

**SKRIPSI**

**PENGARUH JAMUR RHIZOPUS OLIGOSPORUS TERHADAP KUAT  
GESER DAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT**

**Oleh :**

**M. YOGGIE PRATAMA**

**NIM. DAB 115 113**



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS PALANGKA RAYA**

**PALANGKA RAYA**

**2022**

**PENGARUH JAMUR RHIZOPUS OLIGOSPORUS TERHADAP KUAT  
GESER DAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-1 pada Jurusan/program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :


**M. YOGGIE PRATAMA**  
NIM. DAB 115 113

**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi  
Dan Berita Acara Ujian Skripsi**

Pembimbing Utama


  
**Dr. STEPHANUS ALEXSANDER, S.T., M.T.**  
NIP. 19790622 200801 1 007

Pembimbing Pendamping

  
**Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.**  
NIP. 19720219 199702 2 001

Mengetahui,  
Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua

  
**Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.**  
NIP. 19780608 200501 1 003

**PENGARUH JAMUR RHIZOPUS OLIGOSPORUS TERHADAP KUAT GESER DAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Oleh :

**M. YOGGIE PRATAMA**  
NIM. DAB 115 113

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:

Hari/Tanggal : Jumat, 24 Juni 2022  
Waktu : 09.00 – 11.00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Sarjana (offline)

Tim Penguji :

1. **Dr. STEPHANUS ALEXSANDER, S.T., M.T.**  
NIP. 197906222008011007

 ..... (Pembimbing Utama/Ketua Penguji)


2. **Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.**  
NIP. 197202191997022001

 ..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)

3. **Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.**  
NIP. 195707061987011002

 ..... (Penguji 3)


4. **a.n. OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.**  
NIP. 197510012006041003  
Ketua KBK Geoteknik  
M. Ikhwan Yani, S.T., M.T.

 ..... (Penguji 4)

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua

  
**Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.**  
NIP. 197806082005011003

Fakultas Teknik  
Universitas Palangka Raya  
  
**Dr. WALUYO NUSWANTORO, M.T.**  
NIP. 196511191993021001

## BIODATA MAHASISWA



### Data Pribadi

Nama : M. Yoggie Pratama  
NIM : DAB 115 113  
Tempat, Tanggal lahir : Pangkalan Bun, 06 Mei 1996  
Status : Belum Menikah  
Agama : Islam  
Pekerjaan : Mahasiswa  
Alamat di Palangka Raya : Jl. G. Obos VII, Kost Manazil Group No. 2  
No. Telp Rumah : -  
Alamat Asal : Jl. Uyup Alip, Kecamatan Hanau, Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah  
Email : yogi89354@gmail.com  
No Hp : 085845326846  
No Wa : 085845326846  
Facebook : M. Yoggie Pratama  
Instagram : m.yoggie\_p  
Line : M. Yogi Pratama  
Nama Ayah : Syahrul Raji  
Pekerjaan Ayah : Sudah Meninggal  
Alamat : -  
No. Hp : -  
Nama Ibu : Miati  
Pekerjaan Ibu : Swasta  
Alamat : Jl. Uyup Alip, Kecamatan Hanau, Kabupaten Seruyan, Kalimantan Tengah  
No. HP : 085652097565  
Wali : -

### Riwayat Pendidikan\*)

- TK : TK Anggrek 2 Pangkalan Bun (2001-2003)
- SD : SDN 1 Mendawai Pangkalan Bun (2003-2009)
- SLTP : SMPN 1 Hanau Pembuang Hulu (2009-2012)
- SLTA : SMAN 1 Hanau Pembuang Hulu (2012-2015)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2015

Palangka Raya, Juni 2022  
Yang membuat pernyataan

M. YOGGIE PRATAMA  
NIM. DAB 115 113

## LEMBAR PERSEMBAHAN

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dengan Rahmat Allah yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang, Puji dan Syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena telah dapat menyelesaikan Skripsi ini. Pada kesempatan ini saya ingin mempersembahkan Skripsi yang telah saya susun ini kepada :

1. Untuk Mama dan almarhum Abah terima kasih atas segala perjuangan, dukungan dan semangat yang selalu diberikan. Terima Kasih selalu mendoakan aku serta selalu memberikan nasihat dan kekuatan agar dapat melewati semuanya dengan baik.
2. Terima kasih banyak untuk adik-adik ku Ekky dan Fiqa yang selalu menolong abangnya kapanpun dan dimanapun, memberikan semangat, dukungan doa dan menjadi sumber informasi dan sumber ilmu.
3. Terima kasih untuk kampus tercinta Universitas Palangka Raya, khususnya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik yang menjadi tempat menimba ilmu.
4. Terima kasih banyak kepada Bapak Dr. Stephanus Alexsander, S.T., M.T. dan Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. karena telah membimbing saya dan memberikan masukan dalam menyelesaikan Skripsi.
5. Terima kasih banyak kepada dosen pembahas Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. dan Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. yang telah menyediakan waktu dan pikiran sehingga Skripsi ini selesai dengan baik.
6. Terima kasih banyak kepada Bapak Salonten, S.T., M.T. sebagai dosen Pembimbing Akademik dan terima kasih untuk seluruh dosen Teknik Sipil yang sudah membantu.
7. Terima kasih untuk teman-teman ku Erianty Nur Apriliana, Moh. Arif Prasetyo, Rifki Hadi, Eka Putri Yansasy, Cici Paramida, Husnul Wasilah, Nova Triutami, Hendri Hermanto, Remon Erik, Endry Yoshua Todar, Yusy Novita Hairani, Ragil Wicaksono, Amania, Nengsih, Lili Yuliana, Ayu Azhari, Friska Sitorus, Andri Priyanto, Yoga Belgi Grestena Ramadhan, Evitriana Dessy Pertiwi , Rommy Anggara, Yandi Nur Huda, Yongki Hendrawan dan teman-teman Teknik Sipil 2015 yang mungkin tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih telah mewarnai cerita perkuliahan ku, tempat berbagi cerita, saling berjuang bersama dalam mengerjakan tugas, dan saling mendukung.

## **SURAT PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sungguh, bahwa Skripsi saya belum dipakai sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di perguruan tinggi manapun. Segala kutipan dan pikiran dari berbagai sumber yang diungkapkan sebagaimana disebutkan lengkap dalam daftar pustaka. Apabilakemudian ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya,      Juni 2022

**M. YOGGIE PRATAMA**  
NIM. DAB 115 113

## RINGKASAN

**PENGARUH JAMUR RHIZOPUS OLIGOSPORUS TERHADAP KUAT GESER DAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT**, M. Yoggie Pratama, DAB 115 113, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Kalimantan Tengah pada saat musim kemarau sering terjadi kebakaran lahan gambut yang diakibatkan adanya kecerobohan manusia saat pembukaan lahan dan juga akibat musim kemarau panjang dan cuaca panas yang ekstrim. Harapannya pada kondisi normal gambut akan menyerap dan menahan air secara maksimal, kenyataannya pada saat musim kemarau gambut menjadi kering. Guna mengatasi permasalahan yang ada pada tanah gambut saat kemarau, maka diadakan penelitian dengan menambahkan jamur *Rhizopus Oligosporus* sebagai bahan untuk pengikat gambut.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi sifat fisik tanah dan pengaruh penambahan jamur *Rhizopus Oligosporus* terhadap kuat geser dan permeabilitas tanah gambut sebelum dan sesudah dicampur jamur *Rhizopus Oligosporus*. Pengujian diawali dengan pemeriksaan sifat fisik tanah asli. Tahap berikutnya pengujian kuat geser langsung dan pengujian permeabilitas pada benda uji dengan variasi jamur *Rhizopus Oligosporus* 10% dengan waktu pemeraman 5 hari, 10 hari, 15 hari, dan 30 hari.

Hasil uji laboratorium sifat fisik tanah didapatkan bahwa dalam sistem klasifikasi ASTM D-4427 tanah tergolong dalam tanah gambut matang (Sapric) <23,5% dengan porositas sebesar 0,86% dan kapasitas menyimpan air (*Slightly Absorbent*) <248,99%. Hasil pengujian kuat geser langsung nilai kohesi meningkat sebesar 11,5% dengan nilai 0,086 kg/cm<sup>2</sup> pada variasi campuran Jamur *Rhizopus Oligosporus* 10% pada pemeraman 15 hari dan sudut geser meningkat 13,3% dengan nilai 24,820° pada pemeraman ke 30 hari. Sedangkan hasil dari pengujian permeabilitas, nilai koefisien permeabilitas mengalami penurunan pada variasi campuran Jamur *Rhizopus Oligosporus* 10% pada pemeraman 15 Hari dengan persentase -13,4% dengan nilai sebesar 0,000284 cm/detik.

**Kata kunci : Tanah Gambut, Kuat Geser Langsung, Permeabilitas, Jamur *Rhizopus Oligosporus*, Kebakaran Lahan Gambut.**

## **SUMMARY**

***THE EFFECT OF RHIZOPUS OLIGOSPORUS ON SHEAR STRENGTH AND PERMEABILITY OF PEAT SOIL***, M. Yoggie Pratama, DAB 115 113, Civil Engineering Department/Study Program, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

*In Central Kalimantan, during the dry season, land fires often occur due to human carelessness during land clearing and also due to the long dry season and extreme hot weather. It is hoped that under normal conditions, peat will absorb and hold air optimally, in fact during the dry season it becomes dry. In order to overcome the problems that exist in peat soil during the dry season, a research was conducted by adding the fungus Rhizopus Oligosporus as a material for binding peat.*

*The purpose of this study was to identify the physical properties of the soil and the effect of adding the fungus Rhizopus Oligosporus to the shear strength and permeability of the peat soil before and after mixed with the fungus Rhizopus Oligosporus. The test begins with an examination of the physical properties of the original soil. The next stage is direct shear strength testing and permeability testing on specimens with a variation of the fungus Rhizopus Oligosporus 10% with curing times of 5 days, 10 days, 15 days, and 30 days.*

*The results of laboratory tests of soil physical properties showed that in the ASTM D-4427 classification system, the soil was classified as mature peat soil (Sapric) <23.5% with porosity of 0.86% and water storage capacity (Slightly Absorbent) <248.99%. The results of the direct shear strength test, the cohesion value increased by 11.5% with a value of 0.086 kg/cm<sup>2</sup> on the mixed variation of Rhizopus Oligosporus 10% at 15 days of curing and the shear angle increased by 13.3% with a value of 24,820° at 30 days of curing. While the results of the permeability test, the value of the permeability coefficient decreased in the mixed variation of 10% Rhizopus Oligosporus at 15 days of curing with a percentage of -13.4% with a value of 0.000284 cm/second.*

***Keywords : Peat Soil, Direct Shear Strength, Permeability, Rhizopus Oligosporus, Peat Fire.***

## PRAKATA

Puji dan syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT oleh karena rahmat dan karunia-Nya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi yang berjudul **“PENGARUH JAMUR RHIZOPUS OLIGOSPORUS TERHADAP KUAT GESER DAN PERMEABILITAS TANAH GAMBUT”** disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi Program Strata-1 Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya (UPR).

Pada kesempatan ini, diucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu Frieda, S.T., M.T. Selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak Dr. Sutan Parasian Silitonga, S.TP., S.T., M.T. Selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Dr. Deddy Nan Setya Putra Tanggara, S.T., M.T. Selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu Veronika Happy P., S.T., M.T. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Salonten, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Bapak Dr. Stephanus Alexsander, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Utama/Ketua Penguji.
9. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Pendamping/Sekretaris Penguji.
10. Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. Selaku Dosen Pembahas/Penguji 3.
11. Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembahas/Penguji 4.
12. Ibu Murniati, S.T., M.T. Selaku Moderator Seminar Proposal dan Seminar Hasil.

13. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil, Staf Tata Usaha dan Staf Akademik di Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2015 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati dan menyadari bahwa penulisan Skripsi ini jauh dari kata sempurna dan banyak terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu diharapkan berbagai tanggapan, kritik maupun saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Terima Kasih.

Palangka Raya, 2022



**M. YOGGIE PRATAMA**  
**DAB 115 113**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	ii
<b>PRAKATA</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Lokasi Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tanah Gambut .....	6
2.2 Jamur Rhizopus Oligosporus .....	8
2.3 Konsep Metode Bioremediasi .....	9
2.4 Uji Permeabilitas .....	11
2.4.1 Uji Permeabilitas dengan Metode Constant Head .....	12
2.5 Parameter Kuat Geser Tanah .....	15
2.5.1 Uji Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ) .....	18
2.6 Penelitian Terdahulu .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Umum .....	24
3.2 Bahan Penelitian .....	24

	Halaman
3.3 Alat.....	25
3.4 Cara Pencampuran .....	25
3.5 Proses Pengujian .....	26
3.5.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli .....	26
3.5.1.1 Pengujian Kadar Air (Moisture Content Test) ASTM D-2216-71.....	26
3.5.1.2 Pengujian Volume (Berat Isi, Angka Pori dan Derajat Kejenuhan) ASTM D 2216-71 .....	27
3.5.1.3 Pengujian Berat Jenis ( <i>Specific Gravity Test</i> ) ASTMD-854-72.....	29
3.5.1.4 Pemeriksaan Analisa Saringan ( <i>Seave Analysis</i> ) ASTM D 4427-87 .....	30
3.5.1.5 Pengujian Kadar Serat ( <i>Fiber Content</i> ) ASTM D 1997-91	30
3.5.2 Pengujian Sifat Mekanis Tanah.....	31
3.5.2.1 Uji Kekuatan Geser Langsung ( <i>Direct Shear Test</i> ) ASTM D-3080-72) .....	31
3.5.2.2 Uji Permeabilitas dengan Metode <i>Constant Head</i> (ASTM D 2434-68).....	32
3.5.2.3 Prosedur Pengujian .....	33
3.5.3 Identifikasi Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> Pada Tanah Gambut .....	34
3.6 Bagan Alir Penelitian.....	35

#### **BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil dan Pembahasan.....	36
4.1.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah .....	36
4.1.2 Hasil Pengujian Sifat Mekanik Tanah .....	38
4.1.2.1 Hasil Uji Kuat Geser.....	38
4.1.2.2 Pengujian Nilai Permeabilitas.....	44

	Halaman
4.2 Hasil Identifikasi Jamur Pada Tanah Gambut Asli dan Campuran .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Koefisien Permeabilitas Tanah (cm/s) Pada Temperatur 20°C, k <sub>20</sub> .....	14
Tabel 2.2 Nilai Sudut Geser Dalam Efektif ( $\phi'$ ) Untuk Jenis Tanah Pasir .....	21
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu .....	22
Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji untuk Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah.....	25
Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji untuk Pemeriksaan Sifat Mekanika Tanah Dengan Campuran Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> .....	26
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli .....	37
Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Uji Geser Langsung Pada Tanah Asli .....	38
Tabel 4.3 Hasil Uji Kuat Geser Langsung Tanah Asli Dengan Campuran Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> .....	40
Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Kuat Geser Terhadap Variasi Campuran.....	42
Tabel 4.5 Permeabilitas Tanah Gambut Asli .....	44
Tabel 4.6 Permeabilitas Tanah Gambut Setelah Dicampur Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> (Pemeraman 5 Hari).....	44
Tabel 4.7 Permeabilitas Tanah Gambut Setelah Dicampur Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> (Pemeraman 10 Hari).....	45
Tabel 4.8 Permeabilitas Tanah Gambut Setelah Dicampur Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> (Pemeraman 15 Hari).....	45
Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Koefisien Permeabilitas Terhadap Variasi Campuran Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> .....	45

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Gambut .....	5
Gambar 2.1 Skema alat uji permeabilitas dengan metode <i>constant head</i> .....	13
Gambar 2.2 Kriteria kegagalan Mohr-Coulomb .....	16
Gambar 2.3 Skema contoh tanah setelah tergeser .....	19
Gambar 2.4 Skema alat uji geser langsung .....	19
Gambar 2.5 Grafik pengolahan data uji geser langsung berdasarkan kriteria .....	20
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian .....	35
Gambar 4.1 Grafik Hubungan $\sigma$ dan $\tau$ Uji Geser Langsung Tanah Asli .....	39
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Sudut Geser dengan Waktu Pemeraman .....	42
Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kohesi dengan Waktu Pemeraman .....	43
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kuat Geser dengan Waktu Pemeraman.....	43
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Koefisien Permeabilitas dengan Waktu Pemeraman .....	46
Gambar 4.6 Hasil Pengujian Mikroskop (Zoom 100X) Tanah Gambut Asli .....	48
Gambar 4.7 Hasil Pengujian Mikroskop (Zoom 100X) Campuran Tanah Gambut Dengan Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> (Pemeraman 5 Hari) .....	48
Gambar 4.8 Hasil Pengujian Mikroskop (Zoom 100X) Campuran Tanah Gambut Dengan Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> (Pemeraman 10 Hari) .....	49
Gambar 4.9 Hasil Pengujian Mikroskop (Zoom 100X) Campuran Tanah Gambut Dengan Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> (Pemeraman 15 Hari) .....	50
Gambar 5 Hasil Pengujian Campuran Tanah Gambut Dengan Jamur <i>Rhizopus oligosporus</i> Menggunakan Kamera Digital .....	50
Gambar 5.1 Hasil Pengujian Campuran Tanah Gambut Dengan Jamur <i>Rhizopus oligosporus</i> Menggunakan Mikroskop (Zoom 100X) .....	51

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki lahan gambut terluas di dunia, terutama di pulau Kalimantan dan pulau Sumatra. Penyebarannya mulai dari dataran pantai hingga ke pedalaman dengan ekosistem yang berbeda. Palangka Raya merupakan salah satu kota di Indonesia yang identik dengan musim kemarau. Musim kemarau yang panjang membuat ekosistem gambut mudah surut dan menjadi kering.

Kekeringan di lahan gambut berpotensi mengalami kebakaran. Faktor yang menyebabkan terjadinya kebakaran berasal dari faktor internal dan eksternal. Faktor internal meliputi kecerobohan manusia yang sengaja melakukan pembakaran maupun akibat kelalaian dalam menggunakan api. Faktor eksternal yakni adanya perubahan iklim maupun musim kering ekstrim, serta curah hujan yang kurang. Efek kebakaran menyebabkan kandungan air di tanah akan semakin berkurang. Akibat kandungan air di tanah yang semakin berkurang menimbulkan penurunan sifat teknis tanah pada kuat geser.

Kuat geser memegang peranan penting terhadap kemampuan maksimum tanah untuk bertahan terhadap perubahan bentuk pada kondisi tekanan (*pressure*) dan kelembapan tertentu (Head, 1982). Untuk meningkatkan kuat geser pada tanah gambut, akan diadakan metode inovatif menggunakan jamur. Penerapan

*bioremediasi* merupakan metode untuk meningkatkan kuat geser partikel tanah. *Bioremediasi* menggunakan mikroorganisme termodifikasi dengan berbagai konsentrasi untuk meningkatkan kuat tekan bebas dan kekakuan tanah yang di olah. Kuat tekan bebas bisa mencapai sekitar 68 kPa, menunjukkan bahwa  $q_u$  dari sampel yang diberi perlakuan meningkat ketika dosis inokulum tinggi. Untuk memperkuat partikel tanah dengan memanfaatkan kemampuan pembentukan gel dari jamur (Aswin Lim, 2019).

Jamur yang digunakan untuk enzim fermentasi dalam proses *bioremediasi* adalah *Rhizopus Oligosporus*. *Rhizopus Oligosporus* dapat tumbuh dan mengikat partikel pasir lepas. Partikel pengikat dalam jamur *Rhizopus Oligosporus* berupa Inokulum tempe. Inokulum tempe merupakan kumpulan spora jamur yang digunakan untuk bahan pembibitan dalam pembuatan tempe.

Pada penelitian ini akan menggunakan jamur tempe, yang akan diterapkan pada tanah gambut berserat. Pemberian variasi jamur akan diberikan pada tanah gambut, yang bermanfaat melihat dan mengetahui variasi jamur tersebut terhadap pengaruh permeabilitas dan kuat geser tanah gambut.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari permasalahan dan kondisi tanah yang telah diuraikan diatas, maka dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penambahan jamur *Rhizopus oligosporus* terhadap kuat geser?

2. Bagaimana hubungan konsentrasi *bioremediasi* terhadap permeabilitas tanah gambut?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis sifat-sifat fisik dan mekanis tanah gambut.
2. Menganalisis penambahan jamur *Rhizopus oligosporus* terhadap kuat geser dan permeabilitas tanah gambut.

### 1.4. Batasan Masalah

Supaya menghasilkan pemahaman dalam masalah ini perlu adanya batasan masalah, untuk mengarahkan penelitian ini agar tetap dalam koridor tujuan yang ingin dicapai. Batasan-batasannya adalah sebagai berikut:

1. Pengujian dilaksanakan pada PT. Cemara Geo Engineering Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.
2. Sampel tanah yang diuji merupakan material tanah terganggu (*disturb soil*) yaitu tanah gambut yang berasal dari Kelurahan Bereng Bengkel, Kecamatan Sebangau, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.
3. Dalam penelitian ini menggunakan jamur *Rhizopus oligosporus* yang terdapat pada inokulum tempe.

4. Metode yang digunakan adalah uji kuat geser langsung (*direct shear test*) dan uji permeabilitas (*constant head*).
5. Pencampuran tanah variasi jamur dengan persentase 10% dan variasi pemeraman 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 30 hari.

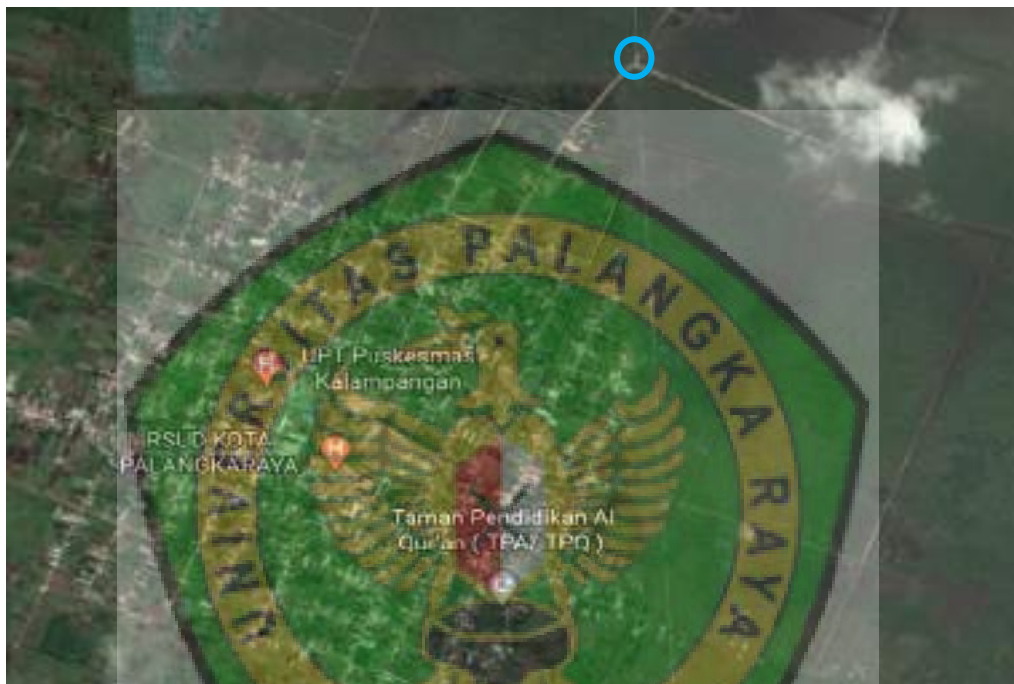
### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Bagi peneliti untuk menambah wawasan dan pengalaman dalam pengembangan ilmu akademik dan pengetahuan di bidang Geoteknik.
2. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman ilmu pengetahuan tentang tanah khususnya mengenai kuat geser dan permeabilitas tanah, sehingga potensi pengembangan tanah dapat memberikan informasi kepada masyarakat dalam penggunaan penambahan jamur *Rhizopus oligosporus* pada tanah gambut.
3. Data-data yang dihasilkan dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pihak-pihak yang akan melakukan penelitian lebih lanjut khususnya mengenai pengaruh penambahan jamur *Rhizopus oligosporus* terhadap kuat geser dan permeabilitas tanah gambut.

## 1.6. Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel tanah gambut di daerah Kelurahan Bereng Bengkel, Kecamatan Sebangau, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.



Sumber : Google Earth

**Gambar 1.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Gambut**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 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 kompresible. (Dunn, dkk., 1980). Lapisan tanah gambut adalah tipe lapisan tanah lempung atau lanau yang bercampur dengan serat-serat flora dari tumbuhan tebal di atasnya. 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.

Menurut Asyiah (2006), tanah gambut dapat didefinisikan secara visual. Kondisi tanah gambut didominasi oleh bahan-bahan organik (>20 %) dapat dikenal dari baunya, warna gelap, tekstur berserat, dan berat volumenya rendah. Ciri-ciri tanah gambut yang mudah dikenali adalah strukturnya yang mudah dihancurkan pada keadaan kering, berat isi tanah gambut sangat rendah jika dibandingkan dengan tanah mineral yaitu 0,2 hingga 0,3  $KN/m^3$ .

Menurut N.B Hobbs (1986), deskripsi tanah gambut dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Warna

Dalam keadaan biasa, tanah gambut dapat dibedakan dari warna. Hal ini disebabkan karena tanah gambut berwarna gelap dari coklat sampai kehitaman. Warna ini dapat berubah karena faktor udara, pencatatan mengenai warna sebaiknya langsung dilakukan di lapangan.

2. Tingkat dekomposisi atau humifikasi

3. Tingkat kebasahan (kadar air)

Kadar air dapat diukur secara akurat di laboratorium, tetapi untuk keperluan praktis dipakai kategori *dry, wet, very wet, extremely wet*.

4. Unsur utama

Ada beberapa unsur utama (dominan) tanah gambut, yaitu : fibre, fine, coarse, amorphous granular material, woody material, dan sebagainya.

5. Tanah mineral

Pengintifikasian di lapangan sangat sulit, kecuali bila terlihat sangat jelas.

6. Bau

Bau terdeteksi oleh penciuman manusia, bau tanah gambut akan terbagi menjadi tidak terlalu bau, agak bau, dan berbau keras. Misalnya bau H<sub>2</sub>S dapat tercium secara vertikal maupun horizontal, sedangkan bau metana hanya dapat terdeteksi dengan menggunakan detector.

7. Komposisi

Pada tanah gambut dekomposisi bahan-bahan organik yang terakumulasi dalam tanah akan meningkatkan keasaman tanah gambut, sehingga tanah gambut cenderung lebih asam daripada tanah mineral dengan tingkat keasamaan yang sama.

8. Kekuatan tarik (daya tahan)
9. Batas plastis yang dapat diuji atau tidak Merupakan petunjuk lapangan yang berguna dalam penentuan morfologi tanah gambut.

Menurut Macfarlane dan Radforth (1985) menggolongkan tanah gambut berdasarkan kandungan serat yang ada dalam tanah gambut, yaitu :

- a. Fibrous peat yaitu gambut dengan kandungan serat sekitar 20% atau lebih yang mempunyai dua jenis pori yaitu makropori (pori diantara serat-serat) dan mikropori (pori yang ada di dalam serat).
- b. Amorphous peat yaitu gambut yang mempunyai kandungan serat kurang dari 20%. Ciri-ciri dari jenis ini adalah butiran tanahnya berukuran koloid ( $<2 \mu\text{m}$ ) serta sebagian besar air porinya terserap di sekeliling permukaan butiran tanah.

## 2.2 Jamur *Rhizopus Oligosporus*

### 1. Karakteristik

Jamur *Rhizopus Oligosporus* mempunyai koloni abu-abu kecoklatan dengan tinggi 1 mm. Sporanglofor tunggal atau dalam kelompokan dengan dinding halus atau perkiraan sedikit kasar, dengan panjang 1000 mikro meter dan diameter 10-18 mikro meter. Sporangia globose yang pada kala masak berwarna hitam kecoklatan, dengan diameter 100-180 mikro meter. Klamidospora banyak, tunggal atau rangkaian pendek, tidak berwarna, dengan berisi granula, terbentuk pada hifa, sporanglofor dan sporangia. Wujud klamidospora globose, elipatau

silindris dengan ukuran 7-30 mikro meter atau 12-45 mikro meter  $\times$  7-35 mikro meter.

## 2. Kondisi Pertumbuhan

*Rhizopus oligosporus* bisa tumbuh optimum 30- 35 °C, dengan suhu minimum 12 °C, dan suhu maksimum 42 °C.

## 3. Definisi

Beberapa definisi dari *Rhizopus oligosporus* ditengahnya mencakup kegiatan enzimatisnya, kemampuan menghasilkan antibiotic alami secara khusus alami yang secara khusus bisa melawan bakteri gram positif, biosintesa vitamin-vitamin B, kebutuhannya akan senyawa sumber karbon dan nitrogen, pekecambahan spora, dan penetrisi miselia jamur tempe ke dalam jaringan biji kedelai (Sumber : [wiki.edunitas.com](http://wiki.edunitas.com), [id.wikipedia.org](http://id.wikipedia.org), [ensiklopedia.web.id](http://ensiklopedia.web.id), [p2k.nomor.net](http://p2k.nomor.net)).

### 2.3 Konsep Metode Bioremediasi

Perbaikan tanah yang dimediasi secara hayati memiliki sifat-sifat yang unik dengan keunggulan potensial lebih baik dibandingkan dengan teknik perbaikan tanah secara konvensional. Keunggulan dari teknik ini terletak pada proses bio-geo-kimia yang secara efektif memacu pengendapan mineral. Teknik MICCP tersebut dianggap salah satu teknik yang menjanjikan untuk perbaikan tanah yang dimediasi oleh mikroba (DeJong et al., 2011; Martinez et al., 2013). Bagaimanapun juga, hasil-hasil penelitian yang dipublikasikan masih memaparkan tingkat awal dan belum ada yang sampai mencobanya pada tingkat

aplikasi. Besarnya peluang aplikasi dari teknologi ini mendorong kalangan ilmuwan konstruksi (teknik sipil) bekerjasama dengan ilmuwan biologi (mikrobiologi tanah) untuk menciptakan teknologi yang dibutuhkan. Suatu kolaborasi yang tidak pernah terpikirkan pada satu atau dua dekade yang lalu.

Kolaborasi antara ahli konstruksi dan ahli mikroba dimulai dengan ditemukannya aplikasi bakteri pembentuk spora yang mampu menutup retakan mikro pada beton. Edvardsen (1999); Li & Yang (2007) melaporkan bahwa penutupan retakan beton oleh bakteri hanya terkait dengan retakan mikro berukuran 0,1-0,2 mm. Kemudian peneliti dari Belanda, yaitu Henk Jonker sejak tahun 2007 mempelajari teknologi aplikasi mikroba untuk penutupan retakan mikro pada beton (Jonker, 2007). Sejak saat itu minat peneliti untuk mempelajari aplikasi mikroba pada kegiatan konstruksi makin meningkat (Xu & Yao, 2014); deKoster et al. (2015), and Zhang et al. (2016). Di dalam negeri laporan hasil penelitian tentang teknologi ini masih sangat terbatas, walaupun publikasi non-ilmiahnya cukup banyak. Salah satunya adalah hasil penelitian Adriyati (2014) yang mempelajari komposisi bakteri *Bacillus subtilis* dengan metode pengkapsulan hydrogel dalam aplikasinya di beton pulih-sendiri (self-healing concrete).

Dalam proses perbaikan sifat tanah yang dimediasi oleh mikroba di bidang konstruksi bangunan infrastruktur lebih menekankan pada fenomena pengendapan kalsium (Ca). Proses ini berlangsung di dalam ruang pori dari matriks tanah dan pembentukan endapan mineral terkait yang mengubah sifat fisik dan kimia tanah akibat sementasi. Peningkatan pengendapan kalsit yang dikendalikan oleh

mikroba ureolitik dalam penutupan ruang pori merupakan proses utama dalam fenomena ini. Hidrolisis urea oleh mikroba memunculkan ion karbonat di tempat (in-situ) yang kemudian bereaksi dengan kalsium membentuk endapan mineral karbonat.

Dari proses ini mediasi mikroba mengubah sifat mekanis tanah, dalam hal ini penurunan permeabilitas (permeability), kemampuan tekan (compressability), dan tanggap volume (volumetric response) and peningkatan daya kekakuan (stiffness) dan daya geser (shear strength). Aktivitas metabolisme mikroba mempengaruhi saat, laju, dan lokasi pengendapan kalsium karbonat. Di sisi lain, reaksi kimia yang terjadi di dalam ruang pori tanah akan dipengaruhi oleh pH, konsentrasi bahan terlarut, dan daya tahan (resistivity) yang akan menghasilkan pengendapan secara an-organik. Proses selanjutnya adalah terjadinya biomineralisasi yang merupakan bagian proses dari pengendapan kalsit yang dikendalikan oleh enzim ureolitik.

#### **2.4 Uji Permeabilitas**

Permeabilitas didefinisikan sebagai bahan berpori yang memungkinkan aliran rembesan dari cairan yang berupa air atau minyak mengalir lewat rongga pori (Hardiyatmo, 2006). Pori-pori tanah saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya, sehingga air dapat mengalir dari titik dengan tinggi energi tinggi ke titik dengan tinggi energi yang lebih rendah. Untuk tanah pasir, permeabilitas dilukiskan sebagai sifat tanah yang mengalirkan air melalui rongga pori tanah pasir.

Pada tanah pasir, sifat aliran mungkin laminar atau turbulen. Tahanan terhadap aliran bergantung ukuran butiran, bentuk butiran, rapat massa, serta bentuk geometri rongga pori. Temperatur juga sangat mempengaruhi tahanan aliran (kekentalan dan tegangan permukaan). Walaupun secara teoritis semua jenis tanah lebih atau kurang mempunyai rongga pori, namun dalam prakteknya, istilah mudah meloloskan air (*permeable*) dimaksudkan untuk tanah yang benar-benar mempunyai sifat meloloskan air. Sebaliknya, tanah disebut kedap air (*impermeable*), bila kemampuan tanah meloloskan air sangat kecil.

Ada empat macam pengujian di Laboratorium untuk menentukan koefisien permeabilitas di laboratorium, yaitu:

1. Uji tinggi energi tetap (*constant-head*)
2. Uji tinggi energi turun (*falling-head*)
3. Penentuan secara tidak langsung dari uji konsolidasi
4. Penentuan secara tidak langsung dari uji kapiler horisontal.

#### **2.4.1 Uji Permeabilitas dengan Metode Constant Head**

Penelitian ini menggunakan pengujian permeabilitas dengan metode uji tinggi energi tetap (*constant head*). Prinsip pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.1 Tanah benda uji diletakkan di dalam silinder. Pada gambar tersebut tinggi energi hilang adalah  $h$ . Aliran air lewat tanah diatur. Banyak air yang keluar ditampung di dalam gelas ukuran. Waktu pengumpulan air dicatat.

Data pengamatan yang diperoleh, kemungkinan di substitusikan ke dalam

persamaan Darcy:

$$Q = q.t = k.i.A.t \dots \dots \dots (2-1)$$

Dengan  $A$  adalah luas penampang benda uji dan  $Q$  adalah volume air dalam gelas ukur. Karena  $i = h/L$ , dengan  $L$  adalah panjang benda uji atau pengaliran, maka:

$$Q = k.\left(\frac{h}{L}\right).A.t \dots \dots \dots (2-2)$$

Dari Persamaan 2.2 diperoleh:

$$K = \frac{Q.L}{h.A.t} \dots \dots \dots (2-3)$$

Suku persamaan di sebelah kanan diperoleh dari hasil pengujian. Dengan substitusi masing-masing nilainya, maka koefisien permeabilitas ( $k$ ) diperoleh. Koefisien permeabilitas pada temperatur tertentu,  $T$  ( $^{\circ}C$ ) juga dapat dituliskan dengan  $k = k_T$ .



**Gambar 2.1** Skema alat uji permeabilitas dengan metode *constant head*

**Tabel 2.1 Koefisien permeabilitas tanah (cm/s) pada temperatur 20°C,  $k_{20}$ .**

Jenis Tanah	$k_{20}$ (cm/s)
Butiran kasar	$10^{-1} - 10$
Kerikil halus, butiran kasar bercampur pasir butiran sedang	$10^{-4} - 10^{-1}$
Pasir halus, lanau longgar	$10^{-6} - 10^{-4}$
Lanau padat, lanau berlempung	$10^{-7} - 10^{-6}$
Lempung berlanau, lempung	$10^{-10} - 10^{-7}$

Sumber : Craig, 1994

Koefisien permeabilitas terutama tergantung pada ukuran rata-rata pori yang dipengaruhi oleh distribusi ukuran partikel, bentuk partikel, dan struktur tanah. Secara garis besar, makin kecil ukuran partikel, makin kecil pula ukuran pori dan makin rendah koefisien permeabilitasnya dan begitu juga sebaliknya. Beberapa kisaran nilai  $k$  dari berbagai jenis tanah ditunjukkan dalam Tabel 2.1 Koefisien permeabilitas tanah biasanya dinyatakan pada temperatur 20 °C.

Pada sembarang temperatur  $T$ , koefisien permeabilitas  $k$  dapat diperoleh dari persamaan:

$$\frac{k_{20}}{k_T} = \frac{(\gamma_{20})(\mu_T)}{(\gamma_{WT})(\mu_{20})} \dots \dots \dots (2-4)$$

dengan,

$k_T, k_{20}$  = berturut-turut koefisien permeabilitas pada  $T^\circ$  dan 20°C

$\gamma_{wT}, \gamma_{w20}$  = berturut-turut berat volume air pada  $T^\circ$  dan 20°C

$\mu_T, \mu_{20}$  = berturut-turut koefisien kekentalan (viskositas) air pada  $T^\circ$  dan 20°C

Jika nilai  $\gamma_{wT}/\gamma_{w20}$  mendekati 1, maka Persamaan 2.4 menjadi

$$k_{20} = k_T \frac{\mu_T}{\mu_{20}} \dots\dots\dots (2-5)$$

## 2.5 Parameter Kuat Geser Tanah

Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisa kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910), kondisi reruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dari tegangan normal dan tegangan geser. Hubungan fungsi antara tegangan normal dan tegangan geser pada bidang runtuhnya, dinyatakan oleh persamaan :

$$\tau = f(\sigma) \dots\dots\dots (2-6)$$

dengan  $\tau$  adalah tegangan geser pada saat terjadinya keruntuhan atau kegagalan (*failure*), dan  $\sigma$  adalah tegangan normal pada saat kondisi tersebut.

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh:

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak bergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser.
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya.

Parameter kuat geser tanah ditentukan dari uji-uji laboratorium pada benda uji yang diambil dari lapangan yaitu dari hasil pengeboran tanah yang dianggap mewakili. Tanah yang diambil dari lapangan harus diusahakan tidak mengubah

kondisinya, terutama pada contoh asli, karena harus tetap menjaga kadar air dan susunan tanah seperti halnya keadaan di lapangan. Coulomb (1776) mendefinisikan  $f(\sigma)$  sebagai:

$$f(\sigma) = \tau = c + \sigma \tan \varphi \dots\dots\dots(2-7)$$

dengan,

$\tau$  = kuat geser tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$\varphi$  = sudut geser dalam tanah atau sudut geser intern (derajat)

$\sigma$  = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m<sup>2</sup>)



**Gambar 2.2 Kriteria kegagalan Mohr-Coulomb**

Persamaan 2.7 disebut kriteria keruntuhan atau kegagalan Mohr- Coulomb, di mana garis selubung kegagalan dari persamaan tersebut dilukiskan dalam bentuk garis lurus pada Gambar 2.2. Jika kedudukan tegangan-tegangan baru mencapai titik P, keruntuhan tanah akibat geser tidak akan terjadi. Keruntuhan geser akan terjadi jika tegangan- tegangan mencapai titik Q yang terletak pada garis selubung kegagalan (*failure envelope*). Kedudukan tegangan yang

ditunjukkan oleh titik R tidak akan pernah terjadi, karena sebelum tegangan yang terjadi mencapai titik R, bahan sudah mengalami keruntuhan.

Tegangan efektif yang terjadi di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh tekanan air pori. Terzaghi (1925) mengubah persamaan Mohr-Coulomb dalam bentuk tegangan efektif sebagai berikut:

$$\tau = c' + (\sigma - u)\tan \varphi' \dots\dots\dots (2-8)$$

Karena,  $\sigma' = \sigma - u$ , maka

$$\tau = c' + \sigma'\tan \varphi' \dots\dots\dots (2-9)$$

dengan,

$\tau$  = kuat geser tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$c'$  = kohesi tanah efektif (kN/m<sup>2</sup>)

$u$  = tekanan air pori (kN/m<sup>2</sup>)

$\varphi'$  = sudut geser dalam tanah efektif (derajat)

$\sigma'$  = tegangan normal pada bidang runtuh (kN/m<sup>2</sup>)

Ada beberapa cara untuk menentukan parameter kuat geser tanah di laboratorium, yaitu :

1. Uji geser langsung (*direct shear test*)
2. Uji triaksial (*triaxial test*)
3. Uji tekan bebas (*unconfined compression test*)

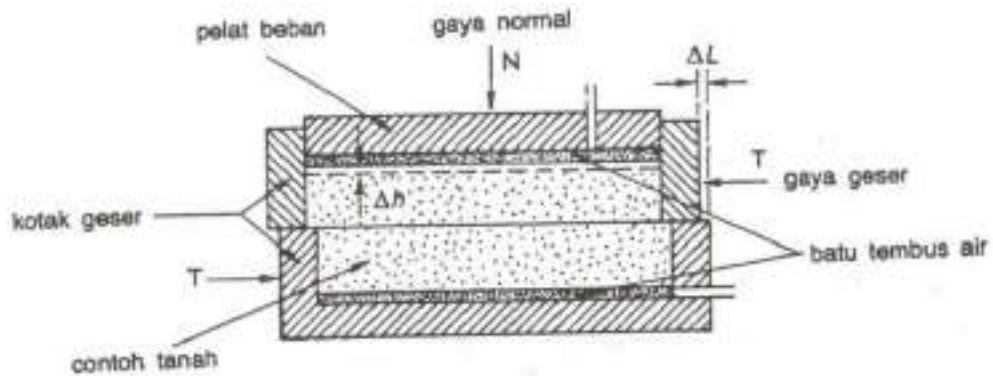
Pada penelitian ini pengujian untuk menentukan parameter kuat geser

pada tanah yang dipilih adalah dengan uji geser langsung (*direct shear test*), alasannya karena sederhana dan sesuai untuk tanah-tanah granular.

### 2.5.1 Uji Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pada penelitian ini cara untuk menentukan kuat geser tanah yang dipilih adalah uji geser langsung (*direct shear test*). Diagram skematis dari alat uji geser langsung diperlihatkan pada Gambar 2.8 Peralatan pengujian meliputi kotak geser dari besi, yang berfungsi sebagai tempat benda uji. Kotak geser tempat benda uji dapat berbentuk lingkaran, dengan luas,  $A = 28,274 \text{ cm}^2$  dengan tinggi,  $h = 2 \text{ cm}$ . Kotak terpisah menjadi 2 bagian yang sama. Kelebihan tekanan air pori akibat adanya beban yang bekerja di atas tanah pasir dalam kondisi jenuh adalah nol. Hal ini disebabkan tanah pasir mempunyai permeabilitas besar, sehingga pada kenaikan beban, air pori relatif lebih cepat menghambur ke luar tanpa menimbulkan tekanan yang berarti. Jadi, dapat dianggap bahwa kondisi pembebanan pada tanah pasir akan berupa pembebanan pada kondisi terdrainase.

Benda uji menjadi cukup mengembang saat mencapai tegangan batasnya dimana tegangan geser menjadi konstan. Pada pasir yang padat, sudut geser antar butir besar, sedangkan pasir yang tidak padat, sudut geser antar butir kecil sehingga kenaikan tegangan geser secara berangsur-angsur akan menghasilkan suatu nilai yang menuju nilai tegangan batas, dengan tidak ada nilai tegangan geser puncak. Tiap kenaikan tegangan geser, akan diikuti oleh pengurangan volume benda uji. Nilai sudut geser dalam efektif,  $\phi'$ , pada masing-masing jenis tanah pasir diperlihatkan pada Tabel 2.2.



**Gambar 2.3 Skema contoh tanah setelah tergeser**



**Gambar 2.4 Skema alat uji geser langsung**

Uji geser langsung dapat bekerja dalam beberapa kondisi. Sampel dalam keadaan saturasi normal sebelum tes dijalankan dan dapat juga bekerja dalam keadaan kadar air di lapangan. Beberapa spesimen tanah diujikan dalam beragam tegangan normal untuk mendapatkan parameter kuat geser, seperti nilai kohesi tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Dalam uji geser langsung terdapat dua gaya yang bekerja, pada tegangan normal ( $\sigma_n$ ) yang bekerja adalah *beban vertikal*,  $P_v$ , dan pada tegangan geser ( $\tau$ ) yang bekerja adalah *beban horizontal*,  $P_h$ . Tegangan-tegangan ini secara sederhana dapat dituliskan:

$$\sigma = \frac{P_v}{A} \dots\dots\dots (2-10)$$

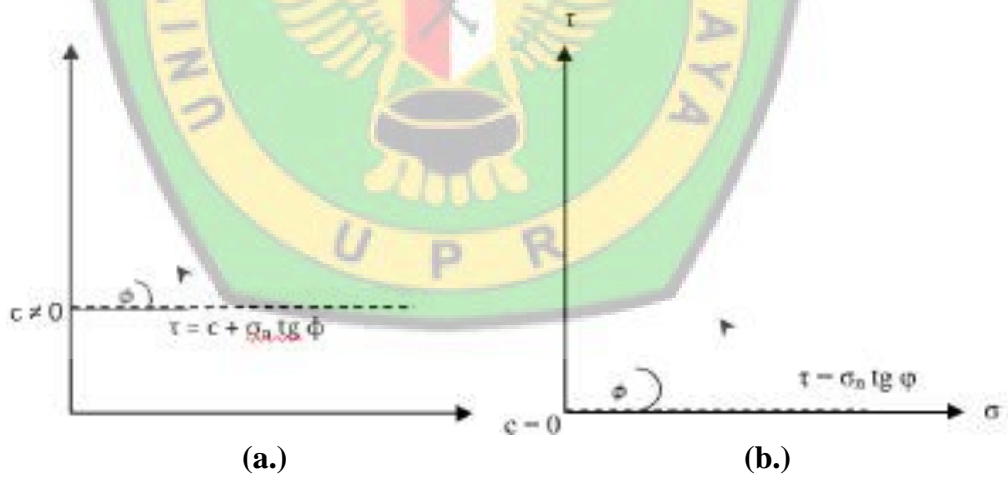
$$\tau = \frac{P_h}{A} \dots\dots\dots (2-11)$$

dimana  $A$  adalah nilai dari luas area relatif spesimen (*shearbox*). Luas area yang dimaksud tidak konstan karena mekanisme perpindahan ( $\Delta L$ ) akibat gaya geser dari setengah bagian kotaknya. Sudut dari tahanan geser ( $\phi$ ) menurut kriteria dari kekuatan geser Mohr-Coulomb dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\tan \phi = \frac{\tau}{\sigma_n} = \frac{T}{N} \dots\dots\dots (2-12)$$

$$\phi = \arctan \left( \frac{\tau}{\sigma_n} \right) \dots\dots\dots (2-13)$$

Sudut geser dalam ini adalah rasio dari tegangan-tegangan yang akan terukur dan terekam dalam pengujian geser langsung, akibat bekerjanya gaya-gaya vertikal ( $P_v$ ) dan horizontal ( $P_h$ ). Gambar 2.5 adalah grafik yang menggambarkan kriteria Mohr-Coulomb dari hasil pengolahan data uji geser langsung untuk tanah kohesif dan non-kohesif.



**Gambar 2.5** Grafik pengolahan data uji geser langsung berdasarkan kriteria Mohr- Coulomb pada sampel tanah dengan (a.) tanah kohesif,  $c \neq 0$ ; dan (b.) tanah non-kohesif,  $c = 0$

**Tabel 2.2 Nilai sudut geser dalam efektif ( $\phi'$ ) untuk jenis tanah pasir.**

Macam	Sudut geser dalam efektif ( $\phi'$ )	
	Tidak padat	Padat
Pasir bulat, seragam	27°	35°
Pasir gradasi baik, bentuk bersudut	33°	45°
Kerikil berpasir	38°	50°
Pasir berlanau	20° - 30°	28° - 34°

Sumber: Bowles, 1986

Tegangan-tegangan yang tercatat dari hasil pengolahan data-data uji geser langsung berdasarkan kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb dapat dituliskan sebagai persamaan :

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \dots\dots\dots (2-14)$$

sedangkan untuk tanah non-kohefif ( $c = 0$ ) dapat dituliskan sebagai :

$$\tau = \sigma_n \tan \phi \dots\dots\dots (2-15)$$

Uji geser langsung adalah pengujian yang sederhana, sesuai untuk tanah-tanah granular, sekaligus pengujian yang memiliki beberapa kekurangan yaitu kondisi pengaliran (*drainasi*) yang tidak dapat dikontrol, tegangan normal total saja yang dapat diukur, geser murni yang dihasilkan pada contoh hanya ditentukan dengan perkiraan, dan tegangan geser pada bidang runtuh yang tidak merata.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, penelitian yang berjudul “ Pengaruh Jamur Rhipozus Oligosporus Terhadap Kuat Geser Dan Permeabilitas

Tanah Gambut “ ini belum pernah dilakukan. Tetapi ada kemungkinan penelitian ini pernah dilakukan pada pernah dilakukan pada daerah yang berbeda.

Oleh karena itu, perlu membandingkan penelitian yang serupa untuk memastikan bahwa judul penelitian dan lokasi penelitian tersebut belum pernah digunakan untuk tugas akhir maupun jurnal. Berikut ini beberapa penelitian tugas akhir ataupun jurnal yang serupa yang pernah dilakukan terkhusus untuk stabilitas tanah gambut:

**Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu**

No.	Mikroorganisme	Obyek	Hasil	Referensi
1.	Bacillus pasteurii	Remediasi Rekahan Granit	Rekahan granit dapat diremediasi dengan bakteri dicampur dengan debu silika dan pasir	Gollapudi <i>et al.</i> (1995), Zhong and Islam (1995)
2.	Bacillus pasteurii teramobil pada Polyurethane Foam	Remediasi Rekahan Konkret	1. Tidak terjadi peningkatan kekuatan regangan ( <i>tensile strength</i> ) dan modulus elastik. 2. Peningkatan kekuatan kompresi ( <i>compressive strength</i> )	Bang et. al. (2001)
3.	Bacillus pasteurii ATCC 11859 dan Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	Remediasi Rekahan Konkret	Peningkatan Kuat Mampat ( <i>Compressive Strength</i> ) dan Kekakuan Kubus Mortar Semen	Ramachandran et. al. (2001)

No.	Mikroorganisme	Obyek	Hasil	Referensi
4.	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> CMB01	Konservasi batuan ornamental dan karya seni	Produksi dan Pencetakan kristal kalsit dalam bentuk butiran	Lee (2003)
5.	<i>Bacillus pasteurii</i>	Perbaikan Kondisi Tanah	Peningkatan Kekakuan Tanah ( <i>Shear Wave Velocity</i> dan <i>Undrained Shear Strength</i> )	De Jong (2006)
6.	<i>Sporosarcina pasteurii</i> (DSMZ 33)	Perbaikan Kondisi Tanah	1. Peningkatan kekuatan dan kekakuan tanah 2. Perbaikan kapasitas penahan muatan ( <i>load bearing capacity</i> ) pada tanah tanpa membuat tanah <i>impermeabel</i> terhadap fluida.	Whiffin <i>et al.</i> (2007)
7.	<i>Sporosarcina pasteurii</i> (DSMZ 33)	Perbandingan kandungan $\text{CaCO}_3$ dengan kekuatan	Peningkatan <i>unconfined compressive strength</i> sejalan dengan peningkatan kandungan $\text{CaCO}_3$	Harkes <i>et al.</i> (2008)

Sumber : Alam Tronics, 2011

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Penelitian ini menggunakan metode *bioremediasi* untuk mengetahui efektivitas campuran jamur *Rhizopus oligosporus* sebagai bahan alternatif kuat geser dan permeabilitas tanah gambut. Pengujian pada sampel akan dilakukan di PT. Cemara Geo Engineering Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

#### 3.2 Bahan Penelitian

##### 1. Tanah Gambut

Dalam penelitian ini sampel tanah yang digunakan adalah tanah gambut yang berasal dari Kelurahan Bereng Bengkel, Kecamatan Sebangau, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

##### 2. Jamur *Rhizopus oligosporus*

Jamur *Rhizopus oligosporus* yang digunakan dalam penelitian ini adalah inokulum tempe disebut juga sebagai ragi tempe.

##### 3. Air

Air yang dipakai adalah air PDAM yang ada di PT. Cemara Geo Engineering Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.

### 3.3 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut : cawan, timbangan, oven, palu penumbuk, saringan, satu set mould, alat pemadat, satu set alat geser langsung (direct shear apparatus), satu set alat uji tinggi energi tetap (*constant head*) dan mikroskop digital.

### 3.4 Cara Pencampuran

Campuran direncanakan menggunakan presentase tanah gambut dicampur dengan Jamur *rhizopus oligosporus* dengan presentase sebesar 10% dari berat tanah dan masa pemeraman yaitu selama 5 hari, 10 hari, 15 hari dan 30 hari sebelum dilakukan pengujian yang lainnya.

**Tabel 3.1 Jumlah Benda Uji untuk Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah**

Jenis Pemeriksaan	Jumlah Benda Uji
Kadar Air (w)	2 Benda Uji
Berat Volume	2 Benda Uji
Berat Jenis (Gs)	2 Benda Uji
Analisa Saringan	1 Benda Uji
Kadar Serat	1 Benda Uji
<b>Jumlah</b>	<b>8 Benda Uji</b>

Sumber : Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah

**Tabel 3.2 Jumlah Benda Uji untuk Pemeriksaan Sifat Mekanika Tanah dengan Campuran Jamur *Rhizopus Oligosporus***

Bahan Campuran (Jamur <i>Rhizopus Oligosporus</i> )	Masa Pemeraman (Hari)	Jumlah Benda Uji
		Uji Geser Langsung
10%	5 hari	3 Benda Uji
10%	10 hari	3 Benda Uji
10%	15 hari	3 Benda Uji
10%	30 hari	3 Benda Uji

Sumber : Buku Panduan Praktikum Mekanika Tanah

### 3.5 Proses Pengujian

#### 3.5.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

Pemeriksaan tanah gambut meliputi pengujian indeks properties tanah yang dilakukan di Laboratorium PT. Cemara Geo Engineering. Tahapan ini merupakan pengujian properties tanah untuk menentukan klasifikasi tanah sebelumnya melakukan pengujian utama. Pengujian yang dilakukan antara lain:

##### 3.5.1.1 Pengujian Kadar Air (Moisture Content Test) ASTM D-2216-71

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

Berikut adalah prosedur perhitungan:

$$\text{Kadar } W(\%) = \frac{W_{wet} - W_{dry}}{W_{dry}} \times 100\% \dots \dots \dots (3-1)$$

Dimana:

$W(\%)$  : Kadar air (%)

$W_{wet}$  : Berat tanah basah (gr)

$W_{dry}$  : Berat tanah kering (gr)

### 3.5.1.2 Pengujian Volume (Berat Isi, Angka Pori dan Derajat Kejenuhan)

#### ASTM D 2216-71

- a. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat isi, angka pori serta derajat kejenuhan tanah asli yang merupakan perbandingan antara berat butiran tanah termasuk air dan udara dengan volume totalnya.
- b. Prosedur Perhitungan
  1. Berat isi tanah gambut dengan dihitung dengan persamaan:

$$\gamma = \frac{W}{V} \dots \dots \dots (3-2)$$

Dimana :

$\gamma$  : Berat isi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W$  : Berat tanah (gr)

$V$  : Volume tanah ( $\text{cm}^3$ )

2. Berat volume basah ( $gb$ )

$$\gamma_b = \frac{w}{v} \dots \dots \dots (3-3)$$

$\gamma_b$  : Berat isi ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$W$  : Berat tanah (gr)

$V$  : Volume tanah (cm<sup>3</sup>)

3. Berat volume kering (gd)

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \dots\dots\dots (3-4)$$

$\gamma_d$  : Berat volume padat (gr/cm<sup>3</sup>)

$W_s$  : Berat butiran padat (gr)

$V$  : Volume total (cm<sup>3</sup>)

4. Berat volume padat (gs)

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots (3-5)$$

$\gamma_s$  : Berat volume butiran padat (gr/cm<sup>3</sup>)

$W_s$  : Berat butiran padat (gr)

$V_s$  : Volume butiran padat (cm<sup>3</sup>)

5. Angka pori ( $e$ )

$$e = \frac{W_s}{V_s} \dots\dots\dots (3-6)$$

Dimana:

$e$  : Angka pori

$V_v$  : Volume pori (cm<sup>3</sup>)

$V_s$  : Volume butiran padat (cm<sup>3</sup>)

6. Derajat kejenuhan ( $S_r$ )

$$S_r(\%) = \frac{v_w}{v_v} \times 100\% \dots\dots\dots (3-7)$$

Dimana:

$S_r$  : Derajat kejenuhan (%)

$V_w$  : Volume air (cm<sup>3</sup>)

$V_s$  : Volume pori (cm<sup>3</sup>)

7. Porositas ( $n$ )

$$n = \frac{v_v}{v} \dots\dots\dots (3-8)$$

Dimana :

$n$  : Porositas

$V_v$  : Volume pori (cm<sup>3</sup>)

$V$  : Volume total (cm<sup>3</sup>)

**3.5.1.3 Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity Test*) ASTM D-854-72**

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

b. Prosedur Perhitungan

Perhitungan berat jenis sebagai berikut:

$$G_s = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots (3-9)$$

Dimana:

$W_1$  : Berat piknometer (gram)

$W_2$  : Berat piknomter dengan bahan kering (gram)

$W_3$  : Berat piknometer, bahan dan minyak tanah (gram)

$W_4$  : Berat piknometer dan minyak tanah (gram)

Apabila hasil pemeriksaan berbeda lebih dari 0,3 pemeriksaan harus diulang.

### 3.5.1.4 Pemeriksaan Analisa Saringan (*Seave Analysis*) ASTM D 4427-87

- a. Pengujian ini digunakan untuk menentukan presentase berat butiran yang lolos dalam suatu set saringan, dengan mengetahui pembagian besarnya butir dari suatu tanah, maka dapat ditentukan klasifikasi terhadap suatu jenis tanah. Dan digambarkan dengan grafik pe (American Society for Testing and Material, 1984)mbagian butir.
- b. Prosedur Perhitungan:

$$\text{Berat tertahan (gr)} = (\text{Berat saringan} + \text{Berat tertahan}) - (\text{Berat saringan}) \quad (3-10)$$

$$\text{Jumlah berat tertahan (gr)} = \text{Berat tanah tertahan} + \text{Berat tanah tertahan berikutnya} \quad (3-11)$$

$$\text{Persentase berat tertahan (\%)} = \frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Jumlah berat sampel}} \times 100 \quad (3-12)$$

$$\text{Persentase (\%)} = 100 - \text{Persentase berat tertahan} \quad (3-13)$$

### 3.5.1.5 Pengujian Kadar Serat (*Fiber Content*) ASTM D 1997-91

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar serat dari tanah gambut.

Klarifikasi tanah gambut berdasarkan kadar serat, yaitu:

- *Fibric-peat*, bila kadar serat lebih besar dari 67 %.
- *Hemic-peat*, bila kadar serat 33-67 %.
- *Sapric-peat*, bila kadar serat lebih kecil dari 33 %.

### 3.5.2 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

#### 3.5.2.1 Uji Kekuatan Geser Langsung (*Direct Shear Test*) ASTM D 3080-72

- a. Uji geser langsung ini bertujuan untuk mengetahui nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser ( $\phi$ ) dari tanah masing-masing variasi campuran. Parameter ini dipakai untuk menghitung kuat geser. Pengujian kuat geser langsung ini dilakukan pada campuran jamur *Rhizopus oligosporus* dan tanah gambut.

- b. Prosedur Perhitungan:

- Gaya Geser:

$$\text{Gaya geser} = \text{Dial reading} \times \text{Kalibrasi} \dots\dots\dots (3-18)$$

- Tegangan Geser:

$$\text{Tegangan geser } (\tau_1) = \frac{\text{Gaya geser}}{\text{Luas benda uji}} \dots\dots\dots (3-19)$$

- Tegangan Geser Maksimum:

$$\tau = \frac{P_{maks}}{A} \dots\dots\dots (3-20)$$

Dimana:

$\tau$  : Tegangan geser ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$P_{maks}$  : Gaya maksimum (kg)

$A$  : Luas bidang geser benda uji ( $\text{cm}^2$ )

Buat grafik hubungan antara tekanan normal ( $\sigma$ ) dengan tegangan geser maksimum ( $\tau$ ). Hubungkan ketiga titik yang diperoleh sehingga membentuk garis lurus memotong sumbu vertikal pada harga kohesi ( $c$ ) dan memotong sumbu horisontal tegangan normal ( $\sigma$ ) dengan sudut geser tanah ( $\phi$ ) sesuai dengan persamaan:

- Kuat geser tanah ( $\tau$ ) =  $c + \sigma \tan \phi$ ..... (3-21)

Dengan:

- $\tau$  : Kuat geser tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $c$  : Kohesi tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\sigma$  : Tegangan normal ( $\text{kg/cm}^2$ )
- $\phi$  : Sudut geser dalam ( $^\circ$ )

### 3.5.2.2 Uji Permeabilitas dengan Metode *Constant Head* (ASTM D 2434 – 68)

- Pengujian ini diperuntukan pada tanah yang memiliki permeabilitas tinggi. Parameter ini dipakai untuk mendapatkan nilai koefisien permeabilitas ( $k$ ) dari campuran jamur *Rhizopus oligosporus* dan tanah gambut.

- Prosedur Perhitungan:

$$k = \frac{Q}{A x i x t} ; i = \frac{h}{L} \dots \dots \dots (3-27)$$

- $k$  : Koefisien permeabilitas
- $Q$  : Volume air yang terkumpul
- $L$  : Panjang/tinggi sampel (tanah uji)
- $A$  : Luas area *chamber*
- $h$  : Beda tinggi antara tinggi air air di dalam *burette* dalam keadaan *constant* dengan *chamber outflow level* (pipa saluran pembuang).
- $t$  : Waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan volume  $Q$ .

### 3.5.2.3 Prosedur Pengujian

Pengujian permeabilitas dengan metode *constant head* dilakukan sesuai ASTM D 2434 – 68. Prosedur pengujian meliputi tahapan menyiapkan contoh tanah:

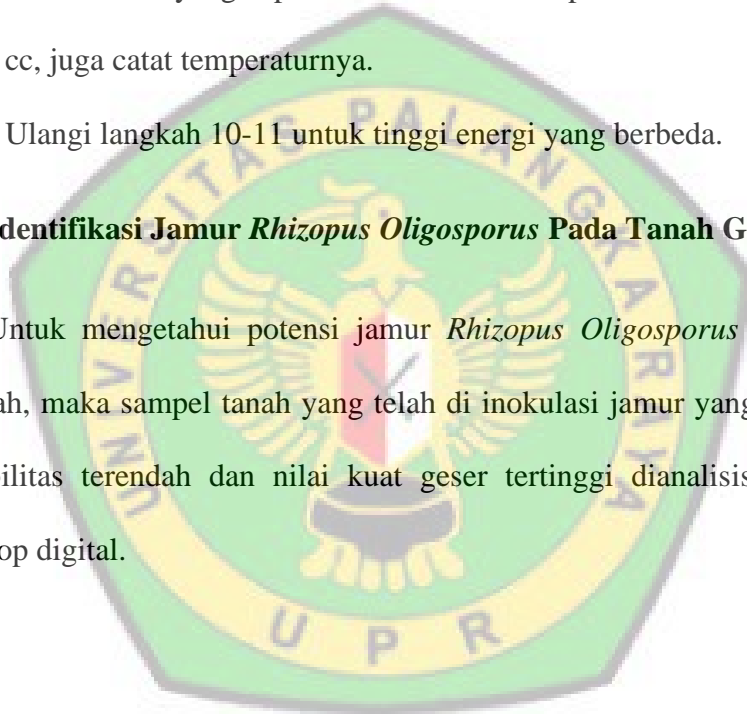
Urutan pelaksanaan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Ukur diameter (d) dan tinggi (t) tabung silinder contoh tanah.
2. Ukur tebal kedua batu pori, dan letakkan batu pori bawah didasar silinder.
3. Timbang contoh tanah dalam keadaan kering udara sesuai dengan kepadatan yang direncanakan.
4. Masukkan contoh tanah sedikit demi sedikit (lapis berlapis) dan padatkan.
5. Pasang batu pori diatasnya, dan ukur sisa jaraknya ke tepi atas tabung silinder untuk mengetahui Panjang contoh tanah (L).
6. Pasang pegas diatas batu pori dan penutup atas tabung silinder serta kencangkan baut pengunci.
7. Hubungkan selang pada corong dan isilah corong dengan aquades, usahakan agar pada selang tidak ada udara terperangkap (pada keadaan ini, hubungan antara selang dan tabung silinder tertutup).
8. Buka lipatan selang sehingga air dapat mengalir dari corong ke tabung silinder dan keluar dari saluran tabung silinder, tunggu beberapa waktu hingga didapat kondisi aliran konstan.

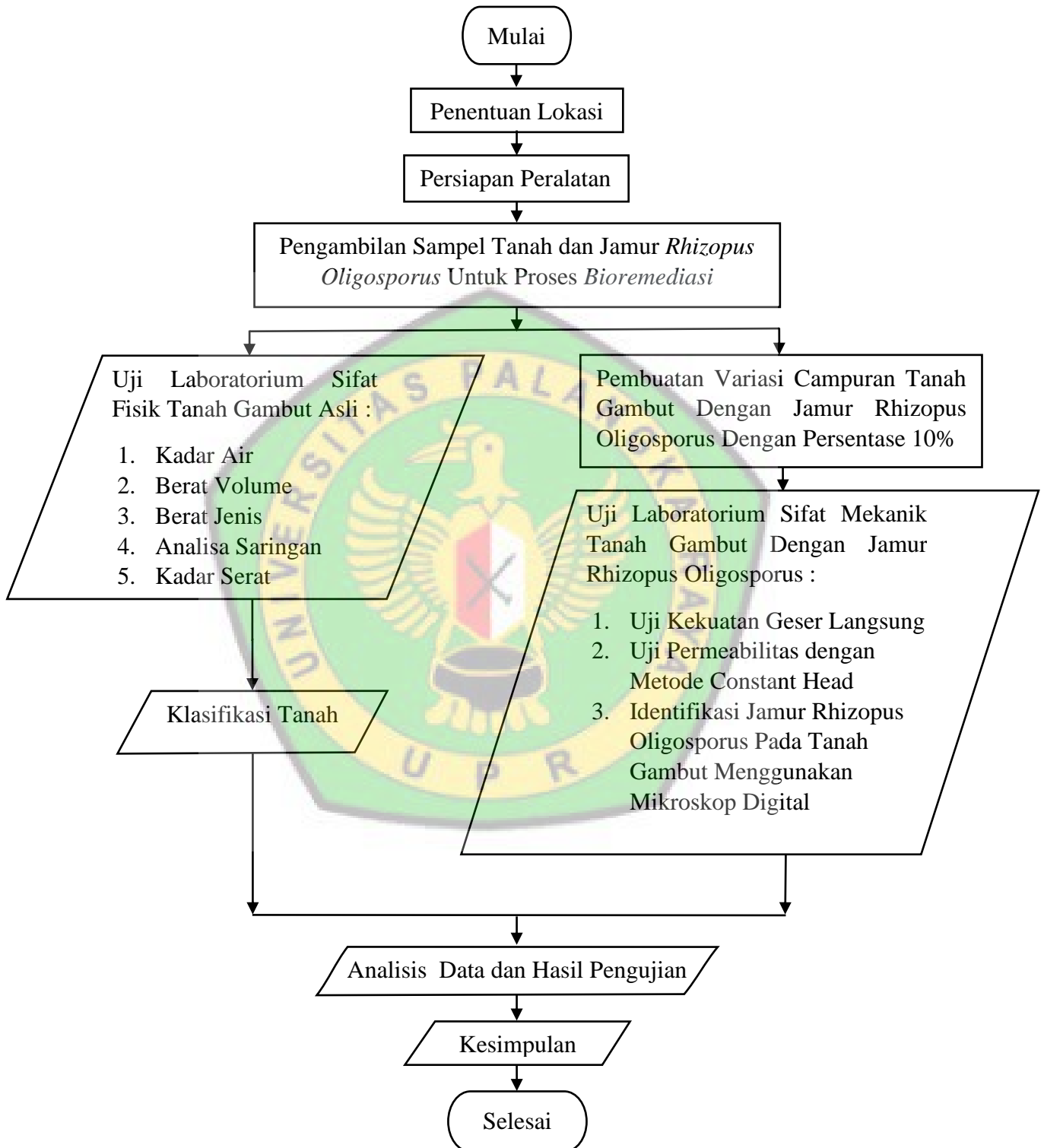
9. Atur tinggi corong untuk mendapatkan energi tetap yang diinginkan (dapat dilihat pada mistar pengukur).
10. Dengan keadaan air tetap mengalir dari corong ke silinder dan dengan mempertahankan permukaan air pada corong senantiasa tetap, letakkan gelas pengukur di bawah saluran keluar (pada sisi atas tabung silinder) dan bersamaan dengan itu jalankan pencatat waktu.
11. Catat waktu yang diperlukan untuk mendapatkan volume air sebesar  $Q$  cc, juga catat temperaturnya.
12. Ulangi langkah 10-11 untuk tinggi energi yang berbeda.

### 3.5.3 Identifikasi Jamur *Rhizopus Oligosporus* Pada Tanah Gambut

Untuk mengetahui potensi jamur *Rhizopus Oligosporus* dalam mengisi pori tanah, maka sampel tanah yang telah di inokulasi jamur yang memiliki nilai permeabilitas terendah dan nilai kuat geser tertinggi dianalisis menggunakan mikroskop digital.



### 3.6 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pemeriksaan sifat fisik tanah, tanah gambut di daerah Jalan Bereng Bengkel Kota Palangka Raya memiliki nilai kadar air sebesar  $w = 248,99\%$ , kadar serat sebesar  $23,5\%$ , berat jenis sebesar  $G_s = 1,5$ , berat isi tanah sebesar  $\gamma = 1,01 \text{ g/cm}^3$ , angka pori sebesar  $e = 6,09$ , derat kejenuhan sebesar  $S_r = 93,04\%$ , porositas sebesar  $n = 0,86$  dan saringan lolos no. 200 sebesar  $13,44\%$ . Menurut sistem klasifikasi ASTM D-4427 (Nugroho, 2012), tanah gambut yang mempunyai nilai kadar air sebesar  $248,99\% < 300\%$  termasuk dalam kategori daya serap kecil terhadap air, berdasarkan nilai kadar serat sebesar  $23,5\% < 33\%$  termasuk ke dalam kategori Sapric (gambut matang). Untuk nilai berat jenis tanah gambut didapatkan yakni sebesar  $1,5$  hal ini sesuai dengan kategori berat jenis tanah gambut yaitu  $1,25 - 1,80$  (Hardiyanto, 2022).
2. Dari hasil pengujian kuat geser langsung, nilai kohesi mengalami kenaikan yang signifikan menjadi  $11,5\%$  dengan nilai sebesar  $0,086 \text{ kg/cm}^2$  pada pemeraman ke 15 hari dan nilai sudut geser mengalami penurunan menjadi  $-1,4\%$  dengan nilai sebesar  $9,090^\circ$  pada pemeraman ke 5 hari serta mengalami penurunan menjadi  $-4,6\%$  dengan nilai sebesar  $5,710^\circ$  pada

pemeraman ke 10 hari, penurunan nilai sudut geser disebabkan miselium jamur *Rhizopus Oligosporus* pada sampel tanah gambut belum tumbuh merata dan berefek pada kurangnya daya rekat antar partikel tanah gambut. Setelah memasuki pemeraman ke 15 hari sudut geser meningkat menjadi 6,2% dengan nilai sebesar  $17,223^\circ$  dan pada pemeraman ke 30 hari sudut geser meningkat menjadi 13,3% dengan nilai  $24,820^\circ$ . Sedangkan hasil dari pengujian permeabilitas, titik koefisien permeabilitas mengalami penurunan yang signifikan menjadi -13,4% dengan nilai sebesar 0,000284 cm/detik pada pemeraman ke 15 hari. Peningkatan ( $c$ ) dalam sampel tanah disebabkan oleh miselium ikatan antar partikel Jamur *Rhizopus Oligosporus*. Berdasarkan pengujian kuat geser langsung dan pengujian permeabilitas *constant head*, miselium jamur *Rhizopus Oligosporus* memberikan kontribusi untuk meningkatkan kohesi tanah untuk batas tertentu. Akibatnya, sudut gesekan internal akan sedikit berkurang dan berpengaruh pada penurunan kecepatan rembesan air pada tanah.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian dan analisis data yang dilakukan, maka disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Setiap tanah dasar pada tiap daerah memiliki sifat fisik yang berbeda, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian sifat fisik tanah.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan jamur *Rhizopus Oligosporus* terhadap kuat geser dan permeabilitas tanah.

3. Diharapkan penelitian lebih lanjut dengan penambahan variasi persentase jamur serta penambahan waktu lama pemeraman agar dapat lebih bereaksi.
4. Pengawasan yang maksimal perlu dilakukan pada pelaksanaan pembuatan sampel di laboratorium dan juga perlu diperhatikan kondisi peralatan yang digunakan pada saat penelitian sehingga diperoleh data yang akurat.



## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Material, 1984. *Standard Test Method For Standard Classification of Peat Samples by Laboratorium Testing (ASTM D 4427)*, Philadelphia. P.A.: ASTM Designation.
- American Society for Testing and Material, 1989. *Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head) (ASTM D 2434-68)*, Philadelphia. P.A.: ASTM Designation.
- Anon., 2009. Bio-Mediated Soil Improvement. *Ecological Engineering*, Volume 36, pp. 197-210.
- ASTM International , 1972. *Standart Test Method of Test For Liquid Limit of Soil (ASTM D 423)*, United States: ASTM International.
- ASTM International, 1982. *Standart Method of Test For Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil (ASTM D 2166)*, United States: ASTM International .
- ASTM International, 2002. *Standart Test Method For Specific Gravity of Soil by Water Pycnometer (ASTM D 854)*, United States: ASTM International.
- ASTM International, 2003. *Standart Method of Test for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditional (ASTM D 3080)*, United States : ASTM International .
- ASTM International, 2005. *Standart Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass (ASTM D 2216)*, United States: ASTM International.
- Asyiah E, Nurvita, P., 2007. *Studi Karakteristik Gambut Akibat Uji Konsolidasi Dengan Menggunakan Aditif Semen*, Depok 2006: Skripsi.
- Bang S.S. and Ramakrishnan, V. , 2001. Microbiologically-Enhanced Crack Remediation (MECR). *Proceedings Of The International Symposium On Industrial Application Of Microbial Genomes*, pp. 3-13.
- Bang, S., Johnna K. Galinat, dan Ramakrishnan, V, 2001. Calcite Precipitation induced by polyurethane-Immoobilized Bacillus pasteurii. *Enzyme and Microbial Technology*, Volume 28, pp. 404-409.
- Bowless, J. E dan Johan K. Hainim, 1991. *Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*, Jakarta: PT. Erlangga.

- De Jong J.T., Fritzges MB. & Nusslein K, 2006. Microbially Induced Cementation to Control Sand Response to Undrained Shear. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 132(11), pp. 1381-1392.
- Edi Setianto, T., Muslih P, Y. & Setyawan, B., 2017. Studi Pengaruh Mikrobakteri Terhadap Permeabilitas dan Kuat Geser Tanah Lempung Dengan Variasi Waktu Pemeraman. *e-JurnalMatriks Teknik Sipil*, 5(1), pp. 280-288.
- Gollapudi, U.K., Knutson, C.L., Bang S. S. & Islam, M.R, 1995. A New Method for Controlling Leaching Through Permeable Channels. *Chemosphere*, Volume 30, pp. 695-705.
- Gollapudi, U., Knutson, C., Bang, S. & Islam, M., 1995. A New Method for Controlling Leaching Through Permeable Channels. *Chemosphere*, 30(4), pp. 695-705.
- Hardiyatmo, H. C, 1992. *Mekanika Tanah I*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Harkes, M.P. et al, 2008. *Microbial Induced Carbonate Precipitation as Ground Improvement Method - Bacterial Fixation and Empirical Correlation  $CaCO_3$  vs Strength*. The Netherlands, Proceeding of The 1st International Conference BioGeoCivil Engineering. 23 - 25 June 2008.
- Hobbs, N. B., 1986. *Mire Morphology and the Properties and Behavior of Some British and Foreign Peats*, Eng: Q.J.
- Lee, Young Nam, 2003. Calcite Production by *Bacillus amyloliquefaciens* CMB01. *The Journal of Microbiology*, 41(4), pp. 345-348.
- Lim, A., Atmaja, P. C. & Rustiani, S., 2020. Bio-Mediated Soil Improvement Of Loose Sand With Fungus. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 12(1), pp. 180-187.
- Ramachandran, S., Ramakrishnan, V. & Bang, S., 2001. Remediation of Concrete Using Micro-organism. *American Concrete Institute Materials Journal*, Volume 98, pp. 3-9.
- Tarzaghi, Karl dan Pack, R. B, 1947. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa, Jilid I*, Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Tronics, A., 2011. *Studi Awal Pemanfaatan Teknik Biogrouting Pada Tanah Pasir Untuk Proses Sementasi*, Depok: Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Whiffin, V. S., Paassen, L. A. v. & Harkes, M. P., 2007. Microbial Carbonate Precipitation as a Soil Improvement Technique. *Geomicrobiology Journal*, Volume 24, pp. 417-423.

Wipradnyadewi, P. A. S., Rahayu, E. S. & Raharjo, S., 2004. *Isolasi dan Identifikasi Rhizopus Oligosporus Pada Beberapa Inokulum Tempe*. Yogyakarta, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM.

