ² 0,41 kg/cm ²	0%	0,3905 kg/cm ²
2	10%	0,661 kg/cm ²	5%	0,45 kg/cm ²	5%	0,4980 kg/cm ²
3	15%	0,720 kg/cm ²	10%	0,38 kg/cm ²	10%	0,5199 kg/cm ²
4	20%	0,890 kg/cm ²	15%	0,37 kg/cm ²	15%	0,5940 kg/cm ²
5	25%	0,910 kg/cm ²	20%	0,33 kg/cm ²	20%	0,5332 kg/cm ²
6			25%			

Pada Tabel 5.6, hasil nilai kuat bebas maksimal (q_{umax}) tertinggi terdapat pada tanah gambut yang terstabilisasi *Geopolimer* 25%, sedangkan nilai terendah terdapat pada tanah gambut yang terstabilisasi *Enzyme* 25%. Untuk grafik perbandingan stabilisasi ini dengan stabilisasi lainnya dapat dilihat pada gambar 5.11.



Gambar 5.11 Grafik Perbandingan Stabilisasi Menggunakan *Reagen Enzyime* Dengan stabilisasi Menggunakan *Geopolimer*

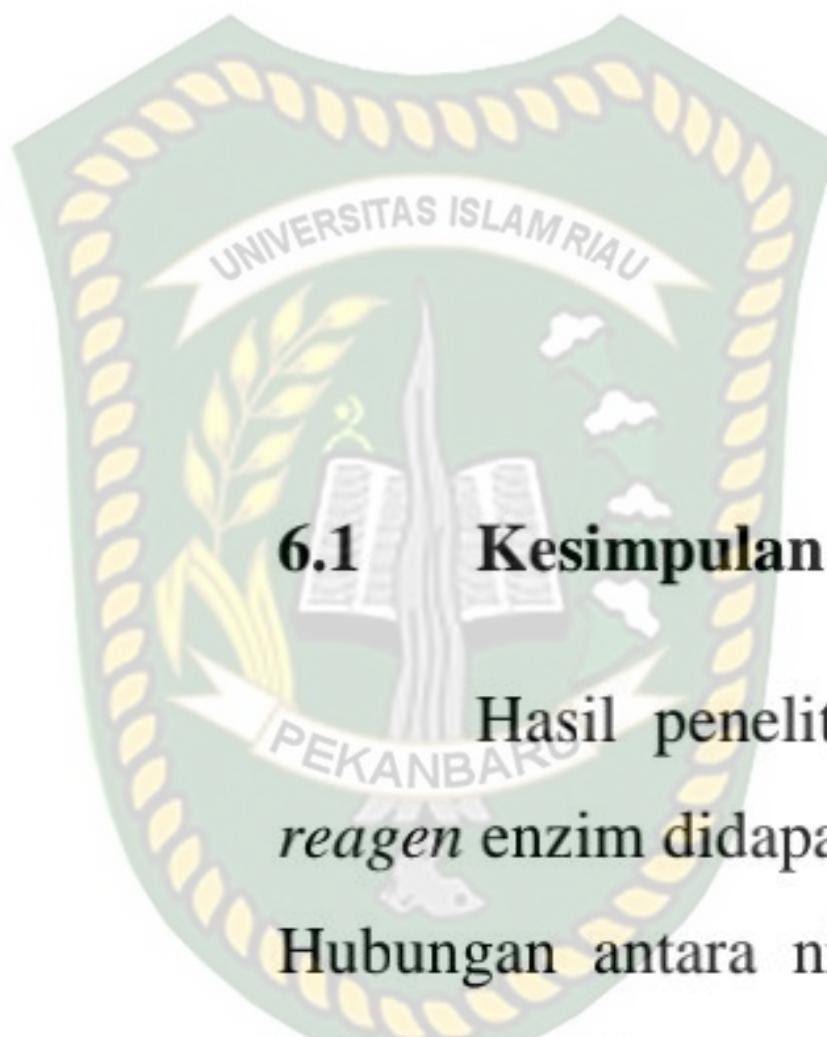
Pengaruh penambahan *reagen* enzim bisa dilihat pada gambar 5.11 terjadi naik turun nilai kuat tekan bebas pada setiap persentase. Kenaikan terjadi pada variasi persentase 5% sampai 15% dan terjadi penurunan pada variasi persentase 20% sampai 25%. Pada pengujian tanah gambut yang terstabilisasi *Geopolimer*, kenaikan kuat tekan yang dihasilkan cukup besar. Bias dilihat pada penambahan variasi persentase 15% sampai dengan 25%.



Tabel 5.7 Perbandingan Sifat Fisik Tanah Gambut Provinsi Riau

Perbandingan Sifat fisik Tanah Gambut Provinsi Riau					
Penelitian ini (Kecamatan Dayun, Kabupaten Siak)			Suratman, Dkk (Jl. Angsa Putih, Kelurahan Simpang Tiga, Kecamatan Bukit Raya, Kota Pekanbaru.)		
Kadar Air (w)	Berat Spesifik (Gs)	Berat Isi Kering (γ_d)	Kadar Air (w)	Berat Spesifik (Gs)	Berat Isi Kering (γ_d)
407,5 %	1,30	0,467	714,55 %	1,43	1,45

Hasil perbandingan yang ada pada Tabel 5.7 bisa dilihat bahwa sifat fisik tanah gambut yang ada di Provinsi Riau sangat tinggi tingkat kadar air, sehingga membuat penurunan pada tanah itu sendiri sangat sering terjadi, dan juga dikarenakan jumlah kadar air yang tinggi juga dapat mengakibatkan kurangnya daya dukung tanah gambut yang ada di Provinsi Riau ini.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Hasil penelitian kuat tekan bebas tanah gambut dengan menggunakan *reagen* enzim didapat hasil sesuai dengan tujuan penelitian adalah sebagai berikut. Hubungan antara nilai kuat tekan (q_u) dengan campuran *reagen* enzim dapat terjadi kenaikan pada persentase 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Pada hasil kuat tekan tanpa perlakuan *reagen* enzim 0% sebesar $0,33 \text{ kg/cm}^2$. Nilai kuat tekan tertinggi terdapat pada penambahan *reagen* enzim 10% sebesar $0,45 \text{ kg/cm}^2$. Sedangkan pada perlakuan 5% sebesar $0,41 \text{ kg/cm}^2$. Perlakuan 15% sebesar, $0,38 \text{ kg/cm}^2$, perlakuan 20% sebesar $0,37 \text{ kg/cm}^2$, dan perlakuan 25% sebesar $0,33 \text{ kg/cm}^2$.

Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan reagen enzim pada tanah gambut memberikan pengaruh terhadap kuat tekan bebas yang diberikan kepada benda uji, sebagaimana yang didapatkan terjadi kenaikan - Penurunan kuat tekan bebas pada tanah gambut yang terinjeksi reagen enzim sesuai variasi persentase yang sudah ditetapkan.

6.2 Saran

Adapun saran yang diberikan pada penelitian ini adalah :

1. Perbaiki Metode *Injection*.
2. Melakukan perbaikan untuk variasi sampel agar mendapatkan hasil yang akurat.
3. Pelu perbaikan analisa perhitungan jumlah CaCo_3 (*Calsium Carbonat*).



DAFTAR PUSTAKA

ASTM D 698-78 Pengujian Pemadatan Standar.

Aulia, S., & Yulindasari, Y. H. Pengaruh Campuran Geopolimer Sebagai Stabilisasi Pada Tanah Gambut Ditinjau Dari Pengujian Kuat Tekan Bebas.

Kurniawan, R., & Setyawan, A. (2015). Pengaruh Bitumen *Modifikasi Ethylene Vinyl Acetate* (EVA) pada *Thin Surfacing Hot Mix Asphalt* (TSHMA) terhadap Uji *Unconfined Compressive Strength* (UCS) dan *Indirect Tensile Strength* (ITS)

Marpan, H., & Rokhman, A. (2003). Analisis Daya/Kuat Dukung Tanah Gambut Ambarawa Dengan Variasi Campuran Kapur Wonosari.

Pertiwi, S. A. P. L. M., & Prasetyo, E. N. (2016). Biogrouting: Produksi Urease dari Bakteri Laut (*Oceanobacillus sp.*) Pengendap Karbonat. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 1(1), 9-18.

Putra dkk (2018) Parameter Peningkatan Kuat Geser Tanah Berpasir Menggunakan Teknik Pengendapan Kalsit Enzim.

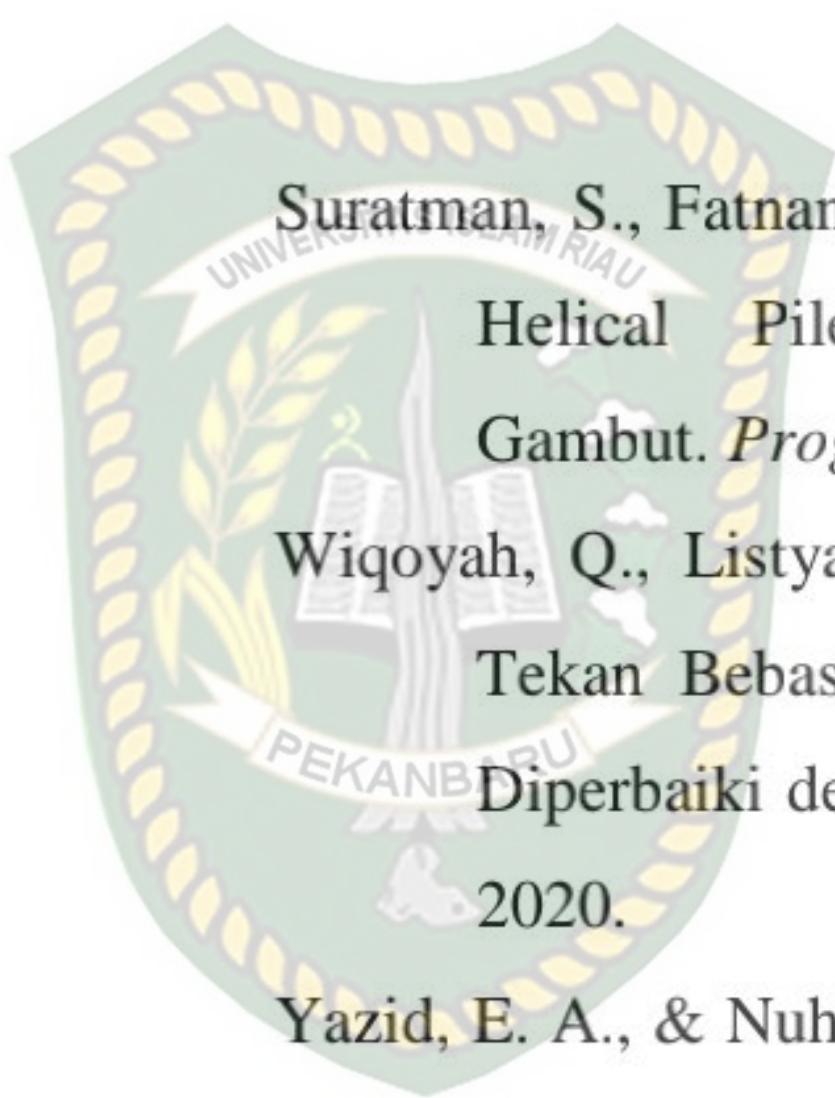
Putra, H., Yasuhara, H., Kinoshita, N., & Sudibyo, T. (2018). Improving shear strength parameters of sandy soil using enzyme-mediated calcite precipitation technique. *Civil Engineering Dimension*, 20(2), 91-95.

Shabrina Aulia.,dkk, “ Pengaruh Campuran Geopolimer Sebagai Stabilisasi Pada Tanah Gambut Ditinjau Dari Pengujian Kuat Tekan Bebas”.

SNI 1964-2008 Cara Uji Berat Jenis Tanah

SNI 1965-2008 Cara Uji Penentuan Kadar Air Untuk Tanah dan Batuan Di Laboratorium

Syarif, F., Davino, G. M., & Ardianto, M. F. (2020). Penerapan Teknik Biocementation Oleh *Bacillus Subtilis* Dan Pengaruhnya Terhadap Permeabilitas Pada Tanah Organik. *JURNAL SAINTIS*, 20(01), 47-52.



- Suratman, S., Fatnanta, F., & Satibi, S. (2019). Prediksi Kapasitas Daya Dukung Helical Pile Tunggal Berdasarkan Data Sondir Pada Tanah Gambut. *Program Studi Teknik Sipil*, 5(2), 1-19.
- Wiqoyah, Q., Listyawan, A. B., & Novitasari, A. (2020). Analisis Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Desa Pengkol Kecamatan Nguter Sukoharjo yang Diperbaiki dengan Menggunakan Pasir Merapi. Seminar Nasional Sipil X 2020.
- Yazid, E. A., & Nuha, B. U. (2017). Kadar Protein Terlarut Pada Ampas Kedelai Dari Hasil Proses Pembuatan Tempe Dengan Penambahan Ekstrak Kasar Papain (Crude Papain) Dissolved Protein Content in Soybean Dregs From The Process Of Making Tempe With The Addition Of Crude Papain Extract. *Journals of Ners Community*, 8(1), 45-52.
- Yulianto, F. E., & Mochtar, N. E. (2012, September). Behavior of Fibrous Peat Soil Stabilized with Rice Husk Ash (RHA) and Lime. In *Proceedings of 8th International Symposium on Lowland Technology September* (pp. 11-13)