

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK ARANG KAYU PADA
TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI INDEKS
PLASTISITAS DAN NILAI CBR**

Oleh

ARPINA PAHRIDA
NIM. DAB 114 041



JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PALANGKARAYA
PALANGKARAYA
2021

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK ARANG KAYU PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI INDEKS PLASTISITAS DAN NILAI CBR

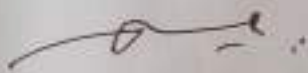
oleh

ARPINA PAHRIDA
NIM. DAB 114 041

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

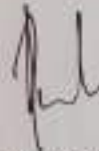
Palangka Raya, Juni 2021

Ketua Penguji/Penguji 1



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

Sekretaris/Penguji 2



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

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 BUBUK ARANG KAYU PADA TANAH
LEMPUNG TERHADAP NILAI INDEKS PLASTISITAS
DAN NILAI CBR**

SKRIPSI

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

Oleh :

ARPINA PAHRIDA
NIM. DAB 114 041

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada :

Hari/Tanggal : Senin, 14 Juni 2021
Waktu : 13.00-15.00 WIB
Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Tim Penguji :

1. Ir. H. SURADJI GANDI, M.M.
NIP. 195707061987011002
..... (Ketua Penguji/Penguji 1)
2. Dr. FATMA SARIE, S.T., M.T.
NIP. 197202191997022001
..... (Sekretaris/Penguji 2)
3. OKROBIANUS HENDRI, S.T., M.T.
NIP. 197510012006041003
..... (Penguji 3)
4. M. IKHWAN YANI, S.T., M.T.
NIP. 197102251998021001
..... (Penguji 4)

Mengetahui :

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua

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

Fakultas Teknik
Universitas Palangka Raya

Dekan

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

BIODATA MAHASISWA

Data Pribadi

Nama : Arpina Pahrida
NIM : DAB 114 041
Tempat, Tgl lahir : Palangka Raya, 28 Oktober 1996
Status : Belum Menikah
Agama : Islam
Pekerjaan : Mahasiswa
Alamat : Jl. Bandara Utama II No.27 Palangka Raya
No. Telp. Rumah : -
Email : arpinapahrida96@gmail.com
No. Hp : 082158081257
No WA : 082255930495
Facebook : -
Instagram : arpinapahrida
Line : -
Nama Ayah : Abdul Manan
Pekerjaan Ayah : Swasta
Alamat : Jl. Bndara Utama II No.27 Palangka Raya
Nama Ibu : Sri Kumala
Pekerjaan Ibu : IRT
Alamat : Jl. Bandara Utama II No.27 Palangka Raya
No. Hp : -



Riwayat Pendidikan*)

- TK : Muslimat NU (2001-2002)
- SD : SDN 4 Pahandut (2002-2008)
- SLTP : MTSN 1 Palangka Raya (2008-2011)
- SLTA : SMAN 1 Palangka Raya (2011-2014)
- Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada jurusan/ Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangkaraya bulan Agustus 2014

SURAT PERNYATAAN

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

Palangka Raya, Juni 2021

Yang membuat pernyataan



ARPINA PAHRIDA

NIM DAB 114 044

LEMBAR PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan Rahmat serta Karunia-Nya, sehingga saya akhirnya dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Saya menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, penyelesaian skripsi ini tidak akan terwujud. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati, saya mengucapkan banyak terima kasih kepada Orang Tua saya terkhususnya, Keluarga, Saudara, Dosen-Dosen dan Teman-Teman seperjuangan Pendidikan Teknik Sipil. Dimana saya diberikan kepercayaan untuk menyelesaikan Pendidikan sarjana Strata-1 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.

Saya banyak berterima kasih juga kepada Bapak/Ibu Dosen, Ir. H. Suradji Gandi, M.M., Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T., Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T., Bapak M. Ikwani Yani, S.T., M.T., yang selama masa Pendidikan sudah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, serta ide dalam membimbing dan memberikan masukan atau saran untuk dapat menyelesaikan Skripsi ini. Saya sadar akan kekurangan yang dimiliki baik suka maupun duka. Maka dari itu, pengalaman ini biarlah menjadi pembelajaran bagi saya untuk tetap semangat dan menjadikan diri saya lebih baik untuk dikemudian hari nanti. *Aamiin Ya Rabbal Alamin.*

Dan yang terakhir saya mengucapkan rasa terima kasih kepada sahabat-sahabat Angkatan 2014, serta Angkatan 2016 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya, Tak dapat saya menyebutkan satu persatu karena semuanya adalah teman seperjuangan dalam menempuh masa studi saya. Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat atas amalan dan bantuan yang telah diberikan kepada saya dalam penyelesaian skripsi ini.

Wa 'alaikum Salam Wr. Wb

فَاذْكُرُونِي أَذْكَرْكُمْ وَاشْكُرُوا لِي وَلَا تَكْفُرُونِ

*So remember Me; I will remember you. And be grateful to Me and do not deny Me.
Q.S Al baqarah (2:152)*

RINGKASAN

PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK ARANG KAYU PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI INDEKS PLASTISITAS DAN NILAI CBR,
Arpina Pahrida, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya, 2021.

Meningkatnya pembangunan di Provinsi Kalimantan Tengah yang mengakibatkan meningkatnya aktifitas di setiap aspeknya tak terkecuali dengan aktifitas pembangunan yang tergolong pesat, tetapi tidak selalu diiringi dengan kondisi tanah yang baik adakalanya menemukan kondisi tanah lunak. Tanah lempung yang memiliki perilaku lunak, namun tidak juga cair. Kondisi ini tanah yang dijadikan tanah dasar dari sebuah bangunan struktur akan sangat tidak kondusif, Pemanfaatan tanah dengan sifat demikian dapat menyebabkan kegagalan pada kontruksi, maka perlu dilakukan perbaikan. Tujuan penelitian mengetahui seberapa jauh pengaruh penambahan bubuk arang kayu yang dipakai untuk mengurangi kembang susut pada tanah karena mempunyai sifat mereduksi indeks plastisitas (PI) tanah dan sebagai bahan stabilisasi tanah dasar yang dapat meningkatkan daya dukung (CBR) tanah pada Desa Banut Kalanaman, Katingan Hilir, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah, dan mengetahui persentase bubuk arang kayu yang optimum untuk menghasilkan nilai CBR yang maksimal.

Bahan stabilisasi tanah asli yang digunakan adalah bubuk arang kayu yang dibeli di pasaran. Tanah asli dari Desa Banut Kalanaman, Katingan Hilir, Kabupaten Katingan, akan dicampur dengan bubuk arang kayu menggunakan perencanaan campuran metode coba-coba (trial and error), dengan penambahan variasi campuran arang kayu sebesar 2%, 4%, dan 6% dari berat isi campuran. Analisis data terhadap hasil penelitian menggunakan analisis varian untuk mengetahui pengaruh campuran bubuk arang kayu terhadap nilai Indeks Plastisitas dan CBR tanah dasar.

Berdasarkan penelitian ini tanah diklasifikasikan sebagai tanah CL dalam kelompok A-6 (6). Penurunan nilai Indeks Plastisitas (PI) penambahan bubuk arang kayu 6% didapat nilai (PI)= 16,36% dengan persentase penurunan 3,3% dari tanah asli. Analisis data menggunakan analisis varian menyatakan bahwa penambahan bubuk arang kayu memberikan pengaruh terhadap nilai CBR untuk perbaikan tanah asli. Nilai CBR rencana pada tanah campuran dengan kadar air optimum penambahan bubuk arang kayu sebesar 6% dengan masa pemeraman 7 hari dengan selisih sebesar 4,88 dari CBR tanah asli dan persentase kenaikan sebesar 230,19%.

Kata kunci : CBR, Indeks Plastisitas, Arang Kayu

SUMMARY

THE EFFECT OF ADDING WOOD POWDER TO THE CLAY ON THE CLAY SHOWS THE VALUE OF THE PLASTICITY INDEX AND CBR VALUE. Arpina Pahrida, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya, 2021.

The increasing development in Central Kalimantan Province which increased activity in every aspect is no exception to the development activities that are classified as rapid, but not always accompanied by good soil conditions, Sometimes it found soft soil conditions. Clay that has soft behavior, but it also does liquid. This condition of soil made the basis of a building structure would be highly unstable, ground use of such a quality could lead to failure of construction, hence improvements would be necessary. This study aims to determine how the influence of Charcoal Powder material used for stabilization of Which is used to reduce Expanding and shrinking on the ground because the soil Have any properties of reduction Plasticity Index (PI), subgrade materials that can increase the carrying capacity of Charcoal Powder the soil in the Banut kalanaman Village, Katingan hilir sub-district, katingan Regency, Central Kalimantan and determine the optimum percentage of to produce a CBR value that is maximum.

The basic of stabilization material used is Charcoal Powder from In the marketplace. The subgrade from Banut Kalanaman village, Central Katingan Hilir District, will be mixed with Charcoal Powder using a trial and error mix planning, with the addition of a Charcoal Powder variation of 2%, 4%, and 6% of the weight of the mixed contents. Data analysis of the results of the study used analysis of variance to determine the effect of the Charcoal Powder mixture on the CBR value of subgrade.

Based on this study the soil was classified as CL soil in group A-6 (6). The decrease in the value of the Plasticity Index (PI) of the addition of 6% wood charcoal powder obtained the value (PI) = 16.36% with a percentage reduction of 3.3% from the original soil. Data analysis using analysis of variance states that the addition of wood charcoal powder has an effect on the CBR value for subgrade improvement. The CBR value of the plan in mixed soil with optimum moisture content was addition of wood charcoal powder by 6% with a curing period of 7 with a difference of 4.88 from the CBR of the original soil and an increase of 230.19%.

Keywords: CBR, Plasticity Index, Charcoal Powder

PRAKATA

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan Karunia-Nya, sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi berjudul **“PENGARUH PENAMBAHAN BUBUK ARANG KAYU PADA TANAH LEMPUNG TERHADAP NILAI INDEKS PLASTISITAS DAN NILAI CBR”** disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi Program Strata-1 Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya (UPR).

Pada kesempatan ini, saya ucapkan 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 P. Silitonga, STP., S.T., M.T. selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak Dr. Daddy N.P.S. 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. Bapak Ir. Maryanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Bapak Ir. Suradji Gandi, M.M. selaku Dosen Ketua Penguji/Penguji 1 Skripsi.

8. Ibu Dr. Fatma Sarie, S.T., M.T. selaku Dosen Sekretaris/Penguji 2 Skripsi.
9. Bapak Okrobianus Hendri, S.T., M.T selaku Dosen Penguji 3 Skripsi.
10. Bapak M. Ikhwan Yani, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 4 Skripsi.
11. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil, Staf Tata Usaha dan Staf Akademik di Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
12. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2014 dan semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Skripsi ini.

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

Palangka Raya, Juni 2021

ARPINA PAHRIDA

NIM. DAB 114 041

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
BIODATA MAHASISWA	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
RINGKASAN	vi
SUMMARY.....	vii
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR NOTASI.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Lokasi Pengambilan Sampel Tanah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Definisi Tanah.....	7
2.2 Klasifikasi Tanah.....	8
2.2.1 <i>Unified Soil Classification System (USCS)</i>	8
2.2.2 (AASHTO).....	10
2.3 Tanah Lempung	11
2.4 Batas-Batas <i>Atterberg</i>	12
2.5 Indeks Plastisitas (<i>Plasticity Index</i>)	14
2.6 Stabilisasi Tanah.....	15

2.6.1. Stabilisasi Mekanik.....	16
2.6.2. Stabilisasi Kimiawi.....	16
2.7 Tambahan Bubuk Arang Kayu untuk Stabilitas Tanah.....	16
2.8 Pemadatan Tanah.....	17
2.9 CBR (<i>California Bearing Ratio</i>).....	17
2.9.1 Jenis-Jenis Pengujian CBR.....	18
2.9.2 Pengujian Kekuatan dengan CBR.....	20
BAB III METODE PENELITIAN	23
3.1 Umum	23
3.2 Persiapan Alat dan Bahan.....	23
3.3 Pelaksanaan Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli.....	25
3.3.1 Uji Kadar Air	25
3.3.2 Uji Berat Isi.....	26
3.3.3 Uji Berat Jenis.....	26
3.3.4 Uji Analisa Saringan	26
3.3.5 Uji Batas Atterberg	27
3.3.6 Uji Indeks Plastisitas	28
3.3.7 Uji Hidrometer	28
3.4 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah Asli.....	28
3.5 Pelaksanaan Pengujian.....	29
3.6 Pemeriksaan Mekanik Tanah Campuran	29
3.7.1 Uji Pemadatan Laboratorium (<i>Compaction</i>).....	29
3.7.2 Uji CBR Laboratorium (<i>Laboratory CBR Test</i>)	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil Penelitian	33
4.1.1 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Fisik Tanah.....	33
4.1.2 Klasifikasi Tanah	34
4.1.3 Pemeriksaan Nilai Indeks Plastisitas Dengan Penambahan Campuran Bubuk Arang Kayu.....	37
4.1.4 Pengujian Sifat-sifat Mekanik Tanah.....	38

4.2 Hasil Rekavitulasi Pengujian Setelah ditambah Campuran.....	46
---	----

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	53

DAFTAR PUSTAKA	54
-----------------------------	-----------

Lampiran

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1.	Sistem Klasifikasi Tanah USCS 9
2.2	Sistem Klasifikasi AASHTO..... 10
2.3	Hubungan Antara Kemampuan Pengembangan dengan Indeks Plastisitas..... 12
2.4	Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah 15
2.5	Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu 21
3.1	Pengujian Tanah Asli..... 30
3.2	Pengujian Tanah Asli + campuran..... 30
3.3	Jumlah Kebutuhan Tanah dan Bubuk Arang Kayu..... 31
4.1	Hasil Pemeriksaan Sifat Fisik Tanah 33
4.2	Rekapitulasi Hasil Pengujian Indeks Plastisitas 37
4.3	Rekapitulasi Hasil Pengujian Pematatan Laboratorium 41
4.4	Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Laboratorium 45
4.6	Rekapitulasi Hasil Pengujian Indeks Plastisitas 46
4.7	Rekapitulasi Hasil Pengujian Pematatan Laboratorium 47
4.8	Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Laboratorium 48

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1.1	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Lempung 5
2.1	Klasifikasi Butiran Tanah 7
2.2	Batas-Batas <i>Aterrborg</i> 13
2.3	Kurva pada Penentuan Batas Cair Tanah Lempung 13
3.1	Bagan Alir Penelitian..... 32
4.1	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Tabel Sistem
	Klasifikasi AASHTO 34
4.2	Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem Klasifikasi USCS..... 36
4.3	Grafik Hasil Pengujian Nilai Indeks Plastisitas 38
4.4	Data Hasil Pemadatan Tanah Asli 39
4.5	Grafik Hasil Pemadatan Tanah Asli. 40
4.6	Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Laboratorium..... 41
4.7	Data Hasil Perhitungan CBR Tanah Asli 43
4.8	Grafik Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas..... 44
4.9	Grafik Hasil Pengujian CBR Laboratorium..... 45
4.12	Grafik Hasil Perhitungan Indeks Plastisitas..... 49
4.13	Grafik Hasil Pengujian CBR Laboratorium..... 50

DAFTAR NOTASI

LL	: Liquid Limit (%)
PL	: Plastic Limit (%)
SL	: Shrinkage Limit (%)
PI	: Indeks Plastisitas (%)
LI	: Liquidity Indeks
w	: Kadar air (%)
G_s	: Specific Gravity
γ_b	: Berat volume tanah basah (gr/cm^3)
γ_d	: Berat volum tanah kering (gr/cm^3)
γ_s	: Berat isi butiran (gr/cm^3)
γ_{sat}	: Berat isi tanah jenuh (gr/cm^3)
γ_{eff}	: Berat isi tanah efektif (gr/cm^3)
γ_w	: Berat jenis air (gr/cm^3)
V	: Volume (cm^3)
e	: Angka pori
n	: Porositas
S	: Derajat kejenuhan (%)
q_u	: Kuat tekan (kN/m^2)
P	: Beban maksimum (kN)

A : Luas penyampang rata-rata atau luas terkoreksi (m^2)

A_o : Luas penampang benda uji semula (mm^2)

ϵ : Regangan aksial (%)

ΔH : Perubahan tinggi benda uji (mm)

H_o : Tinggi benda uji semula (mm)

W_b : Berat tanah basah (gram)

W_m : Berat mold (gram)

W_d : Berat tanah kering (gram)

W_w : Berat air (gram)

Unsoaked: Benda uji dalam keadaan tak-terendam setelah diambil dari bak pencampuran.

Soaked : Benda uji dalam keadaan terendam selama 1×24 jam setelah diambil dari bak pencampuran.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendungan, atau kadang-kadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan, seperti tembok/dinding penahan tanah. Dalam pandangan teknik sipil tanah adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan - endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, 2006). pembangunan di Provinsi Kalimantan Tengah yang mengakibatkan meningkatnya aktifitas di setiap aspeknya tak terkecuali dengan aktifitas pembangunan yang tergolong pesat, tetapi tidak selalu diiringi dengan kondisi tanah yang baik adakalanya menemukan kondisi tanah lunak.

Tidak semua jenis tanah dapat secara langsung digunakan sebagai material konstruksi. Seperti halnya Kondisi tanah lempung yang akan diteliti memiliki perilaku pada tanah dalam keadaan lunak, namun tidak juga dalam keadaan cair. Pada kondisi ini tanah yang dijadikan tanah dasar dari sebuah bangunan struktur akan sangat tidak kondusif sehingga menjadikan bangunan menjadi tidak stabil karena tanah lempung dipengaruhi oleh kadar air yang terkandung pada tanah. Pemanfaatan tanah dengan sifat demikian dapat menyebabkan kegagalan pada konstruksi. Maka perlu dilakukan perbaikan terhadap sifat properties tanah lempung, sehingga tanah dapat mencapai persyaratan teknis yang lebih baik.

Salah satu metode yang digunakan untuk perbaikan properties tanah tersebut adalah dengan metode stabilisasi.

Stabilisasi tanah adalah pencampuran tanah dengan bahan tertentu guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, atau dapat pula diartikan sebagai usaha untuk merubah atau memperbaiki sifat-sifat teknis tanah agar memenuhi syarat teknis tertentu. Stabilisasi secara mekanis bertujuan untuk menambah kekuatan dan daya dukung tanah dengan mengatur gradasi butir tanah, perbaikan struktur, dan perbaikan sifat-sifat mekanis bahan. Sedangkan stabilisasi kimiawi bertujuan untuk menambah kekuatan dan daya dukung tanah dengan jalan mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat teknis tanah yang kurang menguntungkan.

Penelitian ini menggunakan bahan tambah bubuk arang kayu sebagai bahan campuran dalam menstabilisasi tanah, hal ini karena bubuk arang kayu dapat memperbaiki sirkulasi air dan udara, serta dapat mengikat karbon, dan juga dapat mengurangi kembang susut pada tanah karena mempunyai sifat mereduksi indeks plastisitas tanah. Hal ini yang jadi latar belakang penggunaan bubuk arang kayu sebagai bahan stabilisasi, karena sifat dan unsur kimia yang terkandung pada semua jenis arang pada umumnya terdiri dari bahan penyusun yang sama. Karena bubuk arang kayu mengandung unsur kimia antara lain karbon (C), aluminium (Al), silika (Si), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan fosfor (P).

Dari uraian-uraian diatas penulis mengambil judul proposal Tugas Akhir ini “Penggunaan Bubuk Arang Kayu Pada Tanah Lempung Terhadap Nilai Indeks Plastisitas Dan Nilai CBR”. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan apakah campuran bubuk arang kayu dapat dijadikan sebagai bahan stabilisasi pada tanah lempung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat fisik dan mekanik jenis tanah lempung Desa Banut Kalanaman, Katingan Hilir, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah ?
2. Bagaimana nilai indeks plastisitas dan CBR pada tanah asli?
3. Pengaruh penambahan bubuk arang kayu pada tanah lempung terhadap nilai indeks plastisitas dan nilai CBR ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Menganalisis sifat fisik dan mekanik jenis tanah lempung Desa Banut Kalanaman, Katingan Hilir, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.
2. Menganalisis nilai indeks plastisitas dan nilai CBR pada tanah asli.
3. Menganalisis pengaruh penambahan bubuk arang kayu pada tanah lempung terhadap nilai indeks plastisitas dan nilai CBR.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Sampel tanah lempung dengan kondisi terganggu (*disturbed*) diambil dari kedalaman 0,5 sampai 1m.
2. Sampel tanah diambil dari Desa Banut Kalanaman, Katingan Hilir, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah .
3. Penelitian dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
4. Serbuk arang kayu yang digunakan dibeli di pasaran yang dilakukan dengan penumbukan sendiri.
5. Penambahan bubuk arang kayu sebagai bahan stabilisasi sebesar 2%, 4%, dan 6% terhadap berat kering tanah.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Dapat memperbaiki tanah di yang distabilisasi menggunakan campuran bubuk arang kayu.
2. Memberikan masukan dan alternatif bahan tambah bagi para pelaksana tentang pemanfaatan bubuk arang kayu sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah dengan uji pemadatan dan CBR.
3. Dapat melengkapi penelitian yang sudah ada sebelumnya.

1.6 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel yang digunakan ini dari daerah Desa Banut Kalanaman, Katingan Hilir, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah.



1.1 lokasi Pengambilan Sampel Tanah Lempung

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Tanah

Dalam pandangan teknik sipil, tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain. Rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air. Ikatan antara butiran yang relatif lemah dapat disebabkan oleh karbonat, zat organik, atau oksida-oksida yang mengendap diantara partikel-partikel. Ruang diantara partikel-partikel dapat berisi air, udara, ataupun yang lainnya (Hardiyatmo, 2012). Pembentukan tanah dari batuan induknya, dapat berupa proses fisik maupun kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik yang mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil, terjadi akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau hancurnya partikel tanah akibat perubahan suhu atau cuaca. Partikel-partikel mungkin berbentuk bulat, bergerigi maupun bentuk-bentuk diantaranya. Umumnya, pelapukan akibat proses kimia dapat terjadi oleh pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali) dan proses-proses kimia lainnya.

Istilah pasir, lempung lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan, dan istilah yang sama juga digunakan untuk menggambarkan sifat tanah yang khusus. Sebagai contoh, lempung adalah jenis tanah yang bersifat

kohesif dan plastis, sedang pasir digambarkan sebagai tanah yang tidak kohesif dan tidak plastis. Klasifikasi Butiran Tanah menurut *Unified Soil Classification System*, ASTM, dan *International Nomenclature*, dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut

	1,75mm	0,85	0,075								
Unified Class System	kasal	sedang	halus	Butiran halus (lanau dan lempung)							
	pasir										
	2,0mm	0,425	0,075	0,005	0,001						
ASTM	pasir sedang	pasir halus	lanau	lempung	lempung koloidal						
	2,0mm	0,6	0,2	0,005	0,002	0,0006	0,0002 mm				
MIT nomenclature	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus	kasar	sedang	halus		
	pasir			lanau			lempung				
	2,0mm	1,0	0,5	0,2	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	0,0006	0,0002 mm
International nomenclature	sangat kasar	kasar	sedang	halus	kasar	halus	kasar	halus	halus	halus	sangat halus
	pasir			lanau			lempung				

Gambar 2.1 Klasifikasi Butiran Tanah menurut *Unified Soil Classification System*, *ASTM*, dan *International Nomenclature*
 Sumber: Hardiyatmo, 2012

Kebanyakan jenis tanah terdiri dari banyak campuran atau lebih dari satu macam ukuran partikel. Tanah lempung belum tentu terdiri dari lempung saja, akan tetapi dapat bercampur dengan butir-butiran ukuran lanau maupun pasir dan mungkin juga terdapat campuran bahan organik. Ukuran partikel tanah dapat bervariasi dari lebih besar 100 mm sampai dengan lebih kecil dari 0,001 mm.

2.2 Klasifikasi Tanah

Pada umumnya tanah diklasifikasikan sebagai tanah kohesif dan non kohesif atau tanah yang berbutir kasar dan halus. Klasifikasi tanah didasarkan atas ukuran partikel yang diperoleh dari analisa saringan (dan uji sedimentasi) dan plastisitas (Hardiyatmo, 2012). Terdapat dua system klasifikasi yang sering digunakan, yaitu Unified Soil Classification System (USCS) dan AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials). Sistem ini menggunakan sifat- sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran, batas cair dan indeks plastisnya.

2.2.1 Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS)

Pada sistem USCS, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau/lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Selanjutnya, tanah diklasifikasikan dalam sejumlah kelompok dan subkelompok yang dapat dilihat pada Tabel 2.1. Simbol-simbol yang digunakan tersebut adalah:

G = kerikil (*gravel*)

S = pasir (*sand*)

C = lempung (*clay*)

M = lanau (*silt*)

O = lanau atau lempung organik (*organic silt or clay*)

Pt = tanah gambut dan tanah organik tinggi (*peat and highly organic soil*)

W = gradasi baik (*well-graded*)

P = gradasi buruk (*poorly-graded*)

H = plastisitas tinggi (*high-plasticity*)

L = plastisitas rendah (*low-plasticity*)

Tabel 2.1 Sistem Klasifikasi Tanah USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama jenis		
Tanah berbutir kasar Lebih dari 50% butir kasar dengan no. 20 (0,075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \geq 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir kerikil, atau tidak mengandung butiran halus			
	Kerikil berpasir (sedikit atau tak ada butiran halus)	GM	Kerikil berpasir, campuran kerikil pasir lempung		Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PL < 4, batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 4	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir lempung			
	Pasir berbutir halus (lebih dari 50% finis kasar)	SW	Pasir gradasi baik, sedikit atau tidak mengandung butiran halus		$L_u = \frac{U_{60} - U_{20}}{U_{60} - U_{20}} > 6$, $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \geq 4$ Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
		SP	Pasir gradasi buruk, sedikit atau tidak mengandung butiran halus			
		SM	Pasir berlempung, campuran pasir lempung			Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau PL < 4, batas-batas Atterberg di atas garis A atau PI > 4
		SC	Pasir berlempung, campuran pasir lempung			
Tanah berbutir halus < 50% bila saringan no. 200 (0,075 mm)	Lempung dan lempung batas cair 50% atau kurang	ML	lempung tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berpasir atau berlempung			
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berpasir, lempung lunak (lean clay)			
	Lempung dan lempung batas cair > 50%	OL	lempung organik dan lempung berlempung organik dengan plastisitas rendah			
		MH	lempung tak organik atau pasir halus diatomas, lempung aluvial			
		OH	lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (fat clay)			
		OH	lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut ("peat") dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	memerlukan identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488			

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2.2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*America Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah untuk perencanaan timbunan jalan, subbase dan subgrade. Sistem ini terutama ditujukan untuk maksud-maksud dalam lingkup tersebut.

System klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 7 kelompok, A-1 sampai A-7 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang digunakan adalah analisis saringan dan batas-batas Atterberg. Sistem klasifikasi AASHTO, dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Sistem Klasifikasi AASHTO

Klasifikasi Umum	Material granuler ($< 55\%$ lolos saringan no. 200)						Tanah-tanah lempung-berlempung ($< 55\%$ lolos saringan no. 200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5/A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	90 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no. 40)	50 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	1	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	30 maks	38 maks	50 maks	36 maks
Sifat likuifaksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	41 min
Indeks plastisitas (PI)	0 maks	0	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min	11 min
Indeks Kelompok (G)	0	0	0	0	4 maks			5 maks	12 maks	18 maks	20 maks
Tipe material yang pekok pada umumnya	Pecahan batu kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlempung atau berlempung dan pasir			Tanah berlempung		Tanah berlempung		
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Cedang sampai buruk				

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2.3 Tanah Lempung

Lempung (*clay*) adalah bagian dari tanah yang sebagian besar terdiri dari partikel mikroskopis dan submikroskopis (tidak dapat dilihat dengan jelas bila hanya dengan mikroskopis biasa) yang berbentuk lempengan-lempengan pipih dan merupakan partikel-partikel dari mika, mineral-mineral lempung (*clay minerals*), dan mineral-mineral yang sangat halus lain. Lempung membentuk gumpalan keras saat kering dan lengket apabila basah terkena air dan memiliki sifat elastis yang kuat. Lempung juga menyusut saat kering dan memuai saat basah. Karena perilaku inilah beberapa jenis tanah dapat membentuk kerutan-kerutan atau "pecah-pecah" bila kering.

Mineral lempung terdiri dari tiga komponen penting yaitu montmorillonite, illite, dan kaolinite. Mineral montmorillonite mempunyai luas permukaan lebih besar dan sangat mudah menyerap air dalam jumlah banyak bila dibandingkan dengan mineral yang lainnya. Sehingga tanah yang mempunyai kepekaan terhadap pengaruh air ini sangat mudah mengembang. Struktur kaolinite terdiri dari unit lapisan silica dan aluminium yang diikat oleh ion hydrogen, kaolinite membentuk tanah yang stabil karena strukturnya yang terikat teguh mampu menahan molekul-molekul air sehingga tidak masuk ke dalamnya.

a. Atterberg Limit Test

Indeks Plastisitas dapat dipergunakan sebagai tes dalam menentukan kemampuan pengembangan tanah. Hubungan antara kemampuan pengembangan dengan Indeks Plastisitas dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut ini.

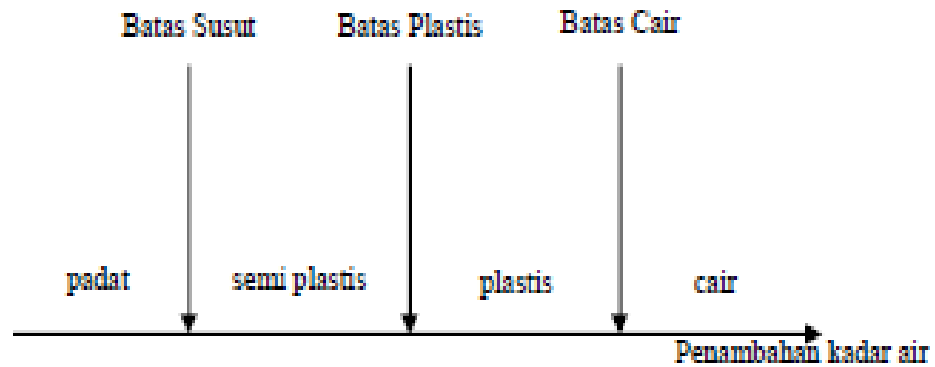
Tabel 2.3 Hubungan Antara Kemampuan Pengembangan dengan Indeks Plastisitas

Kemampuan Pengembangan	Indeks Plastisitas (%)
Rendah	0 – 11
Sedang	10 – 35
Tinggi	20 – 55
Sangat Tinggi	>55

Sumber: Fredlund (1993) dan Mitchel (1976)

2.4 Batas-Batas Atterberg

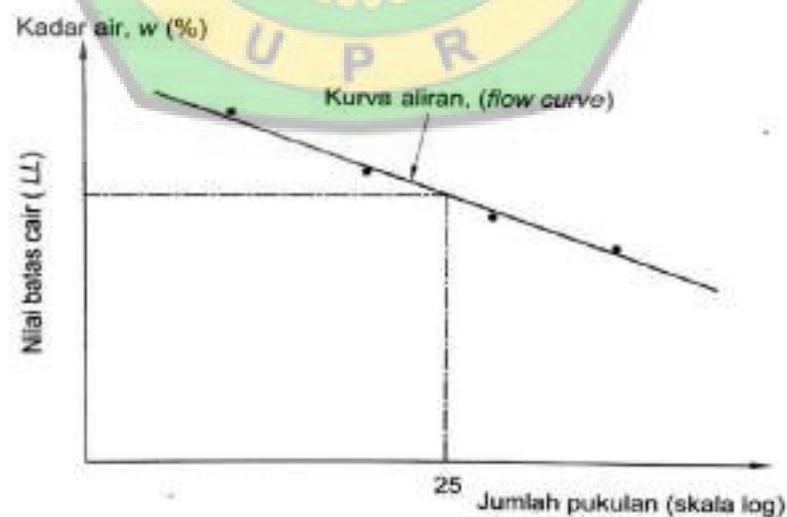
Hal yang harus diperhatikan pada tanah berbutir halus adalah sifat plastisitasnya. Sifat plastis disebabkan karena adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Plastisitas merupakan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak. Tanah dapat berwujud cair, plastis, semi plastis, dan padat tergantung pada besarnya nilai kadar air tanah tersebut. *Atterberg* (1991) dalam Hardiyatmo (2012), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar airnya. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), batas susut (*shrinkage limit*), dan indeks plastisitas (*plasticity indeks*). Batas konsistensi untuk tanah kohesif dapat dilihat dalam Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2.2 Batas-batas Atterberg

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Batas cair (LL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji *Casagrande*. Kemudian, hubungan kadar air dan jumlah pukulan yang dipadatkan dari hasil pengujian menggunakan alat *Casagrande* digambarkan dalam grafik semi logaritmik untuk menentukan kadar air pada 25 kali pukulan. Gambar 2.3 berikut menunjukkan nilai batas cair tanah lempung.



Gambar 2.3 Kurva pada Penentuan Batas Cair Tanah Lempung

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL), didefinisikan sebagai kadar air tanah pada kedudukan antara daerah plastis dan semi plastis, yaitu persentase kadar air dimana tanah yang berbentuk silinder dengan diameter 3,2 mm dalam keadaan mulai retak ketika digulung.

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL), didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah semi plastis dan padat, yaitu persentase kadar air dimana pengurangan kadar air selanjutnya tidak mengakibatkan perubahan volume tanah. Batas susut dinyatakan dalam persamaan 3.1 berikut ini.

$$SL = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_2} - \frac{(v_1 - v_2)\gamma_w}{m_2} \right) \times 100\% \quad (2.1)$$

Keterangan: m_1 = berat tanah basah dalam cawan percobaan (g)

m_2 = berat tanah kering oven (g)

v_1 = volume tanah basah dalam cawan (cm³)

v_2 = volume tanah kering oven (cm³)

γ_w = berat volume air (g/cm³)

2.5 Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) merupakan selisih antara nilai batas cair (LL) dan batas plastis (PL). Karena itu, indeks plastisitas menunjukkan nilai keplastisitan tanahnya. Jika tanah mempunyai PI tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika PI rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air

berakibat tanah menjadi kering. Indeks plastisitas (PI) adalah selisi batas cair dan batas plastis seperti persamaan 2.2 berikut ini.

$$PI = LL - PL \quad (2.2)$$

Keterangan: LL = Batas Cair

PL = Batas Plastis

Batasan mengenai indeks plastis, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh *Atterberg* terdapat dalam Tabel 2.4 berikut ini.

Tabel 2.4 Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non Plastis	Pasir	Non Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Lanau	Kohesif Sebagian
7 – 17	Plastisitas > Sedang	Lempung Berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas Tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber: Hardiyatmo, 2012

2.6 Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah secara umum merupakan pencampuran tanah dengan bahan tertentu, guna memperbaiki sifat-sifat tanah agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Menurut Bowles (1991) beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah meningkatkan kerapatan tanah, menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan atau tahanan gesek yang timbul, menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan atau fisis pada tanah, menurunkan muka air tanah (drainase tanah), dan mengganti tanah yang buruk. Stabilisasi tanah dapat terdiri dari salah satu kombinasi pekerjaan berikut:

2.6.1 Stabilisasi Mekanik

Stabilisasi mekanis dilakukan dengan cara mencampur atau mengaduk dua macam tanah atau lebih yang bergradasi berbeda untuk memperoleh material yang memenuhi syarat tertentu. Material yang telah dicampur ini, kemudian dihamparkan dan dipadatkan di lokasi proyek. Stabilisasi mekanis juga dapat dilakukan dengan cara menggali tanah buruk di tempat dan menggantinya dengan material granuler dari tempat lain.

2.6.2 Stabilisasi kimiawi

Stabilisasi menggunakan bahan tambah bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanik tanah dengan cara mencampur tanah dengan menggunakan bahan tambah dengan perbandingan tertentu. Perbandingan campuran bergantung pada kualitas campuran yang diinginkan. Jika pencampuran hanya dimaksudkan untuk merubah gradasi, plastisitas tanah dan *workability*, maka hanya memerlukan bahan tambah yang sedikit. Namun bila stabilisasi dimaksudkan untuk merubah tanah agar mempunyai kekuatan yang tinggi, maka diperlukan bahan tambah yang lebih banyak. Material yang telah dicampur dengan bahan tambah ini harus dihamparkan dan dipadatkan dengan baik.

2.7 Tambahan Bubuk Arang Kayu Untuk Stabilisasi Tanah

Bubuk arang kayu dapat memperbaiki sirkulasi air dan udara, serta dapat mengikat karbon, dan juga dapat mengurangi kembang susut pada tanah karena mempunyai sifat mereduksi indeks plastisitas tanah. Hal ini dapat menjadi latar belakang penggunaan bubuk arang kayu sebagai bahan stabilisasi, karena sifat dan

unsur kimia yang terkandung pada semua jenis arang pada umumnya terdiri dari bahan penyusun yang sama.

2.8 Pemadatan Tanah

proses naiknya kerapatan tanah dengan memperkecil jarak antara partikel sehingga terjadi reduksi volume udara. Tingkat pemadatan diukur dari volume kering yang dipadatkan, air tersebut akan berfungsi sebagai unsur pembasah atau pelumas pada partikel - partikel tanah. Karena adanya air, partikel-partikel tersebut agar lebih mudah bergerak dan bergeseran satu sama lain dengan membentuk kedudukan yang lebih rapat/padat. Usaha pemadatan yang sama, berat volume kering dari tanah akan naik bila kadar air dalam tanah pada saat dipadatkan meningkat.

Tujuan dari pemadatan tanah :

1. Mempertinggi kuat geser tanah,
2. Mengurangi sifat mudah mampat (kompersibilitas),
3. Mengurangi permeabilitas dan,
4. Mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air.

2.9 CBR (*California Bearing Ratio*)

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 Department* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). 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.

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 didapatkan 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.

2.9.1 Jenis-Jenis pengujian CBR

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas :

a. CBR Lapangan

CBR lapangan disebut juga CBR *inplace* atau field *inplace* 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 dimana nilai CBR akan ditentukan

lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk.

a. CBR Lapangan Rendaman (*undisturbed soaked CBR*)

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

b. 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, karena disiapkan di Laboratorium. Pemeriksaan CBR laboratorium pada penelitian ini menggunakan tanpa rendaman (*unsoaked design*) CBR.

2.9.2 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 penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2”, yaitu dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,1''} = \frac{A}{3000} \times 100\% \quad (2.3)$$

$$\text{Nilai CBR pada penetsai 0,2''} = \frac{A}{4500} \times 100\% \quad (2.4)$$

Dimana :

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.

Perbedaan dengan penelitian yang telah ada dapat dilihat pada Tabel 2.5

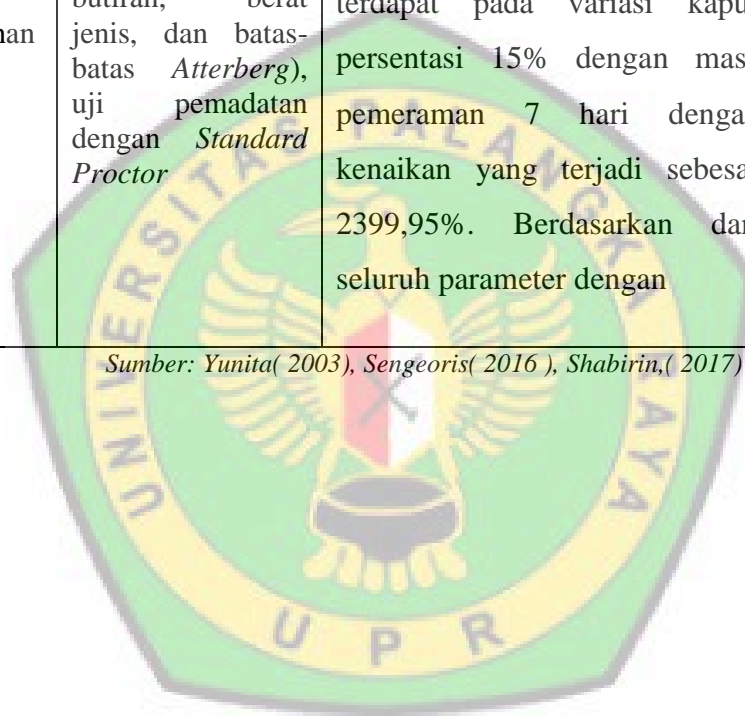
Tabel 2.5 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul	Metode	Hasil	Perbedaan Penelitian Sekarang
Yunita, 2003	Stabilisasi Tanah Menggunakan Abu Ampas Tebu	Uji yang ada meliputi kadar air, berat jenis, batas-batas Atterberg, pemadatan tanah dan uji CBR.	Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai CBR mengalami kenaikan. Nilai CBR tertinggi untuk penetrasi 0,1 inci terjadipada penambahan abu ampas tebu 15% dengan nilai 2,05375%, sedangkan nilai CBR terkecil pada penetrasi 0,2 inci terjadi pada penambahan abu ampas tebu 0% dengan nilai 0,1778%.	Penelitian yang dilakukan menggunakan bubuk arang kayu sebagai bahan tambah stabilisasi
Sengeoris, 2016	Pemanfaatan Bubuk Arang Kayu sebagai bahan Stabilisasi terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung Sukodono dengan Variasi Perawatan	Persentasi penambahan arang kayu digunakan menjadi bahan stabilisasi pada penelitian ini dengan variasi campuran 5% dan 7,5%	Nilai berat volume kering maksimum mengalami penurunan sedangkan nilai kadar air optimum mengalami kenaikan. Nilai volume berat kering maksimum terkecil dan kadar air optimum terbesar terdapat pada tanah persentase campuran 7,5% dengan lama perawatan 7 hari sebesar 1,213 gr/cm ³ dan 33,10%.	Penelitian yang dilakukan menambahkan variasi bubuk arang kayu sebesar 2%, 4%, dan 6% sebagai bahan stabilisasi tanah lempung

Lanjutan Tabel 2.5 Perbedaan dengan Penelitian Terdahulu

<p>Shabirin, 2017</p>	<p>Pengaruh Penambahan Kapur pada Stabilitas Tanah Lempung menggunakan Bahan Tambah</p>	<p>Pengujian <i>index properties</i> (kadar air, analisis ukuran butiran, berat jenis, dan batas-batas <i>Atterberg</i>), uji pemadatan dengan <i>Standard Proctor</i></p>	<p>Hasil pengujian dari nilai CBR terendam yang paling optimum terdapat pada variasi kapur persentasi 15% dengan masa pemeraman 7 hari dengan kenaikan yang terjadi sebesar 2399,95%. Berdasarkan dari seluruh parameter dengan</p>	<p>Penelitian yang dilakukan yaitu dengan waktu pemeraman, 3 hari dan 7 hari.</p>
---------------------------	---	--	---	---

Sumber: Yunita(2003), Sengeoris(2016), Shabirin,(2017)



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 UMUM

Penelitian yang akan dilaksanakan di lapangan meliputi survei lokasi, pengambilan sampel tanah dan pemboran tanah. Pemboran yang dilakukan yaitu pemboran ringan sampai kedalaman dangkal (<10 m). bor yang akan digunakan adalah bor jenis Iwan (*Iwan Auger*).

Penelitian di laboratorium yaitu menggunakan metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh penggunaan bubuk arang kayu pada tanah lempung terhadap nilai indeks plastisitas dan nilai CBR. Pembuatan dan pengujian terhadap sampel akan dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Adapun tahapan penelitian ini sebagai berikut.

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pengujian sifat fisik dan mekanis tanah
3. Pelaksanaan campuran dengan proporsi yang ditentukan berdasarkan metode coba-coba (*trial and error*) dan pembuatan sampel.
4. Pemeriksaan sifat mekanik campuran.
5. Analisa data.

3.2 Persiapan Alat dan Bahan

Bahan yang dipersiapkan terdiri dari sampel tanah dan bubuk arang kayu di peroleh dari pasar besar lolos saringan nomor 40 (0,425 mm).

Alat yang dipersiapkan terdiri dari :

1. Oven, timbangan desikator dan cawan timbangna tertitip dari gelas atau logam tahan karat untuk memeriksa kadar air.
2. Ring berat isi, jangka sorong, timbangan, oven dan desikator untuk memeriksa berat isi.
3. Piknometer, desikator, oven, bak perendam, botol berisi air sulingan, neraca, pompa hampa udara atau tungku listrik, thermometer serta saringan penadahnya untuk memeriksa berat jenis.
4. Alat batas cair standard (*Atterberg*), alat pembuat alur (*grooving tool*) ASTM dan Cassagrande, cawan porselin (*mortar*), pestel (penumbuk/penggerus) berkepala karet atau dibungkus karet, spatula/ spatel, gelas ukur, cawan, saringan, air destilasi dalam botol cuci dan alat- alatpemeriksa batas cair.
5. Plat kaca spatula, batang pembanding,cawan porselin, cawan untuk menentukan kadar air, gelas ukur neraca, oven dan air destilasi dalam botol cuci (*wash bottle*) untuk pemeriksaan batas plastis.
6. Prong plate, monel dish, cristalizing dish, cawan petry, mercury, porselin dish, neraca dan oven untuk pemeriksaan batas susut.
7. Mesin penguncang saringan (*sieve analysis*), saringan (*sieve*) timbangan dalam talam untuk pemeriksaan analisa saringan.
8. Hidrometer, tabung-tabung gelas, pengaduk mekanis dan mangkuk dispersi, oven, batang pengaduk dari gelas, dan *stop watch* untuk analisa hidrometer.

9. Mold, palu pemadatan standard dan modified, pisau pemotong, palu karet, kantong plastik, sendok, cawan, pan, gelas ukur, alat pengelusr contoh (*extruler mold*) dan timbangan untuk pemeriksa pemadatan laboratorium.
10. Mesin penetrasi CBR, CBR *mold*, piring pemisah, palu penumbuk modified, alat pengeluar contoh (*extruler mold*), alat pengukur pengembangan (*swelling*) keping beban lubang bulat dan lubang alur, piston penertasi pengukur beban dan penetrasi, talam dan cawan, alat perata, bak perendam, timbangan, kantong plastik, gelas ukur, dan kertas saring (*filter*) untuk pemeriksaan CBR laboratorium.

3.3 Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

Pengujian sifat fisik tanah asli yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Palangka Raya.

3.3.1. Uji Kadar Air

- a. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air dari sampel tanah, kadar air tanah adalah nilai perbandingan antara berat air dengan berat kering tanah yang dinyatakan dengan persen.
- b. Pemeriksaan dilakukan untuk tanah asli tidak terganggu dan dibuat 2 sampel dengan prosedur pelaksanaan sesuai dengan prosedur ASTM 2216-71.

3.3.2 Uji Berat Isi

- a. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat isi, berat pori, serta derajat kejenuhan suatu sampel tanah, berat isi tanah merupakan nilai perbandingan antara berat tanah termasuk air dengan isi tanah.
- b. Pemeriksaan ini adalah untuk tanah asli terganggu dan dibuat 2 sampel dengan prosedur pemeriksaan sesuai dengan prosedur ASTM D 2216-7.

3.3.3 Uji Berat Jenis

- a. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis suatu tanah, berat jenis tanah merupakan nilai perbandingan berat butiran dengan berat air destilasi di udara dengan isi yang sama pada temperatur tertentu, biasanya diambil pada suhu 27,5°C.
- b. Pemeriksaan dilakukan untuk tanah asli tidak terganggu dan dibuat sampel dengan prosedur pelaksanaan sesuai dengan prosedur ASTM D 854-72.

3.3.4 Uji Analisa Saringan

Analisa saringan adalah mengayak atau menggetarkan contoh melalui satu set ayakan dimana lubang-lubang tersebut makin kecil secara beruntut. Bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butir tanah yang lebih besar atau tertahan saringan no. 200 (0,074 mm). Pengujian ini menggunakan standar ASTM D 422-63, AASHTO.

3.3.5 Uji Batas Atterberg

a. Pengujian Batas Cair

1. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas cair dari sampel tanah, batas cair adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis. Tanah dalam keadaan batas cair apa bila diperiksa dengan alat *cassagrande*.
2. Pemeriksaan dilakukan untuk tanah asli terganggu dengan prosedur pelaksanaan pemeriksaan sesuai dengan prosedur ASTM D 423-66.

b. Pengujian Batas Plastis

1. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi batas plastis, batas plastis merupakan kadar air minimum di mana tanah masih dalam keadaan plastis (kadar air peralihan dari konsolidasi *semi solid* ke kondisi plastis).
2. Pemeriksaan dilakukan untuk tanah asli terganggu dengan prosedur pelaksanaan pemeriksaan sesuai dengan prosedur ASTM D 424-74.

c. Pengujian Batas Susut

1. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas susut dari sampel tanah, batas susut adalah kadar air tanah dalam keadaan batas antara semi padat dan padat. Suatu tanah akan menyusut apabila air yang dikandungnya secara perlahan-lahan hilang dalam tanah. Dengan hilangnya air secara terus menerus, tanah akan mencapai suatu tingkat keseimbangan penambahan kehilangan air akan menyebabkan perubahan volume.

2. Pemeriksaan dilakukan untuk tanah asli terganggu dengan prosedur pelaksanaan pemeriksaan sesuai dengan prosedur ASTM D 427-74.

3.3.6 Uji Indeks Plastisitas

Indeks Plastisitas atau plasticity index adalah selisih antar batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersipat plastis. Karena itu indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan dari suatu jenis tanah. Indeks plastisitas (PI) = LL – PL.

3.3.7 Uji Hidrometer

Metode ini mencakup penentuan dari distribusi ukuran butir tanah yang lolos saringan No. 200, Analisis hidrometer adalah metode untuk menghitung distribusi ukuran butir tanah berdasarkan sedimentasi tanah dalam air, kadang disebut juga uji sedimentasi. Analisis hidrometer ini bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir tanah yang berbutir halus.

3.4 Pemeriksaan Sifat Mekanik Tanah Asli

a. Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder berukuran tertentu menggunakan alat penumbuk.

b. *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai CBR tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kadar air tertentu.

3.5 Pelaksanaan Pengujian

Pada pelaksanaan pengujian, peneliti didampingi oleh tenaga ahli laboratorium. Berikut ini adalah proses dari tahapan pelaksanaan pengujian, yaitu sebagai berikut ini.

Sifat Fisik Tanah Asli

Pada setiap pengujian peneliti menggunakan 2 sampel benda uji, yaitu pada pengujian kadar air, berat volume, berat jenis, analisa saringan, serta batas-batas *atterberg*.

3.6 Pemeriksaan Mekanik Tanah Campuran

3.6.1. Uji Pemadatan Laboratorium (*Compaction*)

Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) tanah asli, dan nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) yang digunakan untuk pengujian CBR.

3.6.2 Uji CBR Laboratorium (*Laboratory CBR Test*)

Pengujian ini dilakukan dengan kondisi CBR *Unsoaked* dengan cara sampel tanah dipadatkan dengan penambahan air sesuai kadar air optimum yang didapatkan dari pengujian pemadatan tanah yang selanjutnya melalui pemeraman, 3 hari dan 7 hari

Tabel 3.1 Pengujian Tanah Asli

No	Pengujian	Specimen	Kebutuhan Tanah (gr)
1	Pengujian Kadar Air Tanah	2	50
2	Pengujian Berat Jenis Tanah	2	50
	Pengujian Analisa Granular		
3	Pengujian Analisa Saringan	2	1000
4	Pengujian Analisa Hidrometer	2	
	Pengujian Batas-batas Atterberg		
5	Pengujian Batas Cair	2	1000
6	Pengujian Batas Plastis	2	300
7	Pengujian Batas Susut	2	100
8	Pengujian Pemadatan Standar	5	10000
9	Pengujian CBR	2	10000
	Jumlah	26	22500

Tabel 3.2 Pengujian Tanah Asli + Bubuk Arang Kayu (Pemeraman 3 hari dan 7 hari)

No	Pengujian	Variasi Kadar Bubuk Arang X Jumlah Spesimen X Intensitas Pemeraman	Jumlah Benda Uji
1	Pengujian Berat Jenis Tanah	3x2x2	12
2	Pengujian Batas- Batas Atterberg		
	Pengujian Batas Cair	3x2x2	12
	Pengujian Batas Plastis	3x2x2	12
3	Pengujian Pemadatan	3x5x2	30
4	Pengujian CBR Laboratorium	3x3x2	18
	Jumlah		84

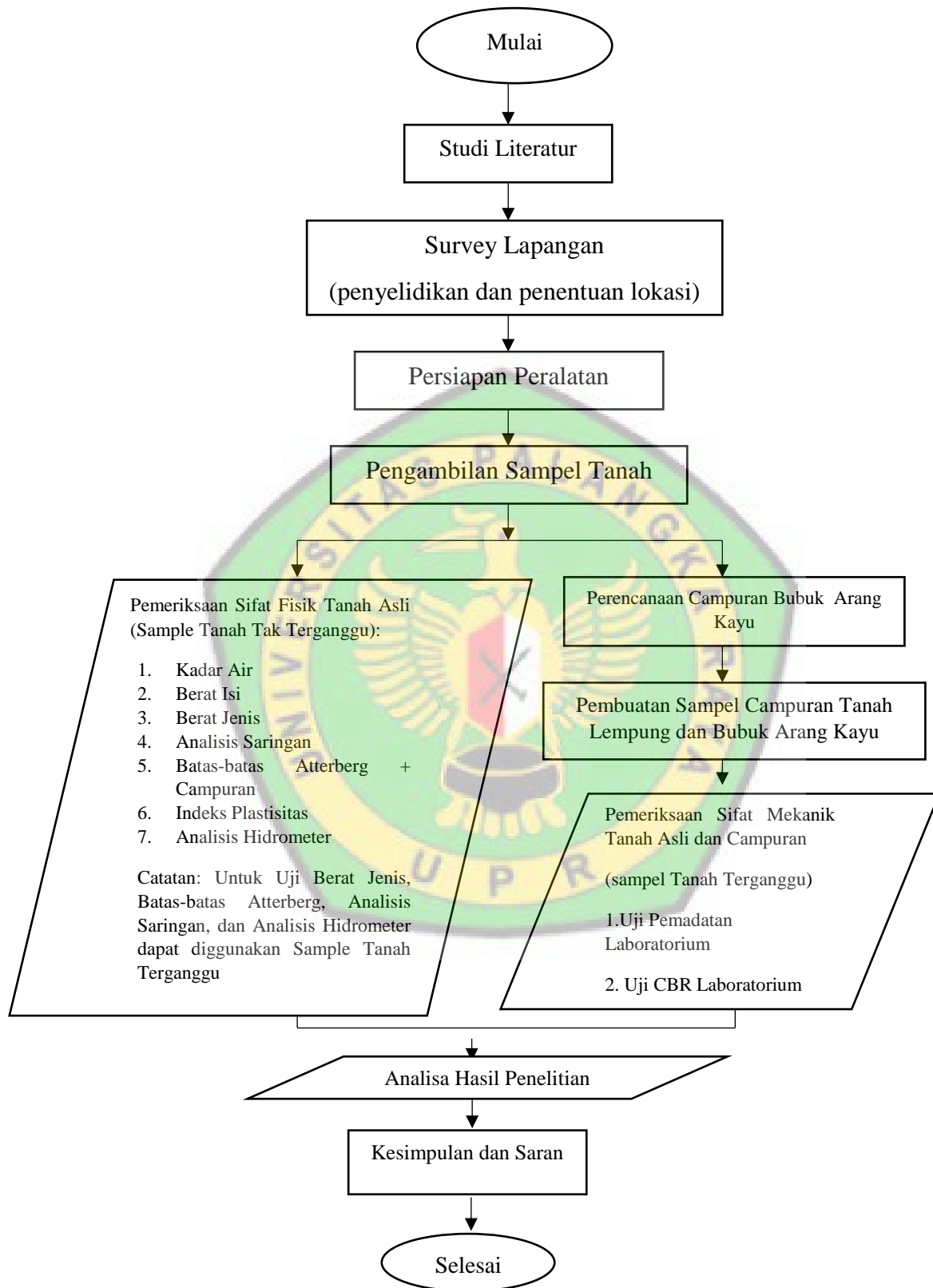
Tabel 3.4 Jumlah Kebutuhan Tanah dan Bubuk Arang Kayu

No	Pengujian	Spesis men	Kebutuhan Tanah (gr)	Kebutuhan Bubuk Arang Kayu (gr)			Jumlah
				2%	4%	6%	
1	Pengujian Berat Jenis Tanah	2	250	5	10	15	30
2	Pengujian Batas-Batas Atterberg						
	Pengujian Batas Cair	2	1500	30	60	80	170
	Penujian Batas Susut	2	500	10	20	30	60
	Pengujian Batas Plastis	2	500	10	20	30	60
3	Pengujian Pematatan	2	20000	400	800	1200	2400
4	Pengujian CBR Laboratorium	2	25000	500	1000	1500	3000
	Jumlah	12	47750				5720

Sehingga:

Jumlah total tanah yang diperlukan untuk pengujian ini adalah 47,750 gram atau 47,75 kg

Jumlah total bubuk arang kayu yang diperlukan untuk pengujian ini adalah 5,720 gram atau 5,72 kg



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Hasil pengujian sifat-sifat fisik tanah di dapat nilai, kadar air(w) = 37,19%; berat isi kering(γ_d)= 1,44gr/cm³; berat jenis(GS)= 2,75; batas -batas *Atterberg* yaitu LL = 34,00%; PL = 17,10%; PI = 16,90%; SL = 20,45%; analisis saringan persentase lolos saringan no 200 = 52,10%, analisis hidrometer = 11,233%. Menurut AASHTO tanah diklasifikasikan tanah berlempung,dalam kelompok A-6 (6), dan menurut USCS tanah diklasifikasikan tanah berlempung anorganik kelompok CL(Tanah Berbutir Halus), dan secara visual tanah berwarna kuning dan bercampur dengan sedikit pasir. Sifat mekanik tanah ini mempunyai nilai kadar air optimum (OMC) tanah asli =22,20%, kepadatan maksimum($\gamma_{d\ max}$) = 1,570(gr/cm³), dan nilai CBR Sampel tanah asli didapat Nilai CBR = 2,12%.

2. Hasil pengujian Indeks Plastisitas dengan penambahan bubuk arang kayu terjadi penurunan setiap kali ditambahkan campuran bubuk arang kayu, sehingga jika nilai indeks plastisitas (PI) berkurang maka keplastisannya semakin menurun, penambahan bubuk arang kayu mempengaruhi nilai (PI). Tanah asli (PI) =16,90%; 2% (PI) = 16,74%; 4% (PI) = 16,54%; 6% (PI) = 16,36%;..mempunyai selisih 2%=0,16; 4%=0,36; 6%=0,54, pada setiap

campuran, persentase penurunan yaitu 2%=0,95%; 4%=2,17% dan 6%=3,3%. Penurunan terbesar terlihat pada penambahan bubuk arang kayu di 6% (PI) 16,36 dengan selisih 0,54 dan persentase 3,3% penurunan nilai indeks plastisitasny dari tanah asli indeks plastisitasny (PI) 16,90 mengalami penurunan.

3. Hasil pengujian nilai Pemadatan dan CBR laboratorium setelah ditambahkan bubuk arang kayu:

- a. Hasil pengujian pemadatan dengan penambahan bubuk arang kayu nilai kadar air optimum dan kepadatan maksimum pada setiap campuran adalah, *OMC* pada pemeraman 3 hari 2%, = 20,17%; 4%=21,86; 6%=22,82 dan kepadatan maksimum 2%=1,596(gr/cm³); 4%=1,614(gr/cm³); 6%= 1,622(gr/cm³). *OMC* pada pemeraman 7 hari didapat pada penambahan bubuk arang kayu nilai *OMC*ny 2%= 22,08; 4%=21,21; 6%=21,01 dan kepadatan maksimum 2%=1,630(gr/cm³); 4%=1,640(gr/cm³); 6%= 1,656(gr/cm³). dan setiap penambahan bubuk arang kayu terlihat selisih dan persentase kenaikan pada nilai kepadatan maksimum, selisih di 2%=0,26; 4%=0,044; 6%=0,052; pada pemeraman 3 hari, dan pada 7 hari 2%=0,060; 4%=0,070; 6%=0,086 selisihnya setiap kali ditambahkan campuran. Persentase kenaikan kepadatan maksimum 2%= 1,65%; 4%= 2,80%; 6%= 3,31% dan pada pemeraman 7 hari di dapat persentase setelah dicampurkan bubuk arang kayu 2%= 3,82; 4%=4,45; 6%=5,75%. Persentase tertinggi komposisi tanah asli+bubuk arang kayu 6% pemeraman 7 hari didapat *OMC* =

21,01%, $\gamma_{d \max} = 1,656(\text{gr/cm}^3)$, maka disimpulkan terjadi kenaikan tertinggi selisih 0,086 persentase kenaikan sebesar 5,477% dari tanah asli.

- b. Nilai CBR tanah asli dan campuran bubuk arang kayu, pemeraman 3 hari, nilai CBRny 2% = 3,80%; 4% = 4,20%; 6% = 4,80%;.. Untuk tanah asli dan campuran bubuk arang kayu, pemeraman 7 hari, nilai CBR ny 2% = 4,70%; 4% = 5,80%; 6% = 7,00%; setiap penambahan bubuk arang kayu terlihat selisih dan persentase kenaikan, pada pemeraman 3 hari pada setiap kali ditambahkan campuran mempunyai selisih 2%=1,68; 4%=2,08; 6%=2,68; dan pada pemeraman 7 hari 2%=2,58; 4%=3,68;6%=4,88. Persentase kenaikan setelah ditambahkan bahan campuran pemeraman 3 hari 2%=79,24%;4%=98,11%; 6%125,41%. Pada pemeraman 7 hari 2%=121,70%;4%=173,58%; 6%=230,19%. Persentase optimum terjadi pada penambahan bubuk arang kayu 6% dengan komposisi tanah asli+bubuk arang kayu 6% dan masa pemeraman 7 hari, maka dapat disimpulkan terjadi kenaikan dari tanah asli nilai CBR 2,12% setelah penambahan bubuk arang kayu yang tertinggi di 6% penambahan bubuk arang kayu, didapat nilai CBR 7,00% dengan selisih sebesar 4,88 dari CBR tanah asli dan persentase kenaikan sebesar 230,19%.

5.2 Saran

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

1. Bagi peneliti yang akan datang melakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh penambahan bubuk arang kayu dapat menggunakan jenis tanah lain dengan persentase bubuk arang kayu lebih besar agar hasilnya lebih optimal dan di lakukan perbandingan dengan bahan campuran yang lain.
2. Pada penelitian ini kekurangan uji pendukung lainnya, oleh karena itu perlu penelitian lanjutan dengan melakukan pengujian mekanik tanah lainnya seperti uji triaxial , dan uji geser secara langsung.
3. Untuk melihat kenaikan atau penurunan CBR tanah, sebaiknya dilakukan penambahan umur pemeraman dan dilakukan perendaman.
4. Pemeriksaan pemadatan laboratorium dan pemeriksaan CBR laboratorium dapat menggunakan cara *modified* agar lebih bervariasi.
5. 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

- Bowles, Joseph E. Johan K. Helnim. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika tanah). PT.Erlangga. Jakarta
- Chen, F.H. (1975), *Foundation on Expansive Soil*, Development in Geotechnical Engineering12, Esevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Fredlund, D. G.; Rahardjo, H. (1993), *Soil Mechanics for Unsaturated Soil*. A Willey Interscience Publication, John Willey & Sons, Inc.
- Hardiyatmo, H.C., 2012, *Mekanika Tanah 1*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mitchell, J.K., 1976, "Fundamental of Soil Behavior, John Wiley and Sons. Inc
New York.
- Sengerois, 2016, Pemanfaatan Bubuk Arang Kayu sebagai Bahan Tambah Stabilisasi terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung Sukodono dengan Variasi Perawatan, Skripsi *Thesis*, Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Shabirin, 2017, Pengaruh Penambahan Kapur pada Stabilitas Tanah Lempung menggunakan Bahan Tambah *Rotec* terhadap Nilai CBR, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Yunita, 2003, Stabilisasi Tanah Lempung dengan Menggunakan Abu Ampas Tebu, S1 *Thesis*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta