

**SKRIPSI**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK ARANG  
KAYU DAN SERAT KARUNG PLASTIK TERHADAP  
NILAI CBRLABORATORIUM PADA TANAH  
LEMPUNG**

Oleh :

**ROLENSI WULANDARI**  
NIM. DAB 116 136



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK  
SIPIILFAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
2022**

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK ARANG KAYU DAN SERAT KARUNG  
PLASTIK TERHADAP NILAI CBR LABORATORIUM PADA TANAH LEMPUNG**

oleh

**ROLENSI WULANDARI**  
NIM. DAB 116 136

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

Palangka Raya, Maret 2022

Pembimbing Utama



**Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.**  
NIP. 19570706 198701 1 002

Pembimbing Pendamping

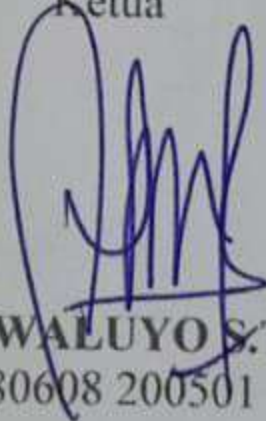


**Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.**  
NIP. 19720219 199702 2 001

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 PENAMBAHAN SERBUK ARANG KAYU DAN SERAT KARUNG  
PLASTIK TERHADAP NILAI CBR LABORATORIUM PADA TANAH LEMPUNG**

**SKRIPSI**

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

Oleh :


**ROLENSI WULANDARI**  
NIM. DAB 116 136

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:**


Hari/Tanggal : Kamis, 24 Maret 2022  
Waktu : 15.00 – 17.00 WIB  
Tempat : Ruang Audiovisual (offline)

Tim Penguji :

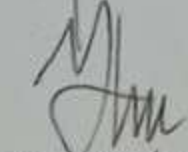
1. **Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.**  
NIP. 19570706 198701 1 002

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


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

  
..... (Pembimbing Pendamping/Sekretaris)

3. **OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.**  
NIP. 19751001 200604 1 003

  
..... (Penguji 3)

4. **M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.**  
NIP. 19710225 199802 1 001

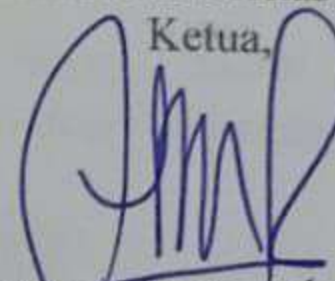
  
..... (Penguji 4)

Mengetahui:

Fakultas Teknik  
Universitas Palangka Raya

  
Dekan,  
**Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.**  
NIP. 19651119 199302 1 001

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

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

## BIODATA MAHASISWA



### Data Pribadi

Nama : Rolensi Wulandari  
NIM : DAB 116 136  
Tempat, Tanggal lahir : Tumbang Miwan, 12 Januari 1998  
Status : Belum Menikah  
Agama : Kristen  
Pekerjaan : Mahasiswa  
No. Telp Rumah : -  
Alamat : Jl. Menteng XIV RT.05 , RW.08  
Email : rolensiwulandari@gmail.com  
No Hp : 082152737352  
No Wa : 081258215709  
Facebook : Rolensi Wulandari Miden  
Instagram : rolensiwulandari  
Line : -  
Nama Ayah : Roby  
Pekerjaan Ayah : Swasta  
Alamat : Tumbang Miwan, No.20 RT.4  
No. Hp : 082148479373  
Nama Ibu : Lidiasi  
Pekerjaan Ibu : Ibu Rumah Tangga  
Alamat : Tumbang Miwan, No.20 RT.4  
No. HP : 082148479373

### Riwayat Pendidikan\*)

- TK : TK HARAPAN MULIA TUMBANG MIWAN (2003)
- SD : SDN 1 TUMBANG MIWAN (2004-2010)
- SLTP : SMPN 2 KURUN (2011-2013)
- SLTA : SMAN 1 KURUN (2014-2016)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2016

## **LEMBAR PERSEMBAHAN**

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan kasih, pertolongan dan anugerah-Nya akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan. Bukan karna kuat dan gagahku tapi karna Tuhan Yesus yang memampukan aku dan membuat segala sesuatu indah pada waktuNya.

### **ORANG TUA**

Terima kasih ucapkan kepada ayah Roby dan juga ibu Lidiasi, atas segala hal yang mereka telah berikan serta perjuangan mereka dalam membesarkan dan mendidikku sampai saat ini. Aku bersyukur kepada Tuhan Yesus karena telah memberikan kedua orang tua yang luar biasa hebat di dalam hidup ini, aku ingin mengucapkan terima kasih atas segala tetesan keringat, jerih payah, doa yang tak henti yang selalu menyertai setiap langkahku. Skripsi ini aku persembahkan untuk kedua orang tuaku, semoga ini menjadi awal yang baik untuk melihat senyum diwajah yang ingin kulihat sampai memutih rambutku kelak.

### **KELUARGA**

Terima kasih ku ucapkan kepada adik tersayang Yeremia yang telah banyak membantu dan memberi semangat untuk kaka sehingga bisa menyelesaikan perkuliahan dan juga kepada keluarga besar untuk segala dukungan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan serta terkhusus untuk sepupu-sepupuku yang selalu ada dalam keadaan apapun.

### **TEMAN-TEMAN TEKNIK SIPIL (ANGKATAN 2016)**

Untuk teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2016 skripsi ini aku persembahkan untuk kalian, terima kasih banyak atas support, masukan, saran dan segala kebaikan yang telah kalian perbuat dalam kehidupanku yang tidak akan pernah aku lupakan. Terima kasih untuk setiap kenangan yang terukir, Tuhan yang selalu menyertai langkah dan proses hidup kalian yah!

### **DOSEN TERHORMAT**

Terimakasih kepada Bapak dan Ibu dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, atas segala pengajaran dan bimbingannya selama saya menjadi mahasiswi Teknik Sipil UPR. Terimakasih juga saya ucapkan kepada dosen pembimbing Skripsi Saya Bapak Ir. Suradji Gandi, M.M. Dan Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T dan dosen penguji Skripsi saya Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T, dan Bapak M. Ikhwan Yani, S.T., M.T. yang telah membimbing saya selama pengerjaan Skripsi ini hingga dapat terselesaikan dan terima kasih untuk ilmu dan pengajaran yang telah di ajarkan kepada saya.

### **ORANG-ORANG PILIHAN**

Terima kasih untuk sobat-sobat tersegalanya dalam grup Patahu atas dukungan, doa, kebaikan, dan perhatiannya yang diberikan selama kuliah sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini tanpa kalian aku mah apa atuh. Mohon izin namanya disamarkan karna terlalu banyak hehe.

## 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. Apabila kemudian ternyata pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima segala konsekuensi akibat ketidakbenaran pernyataan saya.

Palangka Raya,

Maret 2022



**ROLENSI WULANDARI**

NIM. DAB 116 136

## RINGKASAN

### PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK ARANG KAYU DAN SERAT KARUNGPLASTIK TERHADAP NILAI CBR LABORATORIUM PADA TANAH LEMPUNG,

Rolensi Wulandari, 2022, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Berdasarkan observasi lapangan di Kelurahan Tumbang Rungan Palangka Raya, Kalimantan Tengah kondisi tanah di sekitar lokasi tersebut didominasi oleh tanah lempung yang membuat konstruksi pada bangunan dan jalan mengalami kendala dalam pembangunan, menyebabkan jalan di sekitar kelurahan tersebut menjadi retak dan rusak. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menentukan apa jenis dan klasifikasi tanah yang terdapat di Kelurahan tersebut, untuk memperbaiki sifat tanahnya dengan cara menstabilisasi menggunakan uji CBR yang dicampur bahan aditif seperti serbuk arang kayu, dan serat karung plastik.

Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah asli didapat nilai, kadar air ( $w$ ) = 39,88%; berat isi kering ( $\gamma_d$ ) = 1,49 g/cm<sup>3</sup>; berat jenis ( $G_s$ ) = 2,70; batas-batas Atterberg yaitu Batas Cair (*Liquid Limit*) = 44,33%; Batas Plastis (*Plastic Limit*) = 22,88%; Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) = 21,45%; Batas Susut (*Shrinkage Limit*) = 14,13%; Analisis saringan persentase lolos saringan No.200 = 50,68%. Menurut sistem USCS tanah diklasifikasikan sebagai termasuk tanah lanau dan lempung batas cair  $\leq 50\%$  adalah kelompok CL dengan tanah termasuk kelompok lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” dan menurut AASHTO tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (8). Dari hasil uji sifat mekanik tanah didapat nilai untuk pemadatan laboratorium untuk sampel tanah asli didapat nilai, kadar air optimum (OMC) = 20,32%, berat isi kering ( $\gamma_{dmax}$ ) = 1,680 (g/cm<sup>3</sup>), dan untuk nilai CBR tanah asli adalah 4,40%.

Hasil pengujian sifat mekanik yang dilakukan menghasilkan nilai CBR yang meningkat pada setiap variasi campurannya. Nilai CBR tanah asli yaitu 4,40%. Penambahan serbuk arang kayu 4% dan serat karung plastik dengan variasi campuran 0,2%, 0,4% dan 0,8% dapat meningkatkan nilai CBR. Pada variasi campuran 0,2% nilai CBR naik menjadi 5,30% dari nilai CBR tanah asli. Kemudian untuk variasi campuran 0,4% nilai CBR naik menjadi 5,60% dari nilai CBR tanah asli. Dan untuk variasi campuran 0,8% nilai CBR naik menjadi 6,00% dari nilai CBR tanah asli. Dari hasil pengujian CBR Laboratorium didapatkan nilai CBR Tertinggi (maksimum) untuk CBR tanpa rendaman terdapat pada variasi campuran 0,8% yaitu sebesar 6,00% dari nilai CBR tanah asli.

Nilai CBR tanah asli 100% untuk CBR Rendaman (*soaked*) yaitu 0,85% dan di dapat nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 7,4202. Untuk variasi campuran 0,2% nilai untuk CBR Rendaman (*soaked*) yaitu 0,90% dari nilai CBR tanah asli dan nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 7,2173%. Untuk variasi campuran 0,4% untuk CBR rendaman (*soaked*) yaitu 0,91% dari nilai CBR tanah asli dan nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 6,8695%. Untuk variasi campuran 0,8% nilai untuk CBR rendaman (*soaked*) yaitu 1,50% dari nilai CBR tanah asli dan nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 4,6956%.

**Kata Kunci:** Serbuk Arang Kayu, CBR (*California Bearing Ratio*), Serat Karung Plastik, Tanah Lempung.

## SUMMARY

### **THE EFFECT OF ADDING WOOD CHARCOAL POWDER AND PLASTIC SACKFIBER ON THE CBR VALUE OF THE LABORATORY IN CLAY, Rolensi**

Wulandari,

2022, Civil Engineering Department/Study Program, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

*Based on field observations in Tumbang Rungan Palangka Raya Village, Central Kalimantan, the soil condition around the location is dominated by clay soil which makes construction on buildings and roads experiencing problems in construction, causing roads around the village to become cracked and damaged. Therefore, it is necessary to conduct research to determine the type and classification of soil contained in the Kelurahan, to improve the soil properties by stabilizing it using the CBR test mixed with additives such as wood charcoal powder, and plastic sack fiber.*

*The results of testing the physical properties of the original soil obtained values, water content ( $w$ ) = 39.88%; dry weight ( $\gamma_d$ ) = 1.49 g/cm<sup>3</sup>; specific gravity ( $G_s$ ) = 2.70; Atterberg limits, namely Liquid Limit = 44.33%; Plastic Limit = 22.88%; Plasticity Index = 21.45%; Shrinkage Limit = 14.13%; Sieve analysis percentage passing sieve No.200 = 50.68%. According to the USCS system the soil is classified as including silt and clayey liquid limit 50% is a CL group with soils belonging to the group of inorganic clays with low to medium plasticity, gravel clays, sandy loams, silty clays, "skinny" clays and according to AASHTO the soils are classified as as loamy soils in group A-7-6 (8). From the results of the soil mechanical properties test, the value for laboratory compaction for the original soil sample was obtained, the optimum water content (OMC) = 20.32%, dry density ( $\gamma_{d_{max}}$ ) = 1.680 (g/cm<sup>3</sup>), and for the original soil CBR value is 4.40%.*

*The results of the mechanical properties test carried out resulted in an increase in the CBR value for each variation of the mixture. The original soil CBR value is 4.40%. The addition of 4% wood charcoal powder and plastic sack fiber with mixed variations of 0.2%, 0.4% and 0.8% can increase the CBR value. In the 0.2% mixture variation the CBR value increased to 5.30% of the original soil CBR value. Then for the mixed variation of 0.4% the CBR value increased to 5.60% of the original soil CBR value. And for the mixed variation of 0.8% the CBR value increased to 6.00% of the original soil CBR value. From the results of Laboratory CBR testing, the highest (maximum) CBR value for CBR without immersion was found in a mixture variation of 0.8%, which was 6.00% of the original soil CBR value.*

*The original soil CBR value of 100% for soaked CBR is 0.85% and the average swelling value is 7.4202%. Meanwhile, the addition of 4% wood charcoal powder and plastic sack fiber with mixed variations of 0.2%, 0.4% and 0.8% can increase the CBR value even in each addition of the mixture. For a mixed variation of 0.2% the value for soaked CBR is 0.90% of the original soil CBR value and the average swelling value is 7.2173%. For mixed variations, 0.4% for soaked CBR is 0.91% of the original soil CBR value and the average swelling value is 6.8695%. For a mixed variation of 0.8% the value for soaked CBR is 1.50% of the original soil CBR value and the average swelling value is 4.6956%.*

**Keywords:** Wood Charcoal Powder, CBR (California Bearing Ratio), Plastic Sack Fiber, Clay.

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa oleh karena Kasih Karunia-Nya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi dengan judul **“PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK ARANG KAYU DAN SERAT KARUNG PLASTIK TERHADAP NILAI CBR LABORATORIUM PADA TANAH LEMPUNG”** ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Program Strata-1, pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan Kasih Karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Kedua Orang Tua dan yang selalu memberikan dukungan serta doa tulus yang tiada henti hingga sampai tahap ini.
3. Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Ibu Frieda, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak Dr. Sutan P. Silitonga, S.TP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
6. Bapak Dr. Deddy Nan Setya Putra Tanggara, S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
7. Bapak Dr. Rudi Waluyo, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
8. Bapak Dwi Anung Nindito, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
9. Bapak Ir. H. Suradji Gandi, M.M. selaku Ketua Penguji/Penguji 1 Skripsi.
10. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. selaku Sekretaris/Penguji 2 Skripsi.

11. Bapak Okrobrianus Hendri, S.T., M.T. selaku Penguji 3 Skripsi.
12. Bapak M. Ikhwan Yani, S.T., M.T. selaku Penguji 4 Skripsi.
13. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta Staf Tata Usaha  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Rekan-Rekan Mahasiswa dan Mahasiswi Teknik Sipil Angkatan 2016.
15. Semua pihak yang telah membantu penyusunan Skripsi ini.

Akhir kata dengan segala kerendahan hati penulis menyadari akan segala kekurangan dalam penyajian skripsi ini, sehingga segala bentuk kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan sebesar-besarnya dari berbagai pihak demi tercapainya tujuan yang diinginkan dalam menyusun skripsi ini. Terima Kasih.

Palangka Raya,      Maret 2022



**ROLENSI WULANDARI**  
**NIM. DAB 116 136**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>i</b>
<b>RINGKASAN</b> .....	<b>ii</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xiv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Tanah Lempung ( <i>Clay</i> ).....	6
2.5.1 Pendahuluan.....	6
2.5.2 Klasifikasi Tanah Lempung.....	6
2.2 Lapisan Tanah Dasar ( <i>Subgrade</i> ).....	7
2.3 Stabilisasi Tanah .....	8
2.4 Serbuk Arang Kayu.....	9
2.5 Serat Karung Plastik.....	9
2.6 Pemadatan Tanah ( <i>Compaction Test</i> ) .....	9

2.7	<i>California Bearing Ratio ( CBR )</i> .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>22</b>
3.1	Jenis Penelitian.....	22
3.2	Lokasi Penelitian .....	22
3.2.1	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....	22
3.2.2	Lokasi Laboratorium Penelitian.....	23
3.3	Pengumpulan Data .....	23
3.3.1	Sampel Tanah Tidak Terganggu ( <i>Undisturbed</i> ).....	23
3.3.2	Sampel Tanah Terganggu ( <i>Disturbed</i> ).....	23
3.4	Perencanaan Campuran .....	23
3.5	Pengolahan Data di Laboratorium.....	24
3.5.1	Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah .....	24
3.5.2	Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah .....	25
3.6	Tahap Penelitian.....	27
3.6	Bagan Alir Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>30</b>
4.1	Umum.....	30
4.2	Hasil Penelitian Sifat Fisik Tanah.....	31
4.3	Klasifikasi Tanah.....	31
4.4	Pemeriksaan Perencanaan Campuran.....	35
4.5	Pengujian Sifat-Sifat Mekanik Tanah .....	37
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		
5.1	Kesimpulan .....	47
5.2	Saran.....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>		
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lapis Konstruksi Perkerasan Jalan Raya.....	7
Gambar 2.2	Alat Uji Pemadatan Standar dengan Uji Pemadatan Standar Proctor ..	11
Gambar 3.1	Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian .....	22
Gambar 3.2	Bagan Alir Penelitian .....	29
Gambar 4.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi AASHTO.....	31
Gambar 4.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi USCS.....	34
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Kepadatan Kering dan Kadar Air .....	39
Gambar 4.4	Grafik Hasil Kadar Optimum (OMC) .....	40
Gambar 4.5	Grafik Hasil Kepadatan Kering Maksimum ( $\gamma_d$ Max) .....	41
Gambar 4.6	Grafik Hubungan Vertikal Dial Dengan Beban (10x) .....	44
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Vertikal Dial Dengan Beban (10x, 25x, 56x) .....	45
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Pemadatan Tanah Dan CBR ( <i>California Bearing Ratio</i> ) Laboratory Test.....	46
Gambar 4.9	Grafik Hasil Pengujian CBR Laboratorium .....	47
Gambar 4.10	Grafik Hasil Pengujian Pengembangan ( <i>Swelling</i> ) .....	50

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	<b>Elemen-Elemen Uji Pemadatan di Laboratorium .....</b>	<b>12</b>
<b>Tabel 2.2</b>	<b>Klasifikasi Nilai CBR tanah .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabel 2.3</b>	<b>Beban Penetrasi Bahan Standar .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabel 2.4</b>	<b>Penelitian Terdahulu.....</b>	<b>17</b>
<b>Tabel 4.1</b>	<b>Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabel 4.2</b>	<b>Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tabel Sistem Klasifikasi AASHTO .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabel 4.3</b>	<b>Uraian Persentase Campuran Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik Untuk Pemadatan Laboratorium.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabel 4.4</b>	<b>Uraian Rancangan Campuran Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik Untuk Pemadatan Laboratorium.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabel 4.5</b>	<b>Komposisi Campuran Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik Untuk Pemadatan Laboratorium.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabel 4.6</b>	<b>Uraian Persentase Campuran Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik Untuk CBR Laboratorium.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabel 4.7</b>	<b>Uraian Rancangan Campuran Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik Untuk CBR Laboratorium.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabel 4.8</b>	<b>Komposisi Campuran Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik Untuk CBR Laboratorium.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabel 4.9</b>	<b>Perhitungan/Analisis Data Uji Kepadatan Kering .....</b>	<b>38</b>
<b>Tabel 4.10</b>	<b>Perhitungan/Analisis Data Uji Kadar Air.....</b>	<b>38</b>
<b>Tabel 4.11</b>	<b>Kepadatan Kering Terhadap ZAVC.....</b>	<b>39</b>
<b>Tabel 4.12</b>	<b>Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan Laboratorium .....</b>	<b>40</b>
<b>Tabel 4.13</b>	<b>Pembacaan dan Perhitungan Uji CBR.....</b>	<b>43</b>

<b>Tabel 4.14</b>	<b>Perhitungan dan Hasil Pengujian Kadar Air .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabel 4.15</b>	<b>Perhitungan dan Hasil Pengujian Berat Isi Kering .....</b>	<b>44</b>
<b>Tabel 4.16</b>	<b>Tabel Hasil Pembacaan Grafik Hubungan Vertikal Dial Dengan Beban (10x, 25x, 56x) .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabel 4.17</b>	<b>Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Laboratorium .....</b>	<b>46</b>
<b>Tabel 4.18</b>	<b>Perhitungan Uji Pengembangan (<i>Swelling</i>) .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabel 4.19</b>	<b>Rekapitulasi Hasil Nilai Pengembangan (<i>Swelling</i>) .....</b>	<b>50</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b>	<b>Dokumentasi Penelitian di Lapangan.....</b>	<b>55</b>
<b>Lampiran 2</b>	<b>Dokumentasi Penelitian Sifat Fisik Tanah.....</b>	<b>57</b>
<b>Lampiran 3</b>	<b>Dokumentasi Penelitian Sifat Mekanik Tanah.....</b>	<b>67</b>
<b>Lampiran 4</b>	<b>Dokumentasi Penelitian Bahan Campuran.....</b>	<b>74</b>
<b>Lampiran 5</b>	<b>Laporan Hasil Data Penelitian Di Laboratorium.....</b>	<b>75</b>

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan dasar dari suatu struktur atau konstruksi perkerasan jalan. Dalam membangun suatu konstruksi jalan, tanah dasar (*Subgrade*) adalah bagian yang sangat penting. Fungsi dari tanah dasar dalam suatu konstruksi jalan adalah sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya ( Modul SIR – 09 : Pekerjaan Perkerasan Jalan).

Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Jika pada tanah dasar tersebut berupa tanah lempung yang mempunyai daya dukung rendah maka perkerasan jalan akan terjadi kerusakan. Das (1994) menyatakan lempung merupakan jenis tanah yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat yang cukup kompleks. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesinya.

Berdasarkan observasi lapangan di Kelurahan Tumbang Rungan Palangka Raya, Kalimantan Tengah kondisi tanah di sekitar lokasi tersebut didominasi oleh tanah lempung yang membuat konstruksi jalan mengalami kendala, menyebabkan jalan disekitar kelurahan tersebut rusak, oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk menentukan apa jenis dan klasifikasi tanah yang terdapat di Kelurahan tersebut apakah perlu dilakukannya stabilisasi atau tidak.

Sampel tanah diambil dari sekitar ruas jalan Kelurahan Tumbang Rungan Palangka Raya dan diambil pada satu titik di daerah tersebut.

Dalam pelaksanaan konstruksi perkerasan jalan nilai CBR tanah sangat berpengaruh terhadap tebal lapisan atas, oleh karena itu banyak cara dilakukan untuk menaikkan nilai CBR tanah. Salah satu upaya untuk memperbaiki sifat tanah tersebut adalah dengan cara menstabilisasi tanah dengan tujuan meningkatkan daya dukung tanah tersebut yang dapat dilihat dari nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Nilai CBR tersebut akan berbanding lurus dengan daya dukungnya, artinya semakin tinggi nilai CBR, maka semakin tinggi pula daya dukung tanah dasar. Stabilisasi tanah dapat dilakukan dengan cara dipadatkan atau mencampurkan bahan lain (*aditif*) yang dapat memperbaiki sifat-sifat tanah. Pada penelitian ini digunakan dua zat *aditif* yang digunakan yaitu serbuk arang kayu dan serat karung plastik sebagai bahan campuran pada tanah, karena arang dapat mengikat karbon dan dapat mengurangi kembang susut pada tanah sehingga indeks plastisitas tanah dapat tereduksi, serat karung plastik juga merupakan bahan yang ringan dan tidak mudah terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai sehingga dapat di pergunakan sebagai bahan perkuatan tanah, penggunaan plastik juga dapat mengurangi penumpukan limbah plastik di alam. Penelitian ini diharapkan dapat menstabilkan dan mengurangi sifat buruk dari tanah lempung.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sifat fisik dan mekanik tanah lempung di Kelurahan Tumbang Rungan Palangka Raya, Kalimantan Tengah?
2. Bagaimana perubahan nilai CBR tanah apabila ditambahkan serbuk arang kayu dan serat karung plastik?
3. Bagaimana perubahan nilai CBR rendaman dan nilai pengembangan (*swelling*) pada CBR rendaman?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis sifat fisik dan mekanik tanah lempung asli di daerah Kelurahan Tumbang Rungan, Kecamatan Pahandut, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah.
2. Mengetahui perubahan nilai CBR tanah yang ditambahkan dengan serbuk arang kayu dan serat karung plastik.
3. Mengetahui perubahan nilai CBR rendaman dan nilai pengembangan (*swelling*) pada nilai CBR rendaman yang ditambahkan serbuk arang kayu dan serat karung plastik.

## 1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Sampel tanah lempung yang diambil pada kedalaman 40 - 100 meter di sekitar Jalan Kelurahan Tumbang Rungan, Kecamatan Pahandut, Palangka Raya, Kalimantan Tengah.

2. Serbuk arang kayu yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari Pasar Tradisional Palangka Raya, Kalimantan Tengah.
3. Serat karung plastik yang digunakan dalam penelitian ini memanfaatkan karung plastik/karung beras yang ada dirumah, serat karung plastik yang sudah dilepas dari anyaman nya dan di potong – potong 2 cm.
4. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Pengujian sifat fisik tanah lempung meliputi:
  - a. Pengujian Kadar Air (*Moisture Content*)
  - b. Pengujian Berat Isi (*Bulk Density*)
  - c. Pengujian Berat Jenis (*Specific Gravity*)
  - d. Pengujian Analisa Saringan (*Sieve Analysis*)
  - e. Pengujian Analisis Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
  - f. Pengujian Batas – batas Atterberg (*Liquid Limit, Plastic Limit, Shrinkage Limit*)
6. Pengujian sifat mekanik tanah lempung meliputi:
  - a. Pengujian Pematatan Tanah (*Standard Proctor*)
  - b. Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)
7. Pengujian pematatan dan CBR dengan persentase penambahan serbuk arang kayu sebesar 4% dan serat karung plastik sebesar 0,2%; 0,4% dan 0,8%; dari berat sampel tanah dengan masa perendaman 4 hari.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan :

1. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui manfaat penggunaan serbuk arang kayu dan serat karung plastik untuk meningkatkan nilai CBR, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pemecahan masalah stabilisasi tanah.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat-sifat fisik dan mekanik tanah lempung.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Tanah Lempung (*Clay*)**

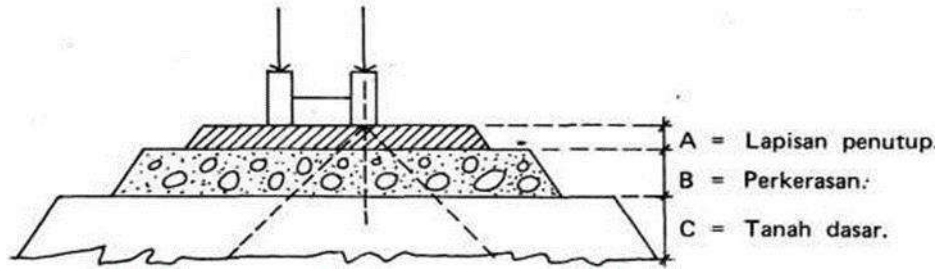
##### **2.1.1 Pendahuluan**

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan. Dalam keadaan kering tanah lempung sangatlah keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi, tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Terzaghi dan Peck, 1987).

Lempung mempunyai beberapa sifat yang membedakannya dengan tanah lain yaitu ukuran butir halus (kurang dari 0,002 mm), permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut tinggi, serta proses konsolidasinya yang bersifat lambat (Hardiyatmo, 1992). Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi di atasnya.

#### **2.2 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Subgrade adalah lapisan tanah dasar dari suatu konstruksi perkerasan jalan yang terletak dibagian paling bawah berukuran sekitar 100 – 150 cm yang berfungsi sebagai pondasi paling bawah untuk menahan beban lalu lintas yang berada di atasnya. tanah dasar yang dapat berupa tanah asli yang dipadatkan (jika tanah aslinya baik), tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur ataupun bahan lainnya.



sumber: (Konstruksi Jalan Raya, Djoko U.S, 1982, PU Jakarta)

### Gambar 2.1 Lapis Konstruksi Perkerasan Jalan Raya

Dalam pengerjaan konstruksi perkerasan jalan lapisan tanah dasar harus dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume, sehingga dapat dikatakan bahwa kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Oleh karena itu maka lapisan tanah dasar dapat dibedakan atas 3 macam, antara lain:

- a) Lapisan tanah dasar, yang merupakan tanah asli,
- b) Lapisan tanah dasar, yang merupakan tanah timbunan,
- c) Lapisan tanah dasar, yang merupakan tanah galian.

### 2.3 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah usaha untuk memperbaiki daya dukung tanah yang tidak baik dan meningkatkan daya dukung tanah yang sudah tergolong baik (Brooks, 2009). Adapun tujuan dari stabilisasi tanah adalah untuk meningkatkan kemampuan daya dukung tanah dalam menahan beban serta untuk meningkatkan kestabilan tanah. Pada umumnya cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan-pekerjaan berikut (Bowles, 1991):

1. Mekanis, yaitu pemadatan dengan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilas (roller), benda berat yang dijatuhkan, ledakan, tekanan statis, tekstur, pembekuan, pemanasan dan sebagainya.

2. Bahan Pencampur (*Additiver*), yaitu penambahan kerikil untuk tanah kohesif, lempung untuk tanah berbutir, dan pencampur kimiawi seperti semen, gamping, abu batubara, abu vulkanik, batuan kapur, gamping dan/atau semen, semen aspal, sodium dan kalsium klorida, limbah pabrik kertas dan lain- lainnya.

Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena di dalam proses perbaikan. Kelebihan stabilisasi dengan menggunakan bahan tambahan (*admixtures*) sebagai berikut:

1. Meningkatkan kekuatan tanah.
2. Mengurangi deformasi.
3. Menjaga stabilitas volume.
4. Mengurangi permeabilitas.
5. Meningkatkan durabilitas.

#### **2.4 Serbuk Arang Kayu**

Arang adalah residual hitam berisi karbon tidak murni yang dihasilkan dengan menghilangkan kandungan air dan komponen *volatil* dari hewan dan tumbuhan. Arang umumnya di dapatkan dengan memanaskan kayu, gula, tulang, dan benda lain. Arang yang hitam, ringan, mudah hancur dan menyerupai batu bara ini terdiri dari 85% sampai 98% karbon (C), sisanya adalah abu dan bahan kimia lainnya. Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu. Arang kayu paling banyak digunakan untuk keperluan memasak. Sedangkan penggunaan arang kayu lainnya adalah sebagai penjernih air, penggunaan dalam bidang kesehatan dan masih banyak lagi. Bahan kayu yang digunakan adalah kayu yang masih sehat atau belum mengalami proses pembusukan.

## 2.5 Serat Karung Plastik

Plastik merupakan produk polimerisasi sintetik atau semi sintetik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer atau bisa juga dari zat-zat lain. Plastik juga merupakan bahan yang ringan dan tidak dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai sehingga dapat digunakan sebagai bahan perkuatan tanah, karena tidak mudah terurai penumpukannya di alam dikhawatirkan menimbulkan masalah lingkungan.

## 2.6 Pemadatan Tanah (*Compaction Test*)

Pemadatan tanah merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Pemadatan tanah menyebabkan volume tanah akan berkurang, volume pori berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini bisa dilakukan dengan cara beban yang dipukulkan (*umping*), beban yang digetarkan (*vibrating*), maupun beban yang bergerak (*rolling*).

Pada saat kadar air sangat tinggi, kepadatan kering maksimum dicapai ketika tanah dipadatkan dengan kejenuhan di mana hampir semua udara didorong keluar. Pada saat kadar air rendah, partikel-partikel tanah mengganggu satu sama lain dan penambahan kelembapan akan memungkinkan kepadatan masal yang lebih besar. Pada saat terjadi kepadatan puncak efek ini mulai menetral oleh kejenuhan tanah.

Pemadatan tanah adalah satu hal yang perlu diperhatikan dalam pembangunan konstruksi jalan raya, seperti kekuatan dan keawetan perkerasan jalan yang sangat bergantung pada sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar agar mencapai kekuatan dan keawetan jalan raya tersebut. Tujuan pemadatan adalah untuk meningkatkan kepadatan, meningkatkan stabilitas, meningkatkan kekuatan tahanan tanah dasar, mengurangi sifat kemudahan ditembus oleh air, mengurangi potensi *likuifaksi* dan

mencegah erosi (Siagian, 2013). Adapun manfaat dari pemadatan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah antara lain dengan cara:

1. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan nilai  $\theta$  dan  $C$ .
2. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban.
3. Mengurangi permeabilitas yaitu mengurangi nilai  $k$ .
4. Mengurangi sifat kembang susut tanah lempung.

Prosedur pengujian yang digunakan pada pengujian pemadatan di laboratorium disebut uji proctor. Uji pemadatan proctor adalah metode laboratorium untuk menentukan kadar air optimal di mana jenis tanah yang diuji akan menjadi yang paling padat dan mencapai kepadatan kering maksimum.

Adapun rincian tentang masing-masing pengujian pemadatan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Proctor Standar

Percobaan ini menggunakan standar ASTM D-698. Pada percobaan ini tanah dipadatkan dalam mold standar dengan alat pemukul seberat 2,5 kg yang dijatuhkan dengan ketinggian 30,5 cm. Pemadatan dibagi 3 lapis pemadatan dan setiap lapis mendapat pukulan 25 kali.



*Sumber: www.controls-group.com*

**Gambar 2.2 Alat Uji Pemadatan Standar dengan Uji Pemadatan Standar Proctor**

## 2. Proctor Modifikasi

Perbedaan pada percobaan ini yaitu pada alat pemukul, jumlah lapisan dan tinggi jatuh alat pemukul. Berat pemukul yang dipakai yaitu 4,5 kg, sedangkan jumlah lapisan pemadatannya sebanyak 5 lapis. Untuk tinggi jatuh alat pemukul yaitu 45,7 cm. Percobaan ini menggunakan standar ASTM D-1557 Percobaan dilakukan beberapa kali dengan kadar air yang berbeda-beda. Setelah dipadatkan benda uji ditimbang dan diukur kadar air dan berat volumenya.

Hubungan grafis dari kadar air dan berat volumenya kemudian diplot untuk membentuk kurva pemadatan. Kepadatan kering maksimum akhirnya diperoleh dari titik puncak kurva pemadatan dengan kadar air yang sesuai atau dikenal juga sebagai kadar air yang optimal.

Rincian mengenai persamaan ataupun perbedaan dari kedua *proctor* tersebut, diperlihatkan dalam Tabel 2.1 berikut ini.

---

**Tabel 2.1 Elemen-Elemen Uji Pemadatan di Laboratorium**

Berat palu	44,5 N (10 lb/4,5 kg)
Tinggi jatuh palu	457 mm (18 in)
Jumlah lapisan	5
Jumlah tumbukan/lapisan	25
Volume cetakan	1/30 ft <sup>3</sup>
Tanah	saringan (-) No. 4
Energi pemadatan	2698 kJ/m <sup>3</sup>

---

**Proctor Modifikasi (ASTM D-1557)**

Sumber: Bowles, 1991.

Pengujian pemadatan tanah baik Uji Pemadatan Standar maupun Uji Pemadatan Modified memiliki dua parameter penting, yaitu Berat Isi Kering Maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) dan Kadar Air Optimum ( $w_{opt}$ ).

## 2.7 California Bearing Ratio ( CBR )

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan.

Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 *sqinch*) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama (Canonica, 1991).

Harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR sebesar 100% dalam memikul beban. Sedangkan, nilai CBR yang didapat akan digunakan untuk menentukan tebal lapisan perkerasan yang diperlukan di atas lapisan yang mempunyai nilai CBR tertentu. Untuk menentukan tebal lapis perkerasan dari nilai CBR digunakan grafik-grafik yang dikembangkan untuk berbagai muatan roda kendaraan dengan intensitas lalu lintas.

**Tabel 2.2 Klasifikasi Nilai CBR tanah**

S	CBR (%)	Tingkatan Umum	Kegunaan
u	0-3	<i>Very poor</i>	<i>Subgrade</i>
m	3-7	<i>Poor to fair</i>	<i>Subgrade</i>
~	7-20	<i>Fair</i>	<i>Subbase</i>
r	20-50	<i>Good</i>	<i>Base or subbase</i>
:	> 50	<i>Excellent</i>	<i>Base</i>

Bowles,1991.

## 1. Jenis-Jenis Pengujian CBR

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas:

### a. CBR Lapangan

CBR lapangan disebut juga CBR *inplace* atau *fieldinplace* dengan kegunaan sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai CBR asli di lapangan sesuai dengan kondisi tanah pada saat itu. Umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi.
2. Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan ini tidak umum digunakan. Metode pemeriksaannya dengan meletakkan piston pada kedalaman di mana nilai CBR akan ditentukan lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk.

### b. CBR Lapangan Rendaman

CBR lapangan rendaman ini berfungsi untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air dan tanah mengalami pengembangan (*swelling*) yang maksimum. Hal ini sering digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya tidak akan dipadatkan lagi, terletak pada daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim penghujan dan kering pada musim kemarau. Sedangkan pemeriksaan dilakukan di musim kemarau. Pemeriksaan dilakukan dengan mengambil contoh tanah dalam tabung (*mold*) yang ditekan masuk kedalam tanah mencapai kedalaman yang diinginkan. Tabung berisi contoh tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama beberapa hari sambil diukur pengembangannya. Setelah pengembangan tidak terjadi lagi, barulah dilakukan pemeriksaan besarnya CBR.

c. CBR Laboratorium

Tanah dasar pada konstruksi jalan baru dapat berupa tanah asli, tanah timbunan atau tanah galian yang dipadatkan sampai mencapai 95% kepadatan maksimum. Dengan demikian daya dukung tanah dasar merupakan kemampuan lapisan tanah yang memikul beban setelah tanah itu dipadatkan. CBR ini disebut CBR Laboratorium, karenadisiapkan di Laboratorium. CBR Laboratorium dibedakan atas

2 macam, yaitu CBR Laboratorium rendaman dan CBR Laboratorium tanpa rendaman.

2. Pengujian Kekuatan dengan CBR

Alat yang digunakan untuk menentukan besarnya CBR berupa alat yang mempunyai piston dengan luas 3 inch dengan kecepatan gerak vertikal ke bawah 0,05 inch/menit, Proving Ring digunakan untuk mengukur beban yang dibutuhkan pada penetrasi tertentu yang diukur dengan arloji pengukur (dial). Penentuan nilai CBR yang biasa digunakan untuk menghitung kekuatan pondasi jalan adalah pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” untuk pengujian laboratorium.

Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR sebagai berikut:

$$a. \text{ Nilai CBR pada penetrasi } 0,1'' = \frac{A}{3.000} \times 100\% \quad (2-1)$$

$$b. \text{ Nilai CBR pada penetrasi } 0,2'' = \frac{A}{4.500} \times 100\% \quad (2-2)$$

Di mana:

A: pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1”

B: pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2”

Nilai CBR yang didapat adalah nilai yang terkecil diantara hasil perhitungan kedua nilai CBR.

Berikut ini adalah tabel beban yang digunakan untuk melakukan penetrasi bahan standar.

**Tabel 2.3 Beban Penetrasi Bahan Standar**

Penetrasi (inch)	Beban Standar(lbs)	BebanStandar (lbs/inch)
0,1	3.000	1.000
0,2	4.500	1.500
0,3	5.700	1.900
0,4	6.900	2.300
0,5	7.800	6.000

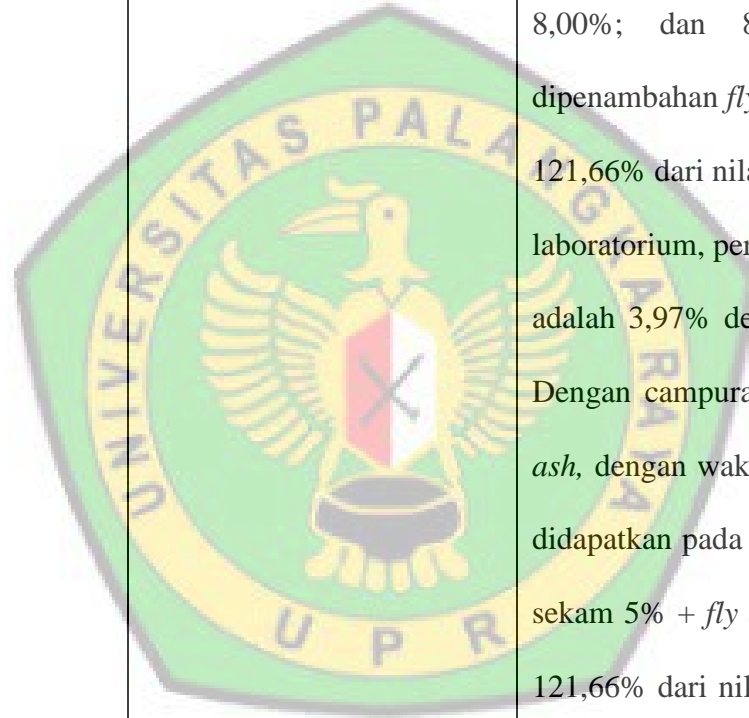
Sumber: Sukirman, 1999.



**Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu**

No	Nama	Tahun	Judul	Metode	Hasil
1.	Nuah Kalawa	(2021)	<p>Pengaruh Penambahan Semen Portland, Abu Sekam, Dan Fly Ash Terhadap Nilai Daya Dukung Tanah Lempung Sebagai Subgrade Perkerasan Jalan</p>	<p>Tanah Asli dicampur dengan semen dan abu sekam dengan kadar campuran semen 5% dan abu sekam 5% dari berat tanah, dan <i>fly ash</i> dengan kadar campuran 0%, 5%, 7,5% 10% dari berat tanah. Dan Dilakukan Pemeraman Dengan Umur Yaitu; 4 Hari Kemudian dilakukan pengujian Pemadatan Tanah</p>	<p>Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah asli didapat nilai, kadar air (<math>w</math>) = 41,37%; berat isi (<math>\gamma_d</math>) = 1,45 g/cm<sup>3</sup>; berat jenis (<math>G_s</math>) = 2,70; batas-batas <i>Atterberg</i> yaitu Batas Cair (<i>Liquid Limit</i>) = 46,49%; Batas Plastis (<i>Plastic Limit</i>) = 30,33%; Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>) = 16,16%; Batas Susut (<i>Shrinkage Limit</i>) = 22,97%; Analisis saringan persentase lolos saringan No.200 = 50,68%. Menurut sistem USCS tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung anorganik masuk dalam kelompok ML, dan menurut AASHTO tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-5 (6). Dari hasil uji sifat mekanik tanah didapat nilai untuk pemadatan laboratorium untuk sampel tanah asli didapat nilai, kadar air optimum (<i>OMC</i>) = 26,30%, berat isi kering (<math>\gamma_{dmax}</math>) = 1,420 (gr/cc),</p>

				<p>dan Pebgujian CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).</p> <p>dan untuk nilai CBR tanah asli adalah 3,97%. Setelah ditambah dengan variasi campuran 5%, 7,5%, dan 10% didapat nilai CBR<sub>RENCANA</sub> meningkat sebesar 6,80%; 8,00%; dan 8,80%. Nilai CBR terbesar terjadi dipenambahan <i>fly ash</i> 10% yaitu sebesar 8,80% meningkat 121,66% dari nilai CBR tanah asli. Pada pengujian CBR di laboratorium, persentase nilai CBR untuk sampel tanah asli adalah 3,97% dengan nilai DDT tanah asli sebesar 4,28. Dengan campuran tanah asli, semen, abu sekam, dan <i>fly ash</i>, dengan waktu pemeraman 4 hari. Nilai CBR terbesar didapatkan pada campuran tanah dengan semen 5% + abu sekam 5% + <i>fly ash</i> 10% yaitu sebesar 8,80%, meningkat 121,66% dari nilai CBR tanah asli. Dan untuk nilai DDT naik sebesar 5,76, meningkat sebesar 34,58% dari nilai DDT tanah asli.</p>
--	--	--	--	---



					Dari nilai CBR dan DDT yang didapat, dapat disimpulkan bahwa pencampuran tanah asli yang dicampurkan dengan semen, abu sekam, dan <i>fly ash</i> berpengaruh dalam stabilisasi tanah seiring meningkatnya variasi campuran yang dapat memperbaiki sifat tanah tersebut.
--	--	--	--	--	---



**Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu**

No	Nama	Tahun	Judul	Metode	Hasil
2.	Brandon Winslow	(2019)	<p>Pengaruh Penambahan Serbuk Arang Kayu Dan Serat Karung Plastik Terhadap Nilai Cbr Laboratorium Tanpa Rendaman.</p>	<p>Tanah Lempung dicampur dengan Serbuk Arang Kayu dan Serat Karung Plastik dengan variasi 0%, 2%,4%, 8% dan 0.2%,0.4%,0.8%. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah uji kadar air, specific gravity (Gs), Batas-batas Atterberg (liquid limit dan plastis limit), Analisa ukuran butiran (hydrometer dan</p>	<p>Pencampuran tanah dengan serbuk arang kayu dan serat karung plastik dapat meningkatkan nilai CBR tanah dimana nilai CBR tanah asli sebesar 18.467 % meningkat menjadi 28.807 %. serbuk arang kayu sebesar 8% justru menurunkan nilai CBR tanah menjadi 17.233 %. Nilai CBR tanah meningkat saat ditambahkan serat karung plastik (variasi campuran 0.2% dan 0.4%) dengan peningkatan terbesar terjadi pada variasi campuran 0.2% dimana nilai CBR tanah asli 18.647% meningkat menjadi 22.248%, akantetapi nilai CBR tanah justru menurun saat penambahan serat karung plastik sebanyak 0.8% menjadi 16.461 %.</p>

				<p>Analisa saringan), Pemadatan, dan uji CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).</p>	<p>Terjadi peningkatan nilai CBR tanah saat dicampurkan dengan serbuk arang kayu (4%) dan serat karung plastik (0.2%) dengan nilai CBR tanah asli sebesar 18.647% meningkat menjadi 28.807%.</p>
--	--	--	--	---	--



## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini bersifat eksperimental skala laboratorium dengan menggunakan sampel tanah sebagai benda uji.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini terdapat 2 lokasi yaitu lokasi pengambilan sampel tanah dan lokasi laboratorium penelitian.

##### 3.2.1 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Tanah yang akan digunakan sebagai sampel dari penelitian ini adalah tanah lempung yang berasal dari sekitar Jalan Kelurahan Tumbang Rungan, Kecamatan Pahandut, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah.



(Sumber: earth.google.com)

**Gambar 3.1 Lokasi Pengambilan Sampel Penelitian**

### 3.2.2 Lokasi Laboratorium Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

### 3.3 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini pengambilan sampel tanah lempung didapatkan dari kawasan Kelurahan Tumbang Rungan Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Ada dua sampel tanah yang diambil yaitu sampel tanah asli (*undisturbed*) yaitu tanah yang tidak mengalami perubahan sifat mekaniknya dan sampel tanah terganggu (*disturbed*) yaitu tanah yang telah terjamah atau sudah tidak alami lagi yang telah terganggu oleh lingkungan luar.

#### 3.3.1 Sampel Tanah Tidak Terganggu (*Undisturbed*)

Saat diambil dari tanah, sampel tanah tidak terganggu tidak boleh mengalami perubahan sifat mekanik dari tanah tersebut. Pengambilan sampel tanah tidak terganggu menggunakan tabung berbentuk silinder yang diameternya sudah ditentukan dan setelah tabung terisi oleh tanah, sisi atas dan bawah mulut tabung tersebut diberikan cairan lilin dan tunggu sampai cairan lilin tersebut mengeras. Tujuannya agar sampel tanah lempung saat sampai di laboratorium tidak mengalami perubahan sifat mekanik.

#### 3.3.2 Sampel Tanah Terganggu (*Disturbed*)

Sampel tanah yang diambil tidak perlu ada upaya untuk melindungi sifat asli dari tanah tersebut. Tempat yang digunakan untuk sampel tanah ini bisa menggunakan kantong plastik, botol atau karung.

### 3.4 Perencanaan Campuran

Metode pencampuran tanah asli:

1. Untuk data campuran serbuk arang kayu 4%, diambil campuran dari penelitian (Brandon Winslow, 2019). Yaitu serbuk arang kayu 4% dari berat tanah.

2. Sampel tanah yang telah ditumbuk (butir aslinya tidak pecah) dan lolos saringan No. 4 (4,75 mm) lalu dicampur dengan serat karung plastik dengan kadar campuran 0.2%, 0.4%, dan 0.8%.
3. Tanah + serbuk arang kayu + serat karung plastik dipadatkan lalu dilakukan pengujian CBR.
4. Setelah di dapat variasi yang paling optimum, lalu dilakukan analisis data.

### **3.5 Pengolahan Data di Laboratorium**

Pengolahan data di laboratorium akan menguji sifat-sifat tanah aslinya dan tanah dengan campuran serbuk arang kayu dan serat karung plastik. Berikut ini adalah beberapa tahap pengujian yang akan dilakukan.

#### **3.5.1 Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah**

##### **1. Pemeriksaan Kadar Air Tanah (*Water Content*)**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air asli tanah. Kadar air adalah perbandingan antara berat air yang dikandung tanah dengan berat keringtanah yang dinyatakan dalam persen. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216.

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

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui berat volume tanah basah ( $\gamma$ ) keadaan tidak terganggu (*undisturbed*), yaitu perbandingan antara berat tanah dengan volume tanah. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2167.

##### **3. Pemeriksaan Berat Jenis (*Specific gravity*)**

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah ( $G_s$ ) dengan perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air destilasi pada suhu tertentu. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-854-02.

#### 4. Batas Konsistensi Tanah (*Atterberg Limit*)

##### a. Pemeriksaan Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair suatu tanah adalah kadar air tanah tersebut pada keadaan batas peralihan antara cair dan keadaan plastis. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-4318-00.

##### b. Pemeriksaan Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar air suatu tanah pada keadaan batas plastis. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-4318-00.

##### c. Pemeriksaan Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kadar air ( $W_s$ ) terhadap berat kering tanah setelah dioven. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-427.

#### 5. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi pembagian butiran dari suatu contoh tanah berbutir kasar dan untuk mengklasifikasi tanah. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-422.

#### 6. Analisis Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan pembagian butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang lolos saringan no. 200. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-422-63.

### 3.5.2 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah

#### 1. Uji Pemadatan Tanah (*Standard Proctor*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kepadatan maksimum tanah dengan cara tumbukan yaitu dengan mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah. Pengujian ini menggunakan Pemadatan *Standard Proctor* ASTM D-698 dan ASTM D-1557 untuk *Modified Proctor*.

## 2. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan nilai CBR dengan mengetahui kuat hambatan campuran tanah dengan serbuk arang kayu dan serat karung plastik terhadap penetrasi kadar air optimum.

Adapun langkah kerja pengujian CBR ini, antara lain:

- a. Menyiapkan 3 sampel tanah yang lolos saringan No. 4 masing-masing sebanyak 5 kg ditambah sedikit untuk mengetahui kadar airnya.
- b. Menentukan penambahan air dengan rumus:

$$\text{Penambahan Air} = \frac{\text{Berat sampel} \times (\text{OMC} \times \text{MC})}{100 + \text{MC}}$$

Keterangan:

OMC : Kadar air optimum dari hasil uji pematatan

MC : Kadar air sekarang

- c. Menambahkan air yang didapat dari perhitungan di atas dengan sampel tanah lalu diaduk hingga merata.
- d. Menambahkan serbuk arang kayu dan serat karung plastik dengan tanah.
- e. Memasukkan sampel kedalam  *mold*  lalu menumbuk secara merata. Melakukan penumbukan sampel dalam  *mold*  dengan 3 lapisan dan banyaknya tumbukan pada masing-masing sampel:
  - Sampel 1: Setiap lapisan ditumbuk 10 kali
  - Sampel 2: Setiap lapisan ditumbuk 25 kali
  - Sampel 3: Setiap lapisan ditumbuk 56 kali
- f. Melepaskan  *collar*  dan meratakan sampel dengan  *mold*  lalu menimbang  *mold*  berikut sampel tersebut.

- g. Mengambil sebagian sampel yang tidak terpakai untuk memeriksa kadar air.
- h. Meletakkan sampel pada alat uji CBR, setelah itu dilakukan pengujian CBR.

Perhitungan:

1. Berat *mold* =  $W_m$  (gram)
2. Berat *mold* + sampel =  $W_{ms}$  (gram)
3. Berat sampel ( $W_s$ ) =  $W_{ms} - W_m$  (gram)
4. Volume *mold* =  $V$
5. Berat Volume =  $W_s / V$  ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )
6. Kadar air =  $\omega$

7. Berat volume kering ( $\gamma_d$ )

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \times 100\% \quad (3-1)$$

8. Harga CBR:

$$\text{Penetrasi } 0,1'' = \frac{\text{Penetrasi}}{3.000} \times 100\% \quad (3-2)$$

$$\text{Penetrasi } 0,2'' = \frac{\text{Penetrasi}}{4.500} \times 100\% \quad (3-3)$$

9. Dari ketiga sampel didapat nilai CBR yaitu untuk penumbukan 10 kali, 25 kali dan 56 kali.

### 3.6 Tahap Penelitian

Adapun urutan prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian percobaan analisis saringan dan batas *atterberg* untuk tanah asli digunakan untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan klasifikasi tanah AASHTO.
2. Dari data hasil pengujian pemadatan tanah untuk sampel tanah asli grafik hubungan berat volume kering dan kadar air untuk mendapatkan nilai kadar air

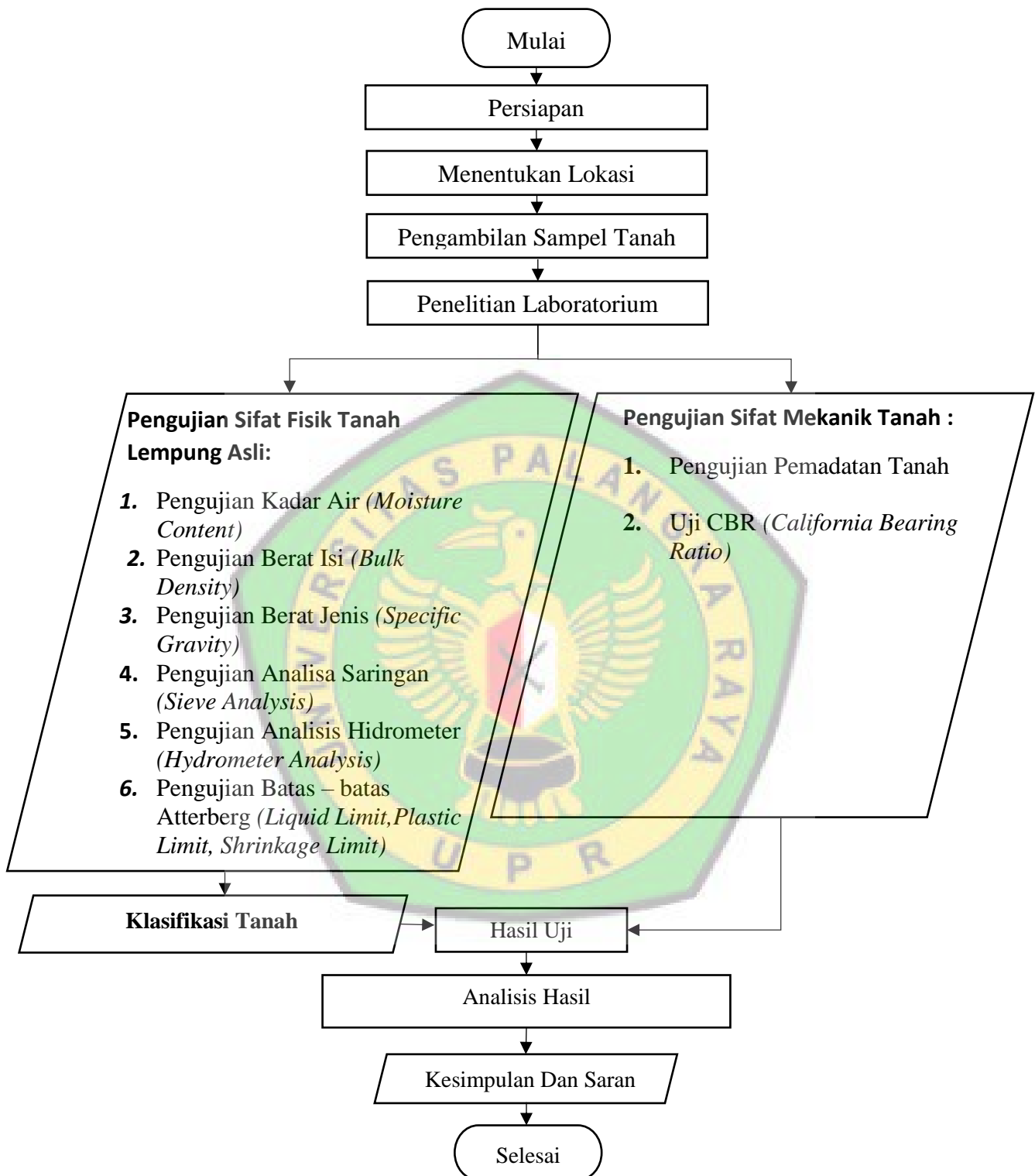
kondisi optimum yang akan digunakan untuk membuat sampel pada uji CBR.

3. Menyiapkan sampel tanah yang akan distabilisasi dan sampel tanah yang digunakan merupakan sampel yang lolos saringan No. 4. Untuk masing- masing campuran disiapkan sebanyak tiga sampel.
4. Bawa sampel yang akan distabilisasi untuk OMC menggunakan air bersih dan tercampur menyeluruh, lalu tempatkan material dalam kantong plastik dan tutup.
5. Melakukan pembuatan benda uji untuk pengujian CBR dengan mencampur tanah yang telah lolos saringan no. 4 dengan plastik.
6. Untuk masing- masing campuran disiapkan sebanyak 3 sampel untuk pemadatan dengan *standard proctor*.
7. Mencampur tanah dengan serbuk arang kayu dan serat karung plastik kemudian dikasih kadar air optimum yang sudah di dapatkan dalam ember untuk diaduk atau diratakan.
8. Setelah tercampur rata, material yang telah dicampur dengan plastik dipadatkan dengan 5 lapisan untuk pengujian CBR dengan memakai kadar air optimum tanah campuran dari *modified proctor*.
9. Memberi kode/nama pada *mold* untuk masing-masing sampel yang telah dipadatkan.
10. Padatkan sampel tanah yang telah mengalami perlakuan dalam cetakan CBR dalam 5 lapisan pemadatan.
11. Melakukan pengujian CBR guna membandingkan pengaruh variasi campuran dengan rincian 3 sampel tanah untuk satu variasi.
12. Setelah di lakukan pengujian CBR masing – masing sampel tanah dilakukan pengujian CBR rendaman selama 4 hari.
13. Kemudian setelah masing – masing sampel tanah di rendam selama 4 hari,

dilakukan juga pembacaan untuk pengembangan (*swelling*) pada masing – masing sampel tanah yang direndam, selanjutnya dilakukan pengujian CBR lagi guna mengetahui nilai CBR rendaman.



### 3.7 Bagan Alir Penelitian



#### Bagan Alir Penelitian

Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

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

1. Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah asli didapat nilai, kadar air ( $w$ ) = 39,88%; berat isi kering ( $\gamma_d$ ) = 1,49 g/cm<sup>3</sup>; berat jenis ( $G_s$ ) = 2,70; batas-batas *Atterberg* yaitu Batas Cair (*Liquid Limit*) = 44,33%; Batas Plastis (*Plastic Limit*) = 22,88%; Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*) = 21,45%; Batas Susut (*Shrinkage Limit*) = 14,13%; Analisis saringan persentase lolos saringan No.200 = 50,68%. Menurut sistem USCS tanah diklasifikasikan sebagai termasuk tanah lanau dan lempung batas cair  $\leq 50\%$  adalah kelompok CL dengan tanah termasuk kelompok lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang dan menurut AASHTO tanah diklasifikasikan sebagai tanah berlempung dalam kelompok A-7-6 (8). Dari hasil uji sifat mekanik tanah didapat nilai untuk pemadatan laboratorium untuk sampel tanah asli didapat nilai, kadar air optimum (*OMC*) = 20,32%, kepadatan kering maksimum ( $\gamma_{dmax}$ ) = 1,680 (g/cm<sup>3</sup>), dan untuk nilai CBR tanah asli adalah 4,40%.
2. Dari hasil pengujian CBR Laboratorium dapat disimpulkan bahwa nilai CBR tanah asli yaitu 4,40%. Sedangkan penambahan serbuk arang kayu 4% dan serat karung plastik dengan variasi campuran 0,2%, 0,4% dan 0,8% dapat meningkatkan nilai CBR bahkan di setiap penambahan campurannya. Pada variasi campuran 0,2% nilai CBR naik menjadi 5,30% dari nilai CBR tanah asli. Kemudian untuk variasi campuran 0,4% nilai CBR naik menjadi 5,60% dari nilai CBR tanah asli. Dan untuk variasi campuran 0,8% nilai CBR naik menjadi 6,00% dari nilai CBR tanah asli. Hal ini dikarenakan serat karung plastik

merupakan bahan yang ringan dan tidak dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai sehingga dapat digunakan sebagai bahan perkuatan tanah. Selain itu serat karung plastik dapat meningkatnya daya ikat antar butiran, rongga-rongga pori yang ada akan dikelilingi bahan sementasi yang lebih keras dan tidak mudah hancur.

3. Dari hasil pengujian CBR Laboratorium tanpa rendaman dan CBR rendaman didapat perubahan setelah dilakukannya pengujian CBR rendaman (*soaked*), dapat disimpulkan bahwa nilai CBR tanah asli untuk CBR Rendaman (*soaked*) yaitu 0,85% dan selisih 80,68% dari nilai CBR Tanpa Rendaman yaitu 4,40% dan di dapat nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 7,4202%. Sedangkan penambahan serbuk arang kayu 4% dan serat karung plastik dengan variasi campuran 0,2%, 0,4% dan 0,8% dapat meningkatkan nilai CBR bahkan di setiap penambahan campurannya. Untuk variasi campuran 0,2% nilai untuk CBR Rendaman (*soaked*) yaitu 0,90% dan selisih 83,02% dari nilai CBR Tanpa Rendaman yaitu 5,30% dan nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 7,2173%. Kemudian untuk variasi campuran 0,4% untuk CBR rendaman (*soaked*) yaitu 0,91% dan selisih 83,75% dari nilai CBR Tanpa Rendaman yaitu 5,60% dan nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 6,8695%. Dan untuk variasi campuran 0,8% nilai untuk CBR rendaman (*soaked*) yaitu 1,50% dan selisih 75% dari nilai CBR Tanpa Rendaman yaitu 6,00% dan nilai pengembangan (*swelling*) rata – ratanya sebesar 4,6956%. Dari hasil pengujian CBR Laboratorium didapatkan nilai CBR Tertinggi (maksimum) untuk CBR tanpa rendaman terdapat pada variasi campuran 0,8% yaitu sebesar 6,00% dari nilai CBR tanah asli.

## 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. Untuk melihat kenaikan atau penurunan CBR tanah, sebaiknya dilakukan perbandingan umur pemeraman dan dilakukan perendaman.
3. Pemeriksaan pemadatan laboratorium dan pemeriksaan CBR laboratorium dapat menggunakan cara *modified* agar lebih bervariasi.
4. Untuk melihat kenaikan atau penurunan CBR tanah, sebaiknya dilakukan perbandingan variasi campuran dengan kadar lebih tinggi.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (1998). *Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Condition* (ASTM D 3080-98 ), United State: ASTM International.
- ASTM International. (2002). *Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer* (ASTM D 854), United State: ASTM International.
- ASTM International. (2007). *Standard Practice for Dry Preparation of Soil Samples for Particle-Size Analysis and Determination of Soil Constants* (ASTM D 421), United State : ASTM International.
- ASTM International. (2008). *Standard Test Method for Laboratory Determination of the Fiber Content of Peat Samples by Dry Mass* (ASTM D 1997), United State : ASTM International.
- ASTM International. (2010). *Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.* (ASTM D 2116), United State : ASTM International.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. Cara Uji *CBR (California Bearing Ratio)* lapangan, Kota Jakarta.
- Bowles, Joseph E. Johan . Helnim. 1991. Sifat-sifat Fisis Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah ). PT. Erlangga. Jakarta, 151 Halaman.
- Darmawijaya, M.I. 1991. *Klasifikasi Tanah*, Gajah Mada Press : Yogyakarta.
- Das, B. M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknik)*, Erlangga : Jakarta.
- Desanta, Carullo. 2017. *Pemanfaatan Abu Sekam Padi Terhadap Nilai Kuat Dukung Tanah di Bayat Klaten* : Surakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2005 . Modul RDE – 11 : Perencanaan Perkerasan Jalan. Kota Jakarta.
- Djoko, U.S., 1982, *Konstruksi Jalan Raya*, Badan Penerbit : PU, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama . Jakarta.

- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2012. Mekanika Tanah 1, Edisi Keenam. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- Armiansy, C.D., Turangan A. E., Lanny Manaroinsong, 2018. *Pengaruh Zat Organik Terhadap Tebal Perkerasan*, Jurnal Sipil Statik, Volume 6, No.10.
- Anita Widianti. 2009. Peningkatan Nilai CBR Laboratorium Rendaman Tanah dengan Campuran Kapur, Abu Sekam Padi dan Serat Karung Plastik, Kota Yogyakarta, Universitas Muhammadiyah : Yogyakarta.
- Indrasurya, Noor Endah. 1988. Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) PT. Erlangga. Jakarta, 291 Halaman.
- Karl Terzaghi, Ralph B. Peck Terjemah oleh Bagus Witjaksono dkk. Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa. Jakarta : Erlangga.
- Midina, Destari. 2019. Perubahan Nilai *California Bearing Ratio (CBR) Unsoaked* Pada Tanah Lempung dengan Penambahan *Fly Ash* dan *Renolith*. Kota Palembang, Universitas Sriwijaya : Palembang.
- Robert F. Craig Terjemahan oleh Budi Susilo S. 1994. *Mekanika Tanah*. Jakarta : Erlangga
- Soedarmo, G.D. 1993. Mekanika Tanah I, Canisius : Jakarta.
- Siagian, Devi R.H. 2013. Pengaruh Penambahan Kapur  $\text{Ca(OH)}_2$  Dan Abu Sekam Padi Pada Tanah Lempung (CLAY) A-7-6 Terhadap Nilai CBR Tanah Dasar (Subgrade) Pada Perkerasan Jalan. Kota Medan, Universitas Sumatra Utara : Sumatra Utara.
- Sukirman, Silvia. 1999. Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan. Bandung : Nova
- Yuniarti, Ratna. 2008. Perbandingan Nilai Daya Dukung Tanah Dasar Badan Jalan Yang Distabilisasi Semen dan Abu Sekam : Lombok.