

TUGAS AKHIR

**STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN
BAHAN TAMBAH PASIR DAN KAPUR TERHADAP
NILAI CBR
*SOIL STABILIZATION USING CUTBACK SAND AND
LIMESTONE TOWARDS CBR VALUE***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



Reztya Asy'ari Ardy Utami

16511061

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020**

TUGAS AKHIR

STABILISASI TANAH LEMPUNG MENGGUNAKAN BAHAN TAMBAH PASIR DAN KAPUR TERHADAP NILAI CBR

SOIL STABILIZATION USING CUTBACK SAND AND LIMESTONE TOWARDS CBR VALUE



Pembimbing

Ir. Akhmad Marzuko, M.T.

NIK: 885110107

Penguji 1

M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng

NIK: 135111101

Penguji II

Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.

NIK: 045110407



Mengesahkan

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Sri Amini Yuni Astuti, I.R., M.T.

NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 26 Mei 2021

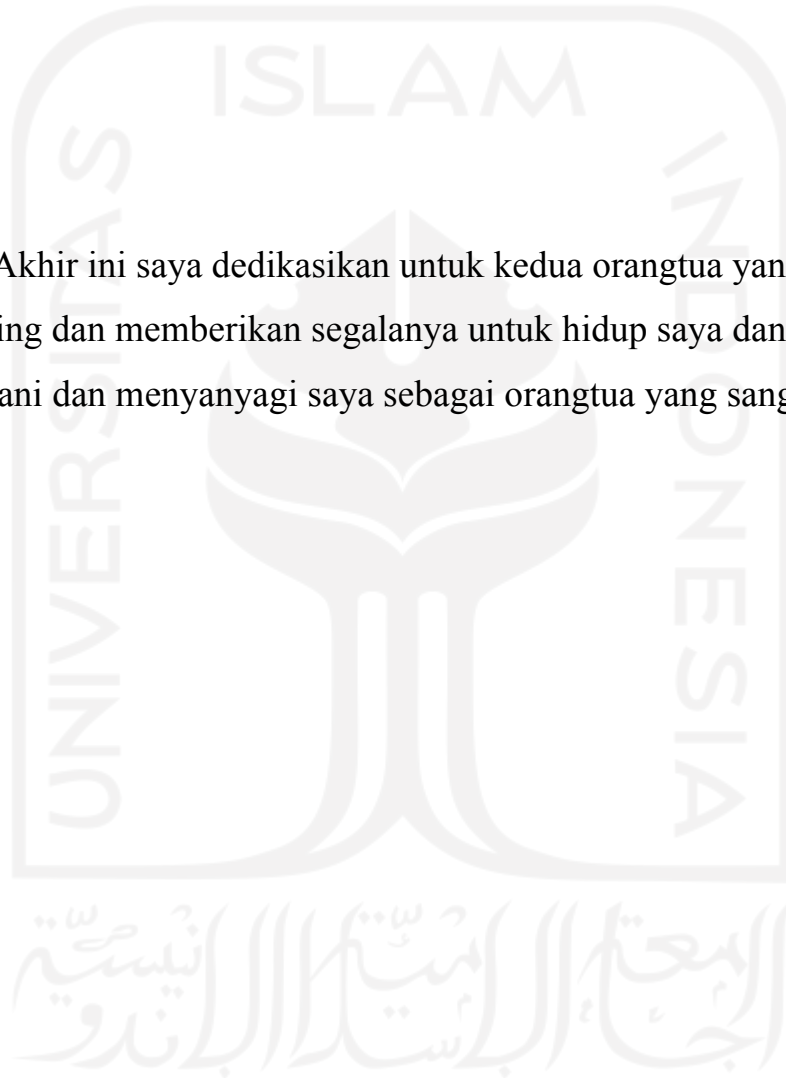
Yang membuat pernyataan,



Reztya Asy'ari Ardy Utami
(16511061)

LEMBAR DEDIKASI

Tugas Akhir ini saya dedikasikan untuk kedua orangtua yang sudah membimbing dan memberikan segalanya untuk hidup saya dan senantiasa menemani dan menyanyagi saya sebagai orangtua yang sangat baik.



Terimakasih

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Stabilisasi Tanah Menggunakan Bahan Tambah Pasir dan Kapur Terhadap Nilai CBR*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Ir. Akhmad Marzuko, M.T. selaku dosen pembimbing,
2. Dosen penguji Bapak M. Rifqi Abdurrozak, S.T., M.Eng. serta Ibu Hanindya Kusuma Artati, S.T., M.T.
3. Kepala Program Studi Teknik Sipil Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti. M.T.
4. Bapak, ibu serta berbagai pihak yang telah mendukung dan mendorong baik secara moral maupun materiil, sehingga terselesaikanya Tugas Akhir ini.
5. Keluarga Teknik Sipil angkatan 2016 yang menemani selama perkuliahan.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 26 Mei 2021

Reztya Asy'ari Ardya Utami

16511061

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xiii
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Stabilisasi Tanah dengan Pasir	4
2.2.1 Stabilisasi Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>) Dengan Menggunakan Pasir Untuk Menaikkan <i>CBR</i> dan Menurunkan <i>Swelling</i>	4
2.2 Stabilisasi Tanah dengan Kapur	4
2.2.1 Stabilitas Tanah Lempung Dengan Pasir Berbagai Gradasi dan Campuran Kapur	4
2.2.2 Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir dan Kapur	5

2.2.3	Pengaruh Penambahan Pasir dan Kapur Untuk Stabilitas Tanah Lempung Sebagai <i>Subgrade</i> Jalan Raya	5
2.2.4	Stabilisasi Tanah Lempung Campur Kapur dan Abu Sekam Padi Berdasarkan Uji Coba <i>CBR</i> Laboratorium	6
2.3	Perbedaan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian yang Akan Dilakukan	6
BAB III LANDASAN TEORI		10
3.1	Tanah	10
3.1.1	Definisi Tanah	10
3.1.2	Klasifikasi Tanah	11
3.1.3	Tanah Lempung	14
3.2	Stabilisasi Tanah	15
3.2.1	Definisi Stabilisasi Tanah	15
3.2.2	Abu Ampas Tebu Sebagai Bahan Tambah Stabilisasi Tanah	16
3.2.3	Kapur Sebagai Bahan Tambah Stabilisasi Tanah	16
3.3	Pengujian yang Akan Dilakukan	17
3.3.1	Pengujian Kadar Air (<i>Moisture Content/Water Content</i>)	17
3.3.2	Pengujian Berat Volume	18
3.3.3	Pengujian Berat Jenis	18
3.3.4	Pengujian Analisa <i>Granuler</i>	19
3.3.5	Pengujian Batas-Batas Konsistensi (<i>Atterberg Limit</i>)	21
3.3.6	Pengujian Pemadatan Tanah (<i>Proctor Standard</i>)	25
3.3.7	Pengujian <i>CBR</i> (<i>California Bearing Ratio</i>)	26
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		28
4.1	Jenis Penelitian	28
4.2	Lokasi Penelitian	28
4.3	Bahan Penelitian	28
4.4	Pengujian dan Variasi Sampel Penelitian	28

4.4.1	Pengujian Penelitian	28
4.4.2	Variasi Sampel dan Jumlah Sampel Penelitian	29
4.5	Bagan Alir Penelitian	30
BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		33
5.1	Hasil Penelitian	33
5.2	Pengujian Sifat Fisik Tanah	33
5.2.1	Pengujian Kadar Air	33
5.2.2	Pengujian Berat Volume	34
5.2.3	Pengujian Berat Jenis	34
5.2.4	Pengujian Analisa Granuler	35
5.2.5	Pengujian Batas-batas Atterberg	38
5.2.6	Pengujian Pemadatan Tanah	41
5.2.7	Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli	44
5.3	Pengujian Sifat Mekanik Tanah	52
5.3.1	Pengujian <i>California Bearing Ratio (CBR)</i>	52
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		63
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Saran	64
DAFTAR PUSTAKA		65
LAMPIRAN		67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu	7
Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi <i>AASHTO</i>	12
Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi <i>USCS</i>	13
Tabel 3.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah	19
Tabel 3.4 Susunan Satu Unit Saringan dan Diameter	20
Tabel 3.5 Nilai Indeks Plastisitas Dan Macam Tanah	24
Tabel 3.6 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan <i>Linier Shrinkage</i>	24
Tabel 4.1 Jenis Sampel Tanah Pada Setiap Pengujian	31
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli	33
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli	34
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli	35
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 1	36
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 1	36
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 2	37
Tabel 5.7 Presentase Ukuran Butiran	38
Tabel 5.8 Presentase Ukuran Butiran Berdasarkan <i>AASHTO & USCS</i>	38
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Batas Cair	39
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Batas Plastis	40
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Batas Susut	41
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1	42
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2	42
Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan Tanah	44
Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah	45
Tabel 5.16 Klasifikasi Kelompok Tanah Asli Berdasarkan Sistem <i>AASHTO</i>	46
Tabel 5.17 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli <i>Unsoaked</i>	54

Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli <i>Soaked</i>	56
Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli	57
Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli + Pasir	57
Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli + Pasir + Kapur	57



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Batas-batas <i>Atterberg</i>	22
Gambar 3.2 Kurva Penentuan Batas Cair Tanah Lempung	22
Gambar 3.3 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering	26
Gambar 3.4 Grafik Standar Pengujian <i>CBR</i> di Laboratorium	27
Gambar 4.1 Bagan Alir (<i>Flowchart</i>) Penelitian	30
Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Butiran Tanah Asli	37
Gambar 5.2 Grafik Pengujian Batas Cair	39
Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1	43
Gambar 5.4 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2	44
Gambar 5.5 Klasifikasi Umum Tanah Asli Berdasarkan Sistem <i>AASHTO</i>	46
Gambar 5.6 Indeks Kelompok Tanah Asli Berdasarkan Sistem <i>AASHTO</i>	47
Gambar 5.7 Tipe Material Tanah Asli Berdasarkan Sistem <i>AASHTO</i>	48
Gambar 5.8 Penilaian Umum Tanah Sebagai Tanah Dasar Berdasarkan Sistem <i>AASHTO</i>	49
Gambar 5.9 Divisi Utama Tanah Asli Berdasarkan Sistem <i>USCS</i>	50
Gambar 5.10 Grafik Karakteristik Tanah dengan Sistem <i>USCS</i>	51
Gambar 5.11 Kelompok CL pada Sistem <i>USCS</i>	51
Gambar 5.12 Penentuan Macam Tanah Berdasarkan Nilai <i>PI</i>	52
Gambar 5.13 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan <i>PI</i> dan <i>SI</i>	52
Gambar 5.14 Grafik Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli <i>Unsoaked</i> Sampel 1	53
Gambar 5.15 Grafik Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli <i>Unsoaked</i> Sampel 2	54
Gambar 5.16 Grafik Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli <i>Soaked</i> Sampel 1	55
Gambar 5.17 Grafik Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli <i>Soaked</i> Sampel 2	56
Gambar 5.18 Grafik Hasil Pengujian <i>CBR Unsoaked</i> Tanah Asli + 10%,20%, 30% Pasir	58
Gambar 5.19 Grafik Hasil Pengujian <i>CBR Unsoaked</i> Tanah Asli +	59

10% Pasir + 2, 4, 6,% Kapur Pemeraman 1 Hari	
Gambar 5.20 Grafik Hasil Pengujian <i>CBR Unsoaked</i> Tanah Asli +	59
10% Pasir + 2, 4, 6,% Kapur Pemeraman 3 Hari	
Gambar 5.21 Grafik Hasil Pengujian <i>CBR Unsoaked</i> Tanah Asli +	60
10% Pasir + 2, 4, 6,% Kapur Pemeraman 7 Hari	
Gambar 5.22 Grafik Hasil Pengujian <i>CBR Soaked</i> Tanah Asli +	61
10% Pasir + 2, 4, 6,% Kapur Rendaman 4 Hari	
Gambar 5.23 Grafik Hasil Pengujian <i>CBR</i> Tanah Asli + Pasir + Kapur	61



DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

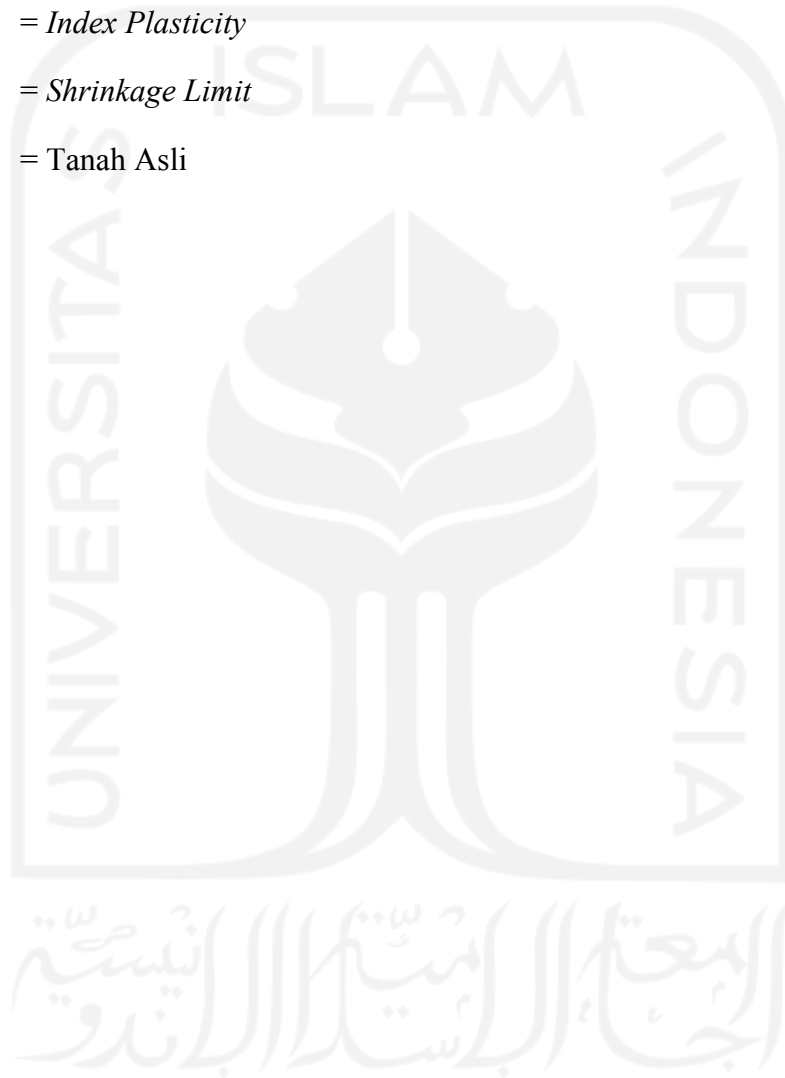
Notasi :

γ	= Berat Volume Tanah
γ_d	= Berat Volume Tanah Kering
$\gamma_d \text{ max}$	= Berat Volume Tanah Kering Maksimum
w_{opt}	= Kadar Air Optimum
W	= Berat
W_w	= Berat Air
W_s	= Berat Tanah Kering
V	= Volume
G_s	= Berat Jenis
$t^{\circ}\text{C}$	= Suhu dalam Celcius
C_u	= Koefisien Seragam
C_c	= Koefisien Gradasi
W_1	= Berat Cawan
W_2	= Berat Tanah Basah + Cawan
W_3	= Berat Tanah Kering + Cawan
n	= Jumlah Pukulan

Singkatan :

<i>AASHTO</i>	= <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
<i>USCS</i>	= <i>Unified Soil Classification System</i>

<i>MDD</i>	= <i>Maximum Dry Density</i>
<i>OMC</i>	= <i>Optimum Moisture Content</i>
<i>LL</i>	= <i>Liquid Limit</i>
<i>PL</i>	= <i>Plastic Limit</i>
<i>IP</i>	= <i>Index Plasticity</i>
<i>SL</i>	= <i>Shrinkage Limit</i>
TA	= Tanah Asli



ABSTRAK

Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten merupakan salah satu wilayah bertanah lempung yang memiliki kondisi kembang susut serta nilai daya dukung tanah yang rendah sehingga menyebabkan kerusakan baik kerusakan jalan maupun bangunan. Oleh karena itu dilakukan pengujian stabilisasi tanah menggunakan bahan tambah berupa pasir dan kapur. Pasir bermanfaat melengkapi gradasi butiran tanah serta kapur berguna dalam mengikat butir-butir maupun partikel tanah. Selain itu, pasir dan kapur mudah didapatkan dan harganya terjangkau.

Tugas akhir ini dilakukan dengan tujuan mengetahui klasifikasi tanah asli serta mencari besaran daya dukung tanah asli dan yang telah distabilisasi dengan bahan tambah. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan sampel tanah yang berasal dari Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten dengan variasi bahan tambah sebesar 10%, 20% dan 30% pasir serta 2%, 4% dan 6% kapur dan dengan usia pemeraman 1 hari, 3 hari dan 7 hari serta perendaman selama 4 hari dengan pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*.

Hasil dari pengujian ini dipilih variasi 10% pasir serta 2%, 4%, dan 6% kapur didapatkan nilai *CBR* tanah asli tanpa rendaman sebesar 5,014% dan dalam kondisi rendaman sebesar 1,152%. Nilai *CBR* tanah asli dengan bahan tambah pasir dan kapur didapatkan nilai *CBR* terbesar pada pemeraman 7 hari dengan variasi tanah asli + 10% pasir + 2%, 4% dan 6% kapur sebesar 12,195% , 13,324% , dan 15,583% serta perendaman 4 hari sebesar 1,716% , 2,529%, dan 5,239%. Peningkatan *CBR unsoaked* sebesar 210,811% serta *CBR soaked* sebesar 354,902% terhadap variasi campuran tanah asli + 10% pasir + 6% kapur. Nilai *CBR* mengalami peningkatan selama penambahan kadar kapur dan seiring dengan lamanya waktu pemeraman.

Kata Kunci : Tanah Lempung, Stabilisasi, Pasir, Kapur Padam, *California Bearing Ratio*

ABSTRACT

Pagerjurang Village, Bayat District, Klaten Regency is one of the areas with clay soil that has a swelling and shrinking condition and low soil carrying capacity, causing damage to both roads and buildings. Therefore, soil stabilization testing was carried out using added materials in the form of sand and lime. Sand is useful to complement the gradation of soil grains and lime is useful in binding grains and soil particles. In addition, sand and lime are easily available and affordable.

This final project was carried out with the aim of knowing the classification of the original soil and finding the carrying capacity of the original and stabilized soil with added materials. Soil stabilization in this study used soil samples from Pagerjurang Village, Bayat District, Klaten Regency with variations in added materials of 10%, 20% and 30% sand and 2%, 4% and 6% lime and with a ripening age of 1 day, 3 days and 7 days and immersion for 4 days with the California Bearing Ratio (CBR) test.

The results of this test were selected variations of 10% sand and 2%, 4%, and 6% lime, the CBR value of the original soil without immersion was 5.014% and in immersion conditions of 1.152%. The CBR value of the original soil with sand and lime added, the largest CBR value was obtained at 7 days of curing with variations of original soil + 10% sand + 2%, 4% and 6% lime by 12,195%, 13,324%, and 15,583% as well as immersion 4 days of 1.716%, 2.529%, and 5.239%. The increase in unsoaked CBR was 210.811% and soaked CBR was 354.902% for the variation of the original soil mixture + 10% sand + 6% lime. The CBR value increased during the addition of lime content and along with the length of curing time.

Keywords: Clay Soil, Stabilization, Sand, Dry Lime, California Bearing Ratio

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Braja (1988) menyimpulkan penemuannya sebagai berikut.

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Indonesia memiliki wilayah yang sangat luas, oleh karena itu memiliki beragam jenis tanah yang tersebar disetiap wilayahnya. Umumnya sebagian besar wilayah Indonesia ini diliputi oleh tanah lempung. Tanah lempung memiliki plastisitas yang cukup tinggi, volumenya akan berubah bila kadar air bertambah. Tanah lempung atau sering disebut tanah kohesif, pada keadaan kering akan sangat keras seakan-akan tidak *compressible* (tidak memadat) dan sebaliknya apabila tanah lempung jenuh air, maka tanah akan menjadi sangat lunak dan *compressible*. Sifat inilah yang dapat menyebabkan kerusakan baik kerusakan alam seperti tanah longsor maupun kerusakan pada konstruksi bangunan. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat tanah.

Stabilisasi tanah dapat dilakukan secara mekanis maupun menggunakan bahan-bahan khusus. Secara mekanis, stabilisasi tanah dilakukan dengan mengatur gradasi butiran tanah kemudian dilakukan proses pemadatan, sedangkan stabilisasi yang menggunakan bahan khusus dapat dilakukan dengan menambah bahan tersebut kedalam tanah yang akan distabilisasi. Stabilisasi tanah pada penelitian ini menggunakan pasir dan kapur sebagai bahan tambah khusus untuk melihat seberapa besar pengaruh campuran pasir dan kapur terhadap daya dukung tanah lempung yang telah distabilisasi dengan sampel tanah berasal dari Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana klasifikasi tanah di Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten?
2. Bagaimana pengaruh penambahan pasir terhadap nilai *CBR* tanah yang telah distabilisasi?
3. Bagaimana besaran nilai *CBR* tanah asli dan yang telah distabilisasi dengan bahan tambah pasir dan kapur?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan penelitian diatas, tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui :

1. Klafisikasi tanah di Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten menurut metode *AASHTO* dan *USCS*.
2. Pengaruh penambahan pasir terhadap nilai *CBR* tanah yang telah distabilisasi.
3. Besaran nilai *CBR* tanah asli dan yang telah distabilisasi dengan bahan tambah pasir dan kapur.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui sifat fisik dan sifat mekanik tanah yang diuji dari Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten.
2. Mengetahui pengaruh penambahan pasir terhadap nilai *CBR* tanah yang telah distabilisasi.
3. Mengetahui hasil nilai *CBR* tanah yang telah distabilisasi dengan bahan tambah pasir dan kapur.
4. Menambah pengetahuan penggunaan pasir dan kapur sebagai bahan tambah stabilisasi tanah lempung sehingga dapat diaplikasikan untuk perencanaan stabilisasi tanah dasar pada jalan maupun tanah timbunan.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan – Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang diteliti diperoleh dari Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten.
2. Bahan tambah yang digunakan sebagai bahan stabilisasi adalah pasir dan kapur.
3. Dalam penelitian ini tidak meninjau pengaruh dari unsur kimia dan *swelling*.
4. Penambahan variasi pasir terhadap berat kering tanah adalah 10%, 20%, dan 30%.
5. Mempertimbangkan 1 (satu) variasi pasir yang akan digunakan dalam pencampuran dengan variasi kapur.
6. Penambahan variasi kapur terhadap berat kering tanah campuran menggunakan kadar kapur 2%, 4%, dan 6%.
7. Penambahan variasi pasir dan kapur hanya dilakukan pengujian *California Bearing Ratio*.
8. Jenis pengujian meliputi pengujian-pengujian berikut ini:
 - a. pengujian terhadap tanah asli
 - 1) pengujian kadar air
 - 2) pengujian berat volume
 - 3) pengujian berat jenis
 - 4) pengujian analisa *granuler*
 - 5) pengujian batas-batas *Atterberg*
 - 6) pengujian pemadatan tanah (*Standard Proctor*)
 - 7) pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)
 - b. pengujian terhadap tanah yang sudah distabilisasi
 - 1) pengujian pemadatan tanah (*Standard Proctor*)
 - 2) pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)
9. Pengujian *CBR unsoaked* dilakukan dengan masa peram 1 hari, 3 hari dan 7 hari dan *CBR soaked* dilakukan dengan masa rendam 4 hari

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Stabilisasi Tanah dengan Pasir

Penelitian mengenai stabilitas tanah lempung dengan menggunakan bahan tambah dan efeknya terhadap daya dukung tanah sebelumnya telah dilakukan, hal tersebut memberikan referensi bagi peneliti. Pada penelitian ini ada 1 studi terdahulu yang diambil sebagai pertimbangan dalam penelitian ini. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dengan bahan tambah pasir, antara lain sebagai berikut.

2.1.1 Stabilisasi Tanah Dasar (*Subgrade*) Dengan Menggunakan Pasir Untuk Menaikkan Nilai *CBR* dan menurunkan *Swelling*.

Utami dkk (2015) dalam Jurnalnya menggunakan Pasir sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung. Hasil dari penelitiannya adalah, hasil daya dukung tanah lempung setelah distabilisasi dengan komposisi pasir sebesar 10%, 20%, 30%, 40% 50% terhadap total volume tanah campuran. Pada pengujian *California Bearing Ratio* didapatkan nilai *CBR* mengalami peningkatan dari 13,215% tanah asli menjadi 16,485% pada penambahan pasir 40%.

2.2 Stabilisasi Tanah dengan Kapur

Pada penelitian ini ada 4 studi terdahulu yang diambil sebagai pertimbangan dalam penelitian ini. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya dengan bahan tambah kapur, antara lain sebagai berikut.

2.2.1 Stabilitas Tanah Lempung Dengan Pasir Berbagai Gradasi dan Campuran Kapur

Hafizh dkk (2017) dalam jurnal Stabilitas Tanah Lempung Dengan Pasir Berbagai Gradasi dan Campuran Kapur dalam menggunakan Pasir Berbagai Gradasi dan Campuran Kapur sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung. Hasil dari penelitiannya adalah, hasil daya dukung

tanah lempung setelah distabilisasi dengan variasi pasir 30% dan 40% dari berat tanah kering dengan menggunakan Uji *California Bearing Ratio* dengan waktu pemeraman 28 hari. Pada pengujian *California Bearing Ratio* didapatkan nilai *CBR* tertinggi terdapat pada komposisi lempung yang lebih sedikit dan penambahan kapur dapat mengurangi kadar air secara cepat.

2.2.2 Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir dan Kapur

Prasetya dkk (2019) dalam Jurnalnya menggunakan Pasir dan Kapur sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung lunak yang diambil dari Daerah Jalan Makan, Kelurahan Malasom, Distrik Aimas, Kabupaten Sorong. Hasil dari penelitiannya adalah, hasil daya dukung tanah lempung setelah distabilisasi dengan variasi pasir 20% serta kapur sebesar 4%, 8%, 12%, dan 16% dengan waktu pemeraman 7 hari sebelum dilakukan pengujian *California Bearing Ratio*. Pada pengujian *California Bearing Ratio* didapatkan nilai *CBR (unsoaked)* tanah asli sebesar 15,76% naik pada pecampuran kadar pasir 20% + kapur 4% sebesar 16,58%. Nilai *CBR* mengalami penurunan pada penambahan pasir 20% + kapur 8%, 12% dan 16%.

2.2.3 Pengaruh Penambahan Pasir dan Kapur Untuk Stabilitas Tanah Lempung Sebagai *Subgrade* Jalan Raya

Riyadi dan Siswanto (2004) dalam Tugas Akhirnya menggunakan Pasir dan Kapur sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung yang diambil dari Daerah Salaman, Magelang, Jawa Tengah. Hasil dari penelitiannya adalah, hasil daya dukung tanah lempung setelah distabilisasi dengan variasi pasir 5%, 10%, 15% dan 20% serta kapur sebesar 1%, 2%, 4% dan 6% dengan waktu pemeraman 3 hari dan waktu perendaman 4 hari sebelum dilakukan pengujian *California Bearing Ratio*. Pada pengujian *California Bearing Ratio* laboratorium pemeraman 3 hari dan perendaman 4 hari sudah dapat meningkatkan daya dukung tanah pada campuran 10% dan 15% pasir yang

distabilisasi dengan variasi kapur 1%, 2%, 4% dan 6% serta dapat menurunkan *swelling* tanah asli.

2.2.4 Stabilisasi Tanah Lempung Campur Kapur dan Abu Sekam Padi Berdasarkan Uji Coba *CBR* Laboratorium

Fishal dkk (2018) dalam Jurnal menggunakan Kapur dan Abu Sekam sebagai bahan tambah untuk stabilisasi tanah lempung yang diambil dari quarry Cot Kayee Adang, Desa Meunasah Manyang, Lhokseumawe. Hasil dari penelitiannya adalah, hasil daya dukung tanah lempung setelah distabilisasi dengan variasi pasir Kapur dan Abu Sekam Padi 0%, 3+2%, 6+4%, dan 9+6% dengan dilakukan pengujian *California Bearing Ratio soaked* dan *unsoaked*. Pada pengujian *California Bearing Ratio*. Nilai *CBR unsoaked* dan *soaked* semakin meningkat sampai dengan variasi Kapur dan Abu Sekam Padi 6+4%, namun nilai *CBR* menurun pada variasi Kapur dan Abu Sekam Padi 9+6%.

2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang akan Dilakukan

Berdasarkan tinjauan pustaka dari beberapa penelitian dan Tugas Akhir terdahulu, adapun perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu

Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
	Prasetya dkk (2019)	Fishal dkk (2018)	Hafizh dkk (2017)	Utami (2015)	Riyadi dan Siswanto (2004)	Penulis (2021)
Judul	Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir dan Kapur.	Stabilisasi Tanah Lempung Campur Kapur dan Abu Sekam Padi Berdasarkan Uji Coba <i>CBR</i> Laboratorium.	Stabilitas Tanah Lempung Dengan Pasir Bermacam Gradasi dan Campuran Kapur.	Stabilisasi Tanah Dasar (<i>Subgrade</i>) Dengan Menggunakan Pasir Untuk Meningkatkan Nilai <i>CBR</i> dan menurunkan <i>Swelling</i> .	Pengaruh Penambahan Pasir dan Kapur Untuk Stabilitas Tanah Lempung Sebagai <i>Subgrade</i> Jalan Raya.	Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Bahan Tambah Pasir dan Kapur Terhadap Nilai <i>CBR</i> .
Tanah	Lempung	Lempung	Lempung	Lempung	Lempung	Lempung
Bahan Tambah	Pasir dan Kapur	Kapur dan Abu Sekam Padi	Pasir dan Kapur	Pasir	Pasir dan Kapur	Pasir dan Kapur

Sumber : (Prasetya, 2019), (Fishal, 2018), (Hafizh, 2017), (Utami, 2015), dan (Riyadi,2004)

Lanjutan Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu

Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
	Prasetya dkk (2019)	Fishal dkk (2018)	Hafizh dkk (2017)	Utami (2015)	Riyadi dan Siswanto (2004)	Peneliti (2021)
Metode	<i>CBR unsoaked</i>	<i>CBR unsoaked, CBR soaked, Swelling</i>	<i>CBR tanpa pemeraman, USC dan CBR pemeraman</i>	<i>CBR dan Swelling</i>	<i>CBR dan Kuat Tekan Bebas</i>	<i>CBR unsoaked dan CBR soaked</i>
Hasil	Nilai <i>CBR (unsoaked)</i> tanah asli sebesar 15,76% naik pada pecampuran kadar pasir 20% + kapur 4% sebesar 16,58%.	Nilai <i>CBR unsoaked</i> dan <i>soaked</i> semakin meningkat sampai dengan variasi Kapur dan Abu Sekam Padi 6+4%, namun nilai <i>CBR</i>	Nilai <i>CBR</i> tertinggi pada lempung yang lebih sedikit dan penambahan kapur dapat mengurangi kadar air secara cepat.	Nilai <i>CBR</i> mengalami peningkatan dari 13,215% tanah asli menjadi 16,485% pada penambahan pasir 40%.	Pada uji <i>CBR</i> laboratorium pemeraman 3 hari dan perendaman 4 hari sudah dapat meningkatkan daya dukung tanah pada	Nilai <i>CBR unsoaked</i> tertinggi pada variasi 10% pasir + 6% kapur pemeraman 7 hari sebesar 15,583% dan pada kondisi

Sumber : (Prasetya, 2019), (Fishal, 2018), (Hafizh, 2017), (Utami, 2015), dan (Riyadi,2004)

Lanjutan Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu

Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
	Prasetya dkk (2019)	Fishal dkk (2018)	Hafizh dkk (2017)	Utami (2015)	Riyadi dan Siswanto (2004)	Peneliti (2021)
Hasil	Nilai <i>CBR</i> mengalami penurunan pada penambahan pasir 20% + kapur 8%, 12% dan 16%.	menurun pada variasi Kapur dan Abu Sekam Padi 9+6%.	-	-	campuran 10% dan 15% pasir yang distabilisasi dengan variasi kapur 1%, 2%, 4% dan 6% serta dapat menurunkan <i>swelling</i> tanah asli.	<i>soaked</i> sebesar 5,239%. Kenaikan nilai <i>CBR unsoaked</i> sebesar 210,811% dan <i>CBR soaked</i> sebesar 354,902% terhadap nilai <i>CBR</i> tanah asli.

Sumber : (Prasetya, 2019), (Fishal, 2018), (Hafizh, 2017), (Utami, 2015), dan (Riyadi,2004)

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Tanah

3.1.1 Definisi Tanah

Braja (1988) menyimpulkan penemuannya sebagai berikut.

Pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berguna sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil. Disamping itu, tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Jadi seorang ahli teknik sipil harus juga mempelajari sifat-sifat dasar dari tanah, seperti asal usulnya, penyebaran ukuran butiran, kemampuan mengalirkan air, sifat pemampatan bila dibebani (*compressibility*), kekuatan geser, kapasitas daya dukung terhadap beban, dan lain-lain.

Hardiyatmo (2002) menyatakan bahwa proses pelapukan batuan terjadi di dekat permukaan bumi membentuk tanah, pembentukan dapat berupa proses fisik dan kimia. Proses pembentukan tanah secara fisik mengubah batuan menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat pengaruh erosi, angin, air, es, manusia, atau akibat perubahan suhu atau cuaca. Sedangkan proses pembentukan tanah secara kimia dapat terjadi akibat adanya pengaruh oksigen, karbondioksida, air (terutama yang mengandung asam atau alkali). Tanah hasil pelapukan yang masih berada di tempat asalnya disebut tanah residual (*residual soil*) dan jika tanah hasil pelapukan telah berpindah dari tempatnya disebut tanah terangkut (*transported soil*).

Istilah pasir, lempung, lanau atau lumpur digunakan untuk menggambarkan ukuran partikel pada batas ukuran butiran yang telah ditentukan. Akan tetapi, 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. (Hardiyatmo, 2002)

3.1.2 Klasifikasi tanah

Klasifikasi tanah merupakan pemilihan tanah-tanah ke dalam kelompok ataupun subkelompok yang menunjukkan sifat atau kelakuan yang sama (Hardiyatmo, 2002). Terdapat dua sistem klasifikasi yang sering digunakan, yaitu *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) dan *USCS* (*Unified Soil Classification System*).

1. Sistem klasifikasi *AASHTO*

Sistem klasifikasi *AASHTO* (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) digunakan untuk menentukan kualitas tanah dalam perancangan timbunan jalan, *subbase* dan *subgrade*. Sistem ini membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-8 termasuk sub-sub kelompoknya. Pengujian yang digunakan untuk memenuhi klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* tersebut diperlukan pengujian analisa saringan dan batas-batas *atterberg*. Indeks kelompok (*group index*) (*GI*) digunakan untuk mengevaluasi lebih lanjut tanah-tanah dalam kelompoknya. Indeks kelompok dihitung dengan Persamaan 3.1 berikut

$$GI = (F-35) [0,2+0,005(LL-40)] + 0,001 (F-15) (PI-10) \quad (3.1)$$

dengan :

GI = indeks kelompok (*group index*),

F = persen butiran lolos saringan no.200 (0,075mm),

LL = batas cair, dan

PI = indeks plastisitas.

Bila indeks kelompok (*GI*) semakin tinggi, maka tanah semakin berkurang ketepatan penggunaan. Nilai *GI* biasanya dituliskan pada bagian belakang dengan tanda kurung. Terdapat beberapa aturan untuk menggunakan nilai *GI*, yaitu :

- Bila $GI < 0$, maka dianggap $GI = 0$,
- Nilai GI yang dihitung dari Persamaan (3.1), dibulatkan pada angka terdekat,
- Nilai GI untuk kelompok tanah $A-1a$, $A-1b$, $A-2-4$, $A-2-5$, dan $A-3$ selalu nol,
- Untuk kelompok tanah $A-2-6$ dan $A-2-7$, hanya bagian dari persamaan indeks kelompok yang digunakan, $GI = 0,01 (F-15) (PI-10)$, dan
- Tidak ada batas atas nilai GI , GI maksimum 20.

Sistem klasifikasi *AASHTO* dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut ini

Tabel 3.1 Sistem Klasifikasi *AASHTO*

Klasifikasi umum	Material granuler ($< 35\%$ lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung ($> 35\%$ lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 /A-7-6
Analisis saringan (% lolos)											
2,00 mm (no. 10)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	10 maks	35 maks	35 maks	35 maks	35 maks	36 min	36 min	36 min	36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40											
Batas cair (LL)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik							Sedang sampai buruk			

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Catatan :

Kelompok A-7 dibagi atas A-7-5 dan A-7-6 bergantung pada batas plastisnya (PL)

Untuk $PL > 30$, klasifikasinya A-7-5

Untuk $PL < 30$, klasifikasinya A-7-6

Np = Non Plastis

2. Sistem klasifikasi *USCS*

Pada sistem *USCS*, tanah diklasifikasikan kedalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) jika kuran dari 50% lolos saringan nomor 200, dan sebagai tanah berbutir halus (lanau atau lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Berikut merupakan sistem klasifikasi *USCS* dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Sistem Klasifikasi *USCS*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
	Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arisr dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
Pasir dengan butiran halus		SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada di daerah arisr dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol	
SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung				
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung butas cair ≤ 50%	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arisr berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol. Batas Cair LL (%) Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$	
		CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clay</i>)		
		OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah		
	Lanau dan lempung butas cair ≥ 50%	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis		
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clay</i>)		
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi		
		PT	Peat (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		

Sumber : Hary Christady, 1996.

Sumber : Hary Christady (1996)

Simbol-simbol yang digunakan pada tabel diatas adalah

G = Kerikil (*Gravel*)

S = Sand (*Sand*)

C	= Lempung (<i>Clay</i>)
M	= Lanau (<i>Silt</i>)
O	= Lanau atau lempung organik (<i>Organic silt or clay</i>)
Pt	= Tanah gambut dan tanah organik tinggi (<i>Peat and highly organic soil</i>)
W	= Gradasi baik (<i>Well-graded</i>)
P	= Gradasi buruk (<i>Poorly-graded</i>)
H	= Plastisitas tinggi (<i>High-plasticity</i>)
L	= Plastisitas rendah (<i>Low-plasticity</i>)

3.1.3 Tanah Lempung

Das (1995) menyatakan lempung (*Clays*) 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 adalah istilah yang dipakai untuk menyatakan tanah yang berbutir halus yang bersifat lempung, yaitu memiliki sifat kohesi, plastisitas, tidak memperlihatkan sifat dilatasi, dan tidak mengandung jumlah bahan kasar yang berarti (Wesley, 1977). Pelapukan tanah akibat reaksi kimia menghasilkan susunan kelompok partikel berukuran koloid dengan diameter butiran tanah lebih kecil dari 0,002 mm, yang disebut mineral lempung (Hardiyatmo, 2002).

Hardiyatmo (1999) menyatakan bahwa mineral lempung merupakan senyawa *aluminium silikat* kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu *silica tetrahedral* dan *aluminium octahedral*. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut:

- ukuran butir halus, kurang dari 0,002 mm,
- permeabilitas rendah,
- kenaikan air kapiler tinggi,
- bersifat sangat kohesif,
- kadar kembang susut yang tinggi, dan

f. proses konsolidasi lambat.

Tanah butiran halus khususnya tanah lempung akan banyak dipengaruhi oleh air. Sifat pengembangan tanah lempung yang dipadatkan akan lebih besar pada lempung yang dipadatkan pada kering optimum daripada yang dipadatkan pada basah optimum. Lempung yang dipadatkan pada kering optimum relative kekurangan air, oleh karena itu lempung ini mempunyai kecenderungan yang lebih besar untuk meresap air sebagai hasilnya adalah sifat mudah mengembang (Hardiyatmo, 1999).

3.2 Stabilitas Tanah

3.2.1 Definisi Stabilitas Tanah

Soekoto (1973) menyatakan apabila suatu tanah yang terdapat di lapangan bersifat sangat lepas atau sangat mudah tertekan, atau apabila ia mempunyai indeks konsistensi yang tidak sesuai, mempunyai permeabilitas yang terlalu tinggi, atau mempunyai sifat lain yang tidak diinginkan sehingga tidak sesuai kondisinya untuk suatu proyek pembangunan, maka tanah tersebut harus distabilisasikan.

Stabilisasi dapat terdiri dari salah satu tindakan berikut ini :

1. menambah kerapatan tanah,
2. menambah material untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan fisis dari material tanah,
3. mengganti tanah-tanah yang buruk,
4. merendahkan muka air (drainase tanah).

Pada umumnya, stabilisasi dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu stabilisasi mekanis dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi mekanis mengandalkan penambahan kekuatan dan daya dukung tanah dengan mengatur gradasi butir dari tanah yang dimaksud, sedangkan stabilisasi kimiawi mengandalkan suatu bahan stabilisator (stabilizing agent) yang dapat mengubah/mengurangi sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan didalam mencapai kestabilan yang tinggi yang biasanya juga disertai dengan pengikatan (cementing action terhadap masing-masing butir tanah yang satu dengan yang lainnya).

Dalam penelitian ini, stabilisasi tanah yang akan digunakan adalah stabilisasi kimiawi. Bahan tambah yang digunakan dalam stabilisasi yaitu kapur dan pasir.

3.2.2 Pasir Sebagai Bahan Tambah Stabilisasi Tanah

Pasir merupakan bahan batuan berukuran kecil, menurut *AASHTO* ukuran butirannya antara 0,075 – 2 mm, merupakan butiran tanah yang lolos saringan No.10 dan tertahan saringan No.200 kurang dari 35%. Pasir dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alam dari batuan-batuan, atau berupa pasir pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu.

Tanah pasir adalah jenis tanah yang bersifat non kohesif. Menurut Bowles (1986), tanah non kohesif adalah tanah yang apabila butir-butir tanah terpisah-pisah sesudah dikeringkan dan hanya bersatu apabila berada dalam keadaan basah karena gaya tarik permukaan didalam air. Tanah non kohesif mempunyai sifat antara butiran lepas (*loose*), hal tersebut ditunjukkan dengan butiran tanah yang akan terpisah-pisah apabila dikeringkan, sehingga tanah tersebut perlu dilakukan upaya perbaikan agar dapat memperbaiki sifat-sifat tanah agar lebih baik.

Bowles (1986) menyatakan tanah yang bersifat non kohesif tidak mempunyai garis batas antara keadaan plastis dan tidak plastis, karena jenis tanah tersebut tidak plastis untuk semua nilai kadar air, akan tetapi dalam beberapa kondisi tertentu, tanah non kohesif dengan kadar air yang cukup tinggi dapat bersifat sebagai suatu cairan kental.

Salah satu cara menstabilisasi tanah lempung tersebut dengan menambahkan pasir. Alasan dipilihnya pasir sebagai bahan yang digunakan, karena pasir merupakan bahan yang terbilang relatif murah, mudah didapatkan serta menjadi penguat dimana dapat meningkatkan kekuatan dari tanah tersebut.

3.2.3 Kapur Sebagai Bahan Tambah Stabilisasi Tanah

Batu kapur banyak dimanfaatkan dalam kehidupan salah satunya dalam industri kimia. Dalam industri kimia, batu kapur diproses terlebih dahulu dengan proses pembakaran sehingga menghasilkan kapur tohor (CaO) atau kapur padam [Ca(OH)_2].

Kapur tohor bersifat *anhidrida* basa, apabila bereaksi dengan air maka mengeluarkan banyak panas dan menjadi kapur padam atau *kalsium hidroksida* (disebut kapur mati). Kapur padam merupakan kapur alami yang berbentuk kristalin kecil *kalsium karbonat*. Kapur ini dipakai dalam bentuk granula sebagai media *filter* menurunkan keasaman. Kapur padam banyak digunakan sebagai bahan bangunan, penetralan keasaman tanah.

Dunn (1980) menyatakan stabilisasi dengan kapur digunakan untuk menurunkan potensi pengembangan dan tekanan pengembangan pada tanah-tanah lempung. Dalam penelitian ini, penambahan kapur menghasilkan ion-ion kalsium tinggi dalam lapisan ganda sekeliling partikel-partikel lempung, sehingga mengurangi tarikan bagi air. Apabila kapur dengan mineral lempung atau dengan komponen *pozzolan* seperti *silica hidrat* bereaksi, maka akan membentuk suatu gel yang keras dan kuat yaitu *kalsium silikat* yang mengikat butir-butir atau partikel tanah (Metcalf, 1972). Oleh karena itu, penambahan kapur sebagai bahan tambah stabilisasi tanah berfungsi sebagai stabilisator.

3.3 Pengujian yang Akan Dilakukan

Percobaan pengujian sifat fisik tanah dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik sifat fisik tanah yang meliputi pengujian fisik dan mekanis tanah.

3.3.1 Pengujian Kadar Air (*Moisture Content/Water Content*)

Tujuan pengujian kadar air adalah menentukan kadar air suatu tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan antar berat air (W_w) dengan berat kering (W_s) tanah tersebut. Hal ini dinyatakan dalam persen dengan Persamaan 3.2 berikut.

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (3.2)$$

dengan :

w = kadar air (%)

W_w = berat air (gr), dan

W_s = berat kering (gr).

3.3.2 Pengujian Berat Volume

Tujuan pengujian berat volume adalah untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah. Berat volume (γ) adalah perbandingan berat tanah total termasuk air dan udara (W) yang terkandung di dalamnya dengan volume tanah total (V) dengan Persamaan 3.3 berikut ini.

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (3.3)$$

dengan :

- γ = berat volume tanah basah (gr/cm^3)
- W = berat butiran tanah (gr), dan
- V = volume tanah (cm^3)

3.3.3 Pengujian Berat Jenis

Tujuan pengujian berat jenis adalah untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah menggunakan piknometer. Berat jenis (*specific gravity*) tanah (G_s) dengan berat air destilasi (γ_w) di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, biasanya diambil pada suhu $27,5^\circ\text{C}$ dengan Persamaan 3.4 dan Persamaan 3.5.

$$G_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} \quad (3.4)$$

$$G_s (27,5^\circ\text{C}) = \frac{G_s (t^\circ\text{C}) \times \gamma_w (t^\circ\text{C})}{\gamma_w (27,5^\circ\text{C})} \quad (3.5)$$

dengan :

- G_s = berat jenis,
- γ_s = berat volume butiran padat (gr/cm^3), dan
- γ_w = berat volume air (gr/cm^3).

G_s tidak memiliki dimensi. Berat jenis berbagai jenis tanah berkisar antara 2,65 sampai 2,75. Nilai berat jenis sebesar 2,67 biasanya digunakan untuk tanah tidak berkohesi. Sedangkan untuk nilai berat jenis tanah kohesif tak organik

diantara 2,68 sampai 2,72. Klasifikasi tanah berdasarkan nilai berat jenis dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut

Tabel 3.3 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Berat Jenis Tanah (*specific gravity*)

Macam Tanah	Berat Jenis (G _s)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau tak organik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung tak organik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

Sumber : Hardiyatmo (2002)

3.3.4 Pengujian Analisa *Granuler*

Pengujian analisa *granuler* terbagi atas pengujian analisa saringan dan analisa hidrometer.

1. Analisa Saringan

Tujuan pengujian analisa saringan adalah menentukan gradasi atau persentase ukuran butiran agregat halus dan kasar pada benda uji yang tertahan saringan no.200 (0,074 mm). Gradasi agregat merupakan distribusi ukuran butiran agregat. Apabila butiran agregat memiliki ukuran yang seragam, maka volume pori cukup besar. Sebaliknya, apabila agregat memiliki ukuran butiran yang bervariasi, maka volume pori cukup kecil. Hal ini dikarenakan butiran agregat yang kecil akan mengisi pori diantara butiran yang lebih besar, sehingga pori-porinya menjadi sedikit, bisa dibayangkan memiliki kemampuan yang tinggi. Adapun susunan satu unit saringan dengan ukuran diameter lubang dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut

Tabel 3.4 Susunan Satu Unit Saringan dan Diameter (Standar Amerika)

No. Saringan	Bukaan/Diameter Saringan (mm)
3	6,35
4	4,75
10	2
20	0,85
40	0,425
60	0,25
140	0,106
200	0,075
Pan	-

Sumber : Hardiyatmo (2002)

2. Analisa Hidrometer

Tujuan pengujian analisa hidrometer adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan nomor 200. Pengujian dilakukan dengan analisa sedimen menggunakan hidrometer. Dengan menggunakan Hukum Stoker, dimana butiran dimasukkan kedalam larutan yang telah dicampur reagen, butiran yang besar memiliki kecepatan pengendapannya lebih cepat disbanding dengan butiran yang halus. Pada pengujian ini juga didapatkan nilai koefisien keseragaman (C_u) serta koefisien gradasi (C_c). Kecepatan pengendapan butiran dapat diperoleh dari Persamaan 3.6, Persamaan 3.7, Persamaan 3.8 dan Persamaan 3.9.

$$D = K \sqrt{\frac{L}{t}} \quad (3.6)$$

$$K = \sqrt{\frac{30\mu}{G_s - 1}} \quad (3.7)$$

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad (3.8)$$

$$Cc = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad (3.9)$$

dengan :

D = diameter butiran (mm),

L = kedalaman hidrometer (cm),

t = waktu pengendapan (menit),

K = konstanta yang dipengaruhi oleh G_s dan μ ,

μ = kekentalan air absolut (g.det/cm²),

G_s = gravitasi khusus,

C_u = koefisien keseragaman,

C_c = koefisien gradasi,

D_{10} = diameter butir pada presentase 10%,

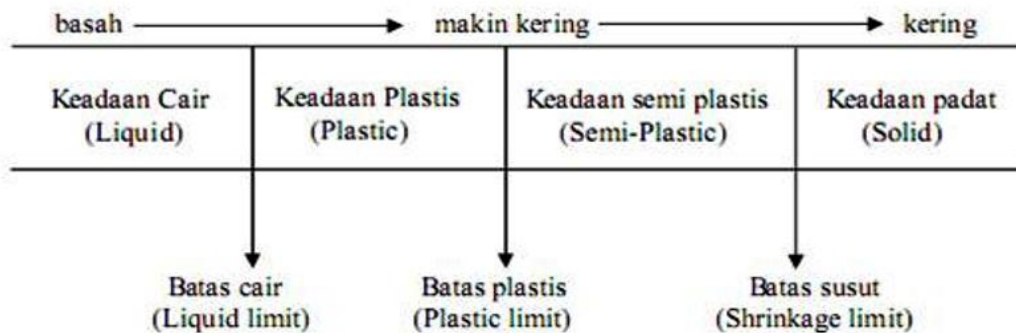
D_{30} = diameter butir pada presentase 30%, dan

D_{60} = diameter butir pada presentase 60%.

3.3.5 Pengujian Batas-batas Konsistensi (*Atterberg Limit*)

Tanah berbutir halus memiliki sifat plastisitas yang disebabkan oleh adanya partikel mineral lempung dalam tanah. Istilah plastisitas menggambarkan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk.

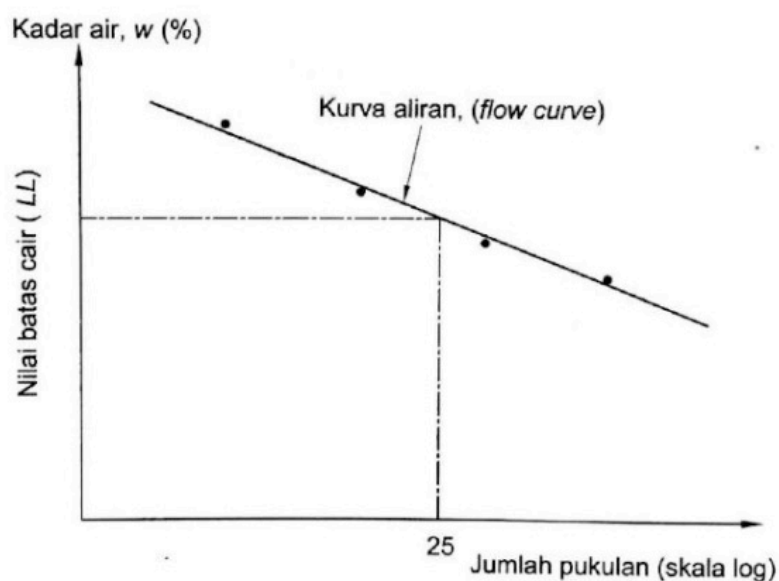
Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi dimana bergantung pada gaya tarik antara partikel mineral lempung. Atterberg (1911) menyatakan memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas tersebut adalah batas cair (*liquid limit*), batas plastis (*plastic limit*), batas susut (*shrinkage limit*). Kedudukan batas-batas konsistensi untuk tanah kohesif ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Batas-batas Atterberg

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian batas cair (*liquid limit/LL*) adalah menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar tanah dalam keadaan batas antara cair dan plastis. Batas cair untuk mengetahui jenis dan sifat sifat tanah dari bagian tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no. 40. Batas cair dalam pengujian adalah kadar air pada 25 kali pukulan yang diperlukan untuk menutup celah sepanjang 12,7 mm. Hubungan kadar air dengan jumlah pukulan untuk menentukan batas cair dapat dilihat pada grafik pada Gambar 3.2 berikut.



Gambar 3.2 Kurva Penentuan Batas Cair Tanah Lempung

(Sumber : Hardiyatmo 2002)

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuan pengujian batas plastis (*plastic limit/PL*) adalah untuk menentukan kadar air pada kondisi batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum suatu sampel tanah dalam keadaan plastis (kadar air peralihan dari kondisi semi solid ke kondisi plastis) dimana tanah masih dalam keadaan plastis atau tanah dapat digulung sampai diameter 3,1 mm (1/8 inci).

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Tujuan pengujian batas susut (*shrinkage limit/SL*) bertujuan untuk menentukan kadar air pada kondisi batas susut. Batas susut tanah adalah kadar air tanah minimum yang masih dalam keadaan semi solid, dan juga merupakan batas antara keadaan semi solid dan solid (kadar air pada tanah yang diberi penambahan air dan tanah, volumenya mulai berubah). Batas susut dinyatakan dalam Persamaan 3.10 berikut.

$$SL = w - \left(\frac{V-V_0}{W_0}\right) \times 100\% \quad (3.10)$$

dengan :

SL = batas susut tanah,

w = kadar air (%),

V = volume tanah basah (cm^3),

V_0 = volume tanah kering oven (cm^3), dan

W_0 = berat tanah kering (gr).

4. Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas atau *plasticity index (PI)* merupakan jumlah kadar pada saat tanah dalam keadaan kondisi plastis dimana nilainya diperoleh dari selisih antara *liquid limit (LL)* dengan *plastic limit (PL)*. Jika tanah memiliki nilai *PI* tinggi, maka tanah banyak mengandung butiran lempung. Sebaliknya, jika nilai *PI* rendah, maka pengurangan kadar air sedikit saja berakibat tanah menjadi kering. Secara umum dapat ditulis dalam bentuk Persamaan 3.11 berikut.

$$PI = LL - PL \quad (3.11)$$

dengan :

PI = indeks plastisitas,

LL = batas cair, dan

PL = batas plastis.

Dari pengujian batas-batas konsistensi, dapat diketahui jenis dan sifat tanah.

Berikut ini beberapa pengelompokan macam tanah beserta sifatnya berdasarkan data yang didapatkan dari pengujian batas-batas konsistensi.

1. Pengelompokan macam tanah berdasarkan nilai indeks plastisitas

Berikut ini pengelompokan macam tanah berdasarkan nilai indeks plastisitas pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 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 (2002)

2. Kriteria tanah ekspansif berdasarkan PI dan SI

Berikut ini kriteria tanah ekspansif berdasarkan PI dan SI pada Tabel 3.6

Tabel 3.6 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan *Linier Shrinkage*

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree of Expansion
<12	<15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 – 30	30 – 40	High
>30	>40	Very High

Sumber : Hardiyatmo (2002)

3.3.6 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*)

Pemadatan tanah adalah peristiwa bertambahnya berat volume kering tanah oleh beban dinamis. Oleh akibat beban dinamis, butir-butir tanah merapat satu sama lain sebagai akibat berkurangnya rongga udara (Hardiyatmo, 2002).

Maksud dari pemadatan tanah menurut Hardiyatmo (2002), antara lain:

1. mempertinggi kuat geser tanah,
2. mengurangi sifat mudah mampat (kompresibilitas),
3. mengurangi permeabilitas,
4. mengurangi perubahan volume sebagai akibat perubahan kadar air, dan lain-lainnya.

Proctor (1933) telah mengamati bahwa ada hubungan yang pasti antara kadar air dan berat volume kering tanah padat. Tingkat kepadatan tanah diukur dari γ_d). Berat volume kering tidak akan berubah oleh adanya kenaikan kadar air, maka tanah yang telah dipadatkan kemudian berubah kadar airnya (semisal dikarenakan oleh hujan), sepanjang volume tanah tetap, maka berat volume tanah kering tetap. γ_d) dengan berat volume basah (γ) serta kadar air (w) dinyatakan dalam Persamaan 3.12 berikut ini.

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \quad (3.12)$$

dengan :

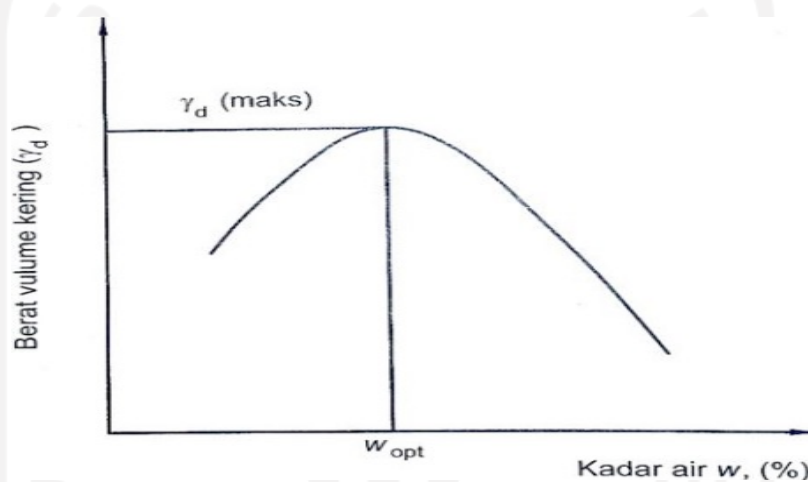
γ_d = berat volume tanah kering (gr/cm^3),

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

w = kadar air (%).

Untuk mengetahui karakteristik kepadatan tanah dapat dilakukan dengan pengujian standar laboratorium atau disebut uji *Proctor Standard*. Tujuan pengujian *proctor standard* untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan tanah di dalam silinder berukuran tertentu menggunakan alat penumbuk tertentu. Pengujiannya dengan alat

pemadatan berbentuk silinder *mould* yang memiliki volume serta tanah yang digunakan yakni lolos saringan no. 4. Tanah di dalam *mould* dipadatkan dengan penumbuk yang beratnya 2,5 kg dengan tinggi jatuh 30,5 cm (1 *ft*). Tanah dipadatkan dalam tiga lapisan dengan tiap lapisan ditumbuk 25 kali pukulan. Pengujian ini dilakukan sedikitnya lima kali pengujian dengan kadar air yang berbeda disetiap pengujiannya. Kurva hubungan kadar air dengan berat volume kering dapat dilihat pada Gambar 3.3 berikut ini.



Gambar 3.3 Kurva Hubungan Kadar Air dan Berat Volume Kering

(Sumber : Hardiyatmo 2002)

Berdasarkan kurva pada Gambar 3.4, kurva yang dihasilkan dari pengujian menunjukkan nilai kadar air optimum (w_{opt}) untuk mencapai berat volume tanah (γ_{dmaks}). Pada nilai kadar air rendah, tanah bersifat kaku dan sulit dipadatkan. Penambahan air akan membuat tanah menjadi lunak seiring dengan penambahan nilai berat volume tanah kering yang semakin tinggi. Pada kadar air yang tinggi, menyebabkan berat volume kering berkurang.

3.3.7 Pengujian CBR (*California Bearing Ratio*)

CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu bahan (dapat berupa tanah ataupun material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Biasanya pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui tingkat

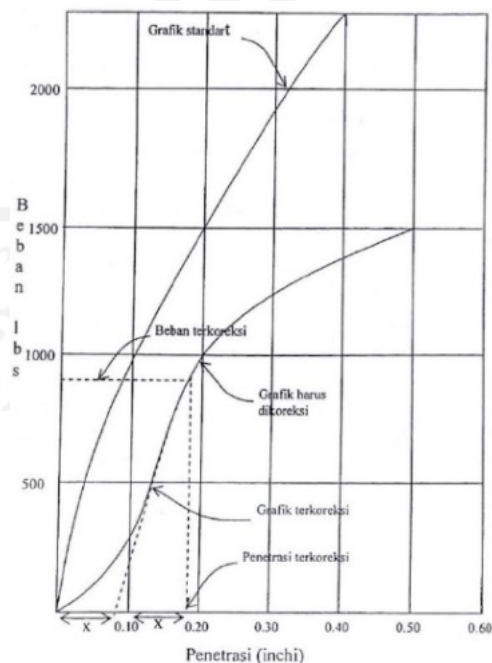
kekeraan material perkerasan jalan raya. CBR dapat dilakukan di laboratorium ataupun lapangan. Tujuan pengujian *CBR* yaitu menentukan nilai *CBR* tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada variasi kadar air pematatan.

Nilai *CBR* adalah perbandingan (dalam persen) antara tekanan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inci² dengan kecepatan 0,05 inci/menit terhadap tekanan yang diperlukan untuk menembua bahan standar tertentu. Nilai *CBR* dihitung pada kedalaman penetrasi 0,1” dan 0,2” yang dirumuskan pada Persamaan 3.13 dan Persamaan 3.14 berikut.

$$CBR_{0,1''} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,1'' \text{ (lbs)}}{3000 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (3.13)$$

$$CBR_{0,2''} = \frac{\text{Gaya pada penetrasi } 0,2'' \text{ (lbs)}}{4500 \text{ (lbs)}} \times 100\% \quad (3.14)$$

Grafik standar pengujian *CBR* di laboratorium dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut.



Gambar 3.4 Grafik Standar Pengujian *CBR* di Laboratorium

(Sumber : Hardiyatmo 2002)

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Jenis Penelitian

Pada tugas akhir ini, penelitian yang dilakukan bersifat eksperimen. Hal ini dikarenakan penelitian ini untuk mencari pengaruh penambahan Pasir dan Kapur terhadap daya dukung tanah lempung.

4.2. Lokasi Pengujian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia di Jalan Kaliurang KM. 14,5 Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

4.3. Bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu tanah lempung, pasir dan kapur.

1. Tanah Lempung

Tanah lempung yang digunakan berasal dari Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Pengambilan tanah dilakukan pada kondisi tanah terganggu (*disturbed*).

2. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir merapi.

3. Kapur

Kapur yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten.

4.4. Pengujian dan Variasi Sampel Penelitian

4.4.1 Pengujian Penelitian

Berikut ini pengujian pada penelitian ini.

1. Pengujian kadar air tanah (*ASTM D 2216-71*).
2. Pengujian berat jenis tanah (*ASTM D 854-72*).
3. Pengujian berat volume tanah (*ASTM D 2216*).

4. Pengujian analisa saringan (*ASTM D 422-72*).
5. Pengujian analisa hidrometer (*ASTM D 421-72*).
6. Pengujian batas cair (*ASTM D 423-66*).
7. Pengujian batas plastis (*ASTM D 424-74*).
8. Pengujian batas susut (*ASTM D 427-74*).
9. Pengujian pemadatan tanah (*proctor standard*) (*ASTM D 698-70*).
10. Pengujian *CBR* laboratorium (*ASTM D 1883-73*)

4.4.2 Variasi Sampel dan Jumlah Sampel Penelitian

Variasi sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Tanah asli (*disturbed*).
2. Tanah asli + 10% pasir
3. Tanah asli + 20% pasir
4. Tanah asli + 30% pasir
5. Tanah asli + n% Pasir + 2% Kapur
6. Tanah asli + n% Pasir + 4% Kapur
7. Tanah asli + n% Pasir + 6% Kapur

dengan :

n = prosentase pasir dengan hasil optimum *proctor standard*

Jumlah sampel tanah yang akan digunakan dalam setiap pengujian pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Jumlah Sampel Tanah Pada Setiap Pengujian

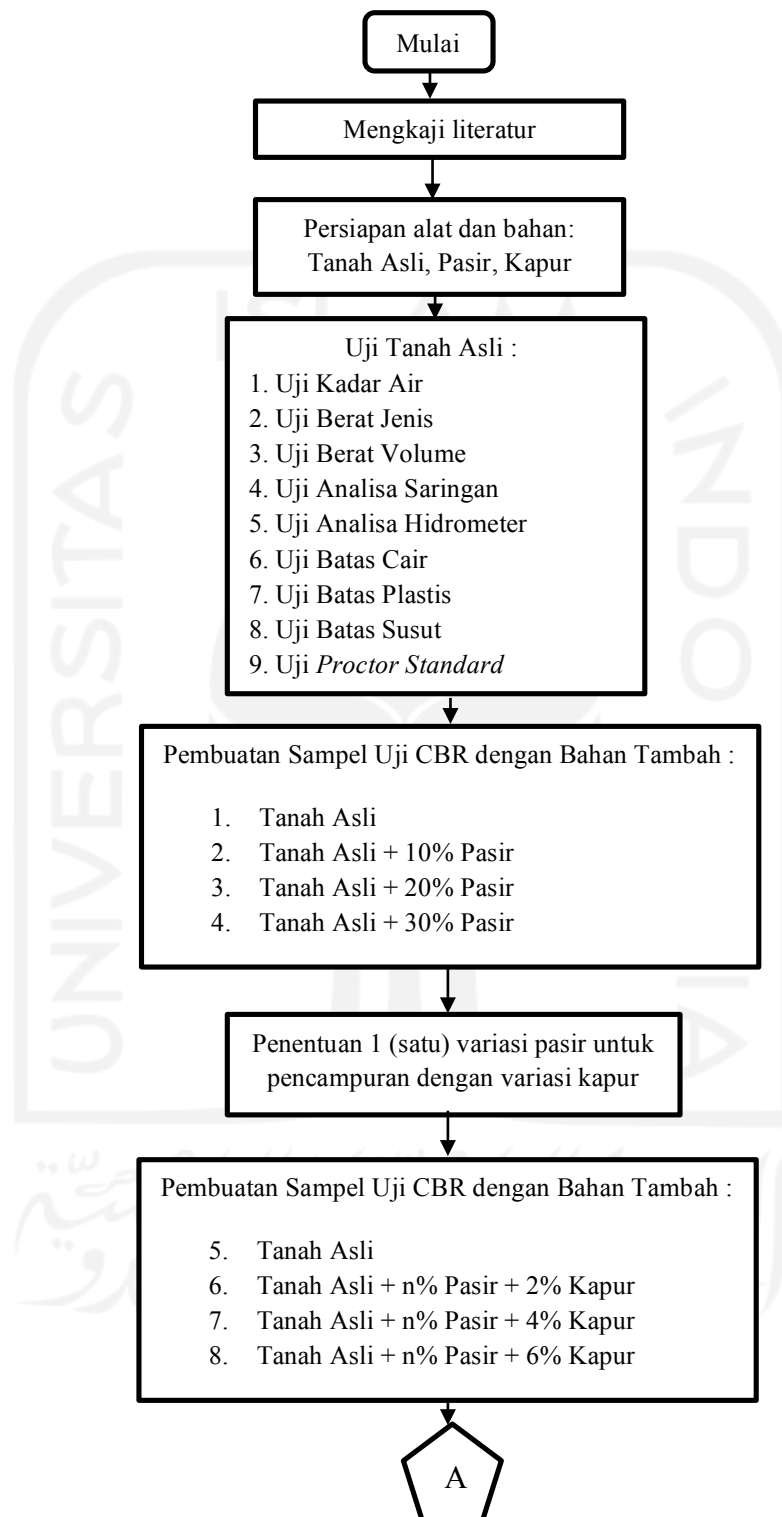
No.	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Satuan
1	Pengujian kadar air	2	Buah
2	Pengujian berat jenis	2	Buah
3	Pengujian berat volume	2	Buah
4	Pengujian analisa saringan	2	Buah
5	Pengujian analisa hidrometer	2	Buah
6	Pengujian batas cair	2	Buah
7	Pengujian batas plastis	2	Buah
8	Pengujian batas susut	2	Buah

Lanjutan Tabel 4.1 Jumlah Sampel Tanah Setiap Pengujian

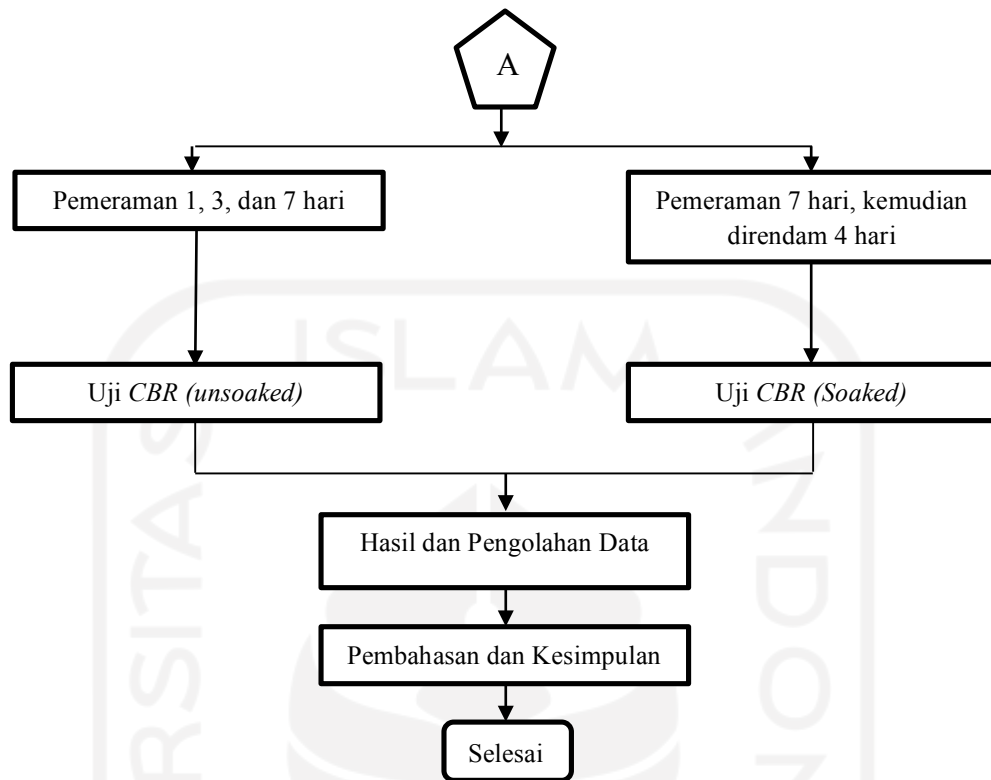
No.	Jenis Pengujian	Jumlah Sampel	Satuan
9.	Pengujian <i>Proctor Standar</i>		
	a. Tanah Asli	2	Buah
10	Pengujian <i>CBR (unsoaked)</i>		
	a. Tanah asli	2	Buah
	b. Tanah Asli + 10% pasir	2	Buah
	c. Tanah Asli + 20% pasir	2	Buah
	d. Tanah Asli + 30% pasir	2	Buah
	e. Pemeraman 1 hari		
	1) Tanah + n % pasir + 2% kapur	2	Buah
	2) Tanah + n % pasir + 4% kapur	2	Buah
	3) Tanah + n% pasir + 6% kapur	2	Buah
	f. Pemeraman 3 hari		
	1) Tanah + n% pasir + 2% kapur	2	Buah
	2) Tanah + n% pasir + 4% kapur	2	Buah
	3) Tanah + n% pasir + 6% kapur	2	Buah
	g. Pemeraman 7 hari		
	1) Tanah + n% pasir + 2% kapur	2	Buah
	2) Tanah + n% pasir + 4% kapur	2	Buah
	3) Tanah + n% pasir + 6% kapur	2	Buah
11	Pengujian <i>CBR (soaked)</i>		
	a. Tanah Asli	2	Buah
	b. Pemeraman 7 hari		
	1) Tanah + n% pasir + 6% kapur	2	Buah
	Total	48	Buah

4.5. Bagan Alir Penelitian

Berikut ini bagan alir (*flowchart*) penelitian pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Bagan Alir (Flowchart) Penelitian



Lanjutan Gambar 4.1 Bagan Alir (*Flowchart*) Penelitian

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mencari sifat fisik tanah asli yang meliputi pengujian kadar air, berat jenis, berat volume, analisis granuler, serta batas-batas *atterberg*. Setelah itu dilakukan pengujian mekanik berupa pengujian proktor standar dan pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Desa Pagerjulang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Dalam bab ini akan diuraikan pembahasan dan hasil penelitian yang telah dilakukan.

5.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah

5.2.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air bertujuan untuk menentukan kadar air suatu tanah. Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air dengan berat kering tanah. Perhitungan kadar air menggunakan Persamaan 3.2 dan hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli

Uraian		Satuan	Sampel	
			1	2
Berat Cawan	W1	gr	9,21	9,29
Berat Cawan + Tanah Basah	W2	gr	22,81	22,07
Berat Cawan + Tanah Kering	W3	gr	19,26	18,56
Berat Air	$W_w = W2 - W3$	gr	3,55	3,51
Berat Tanah Kering	$W_s = W3 - W1$	gr	10,05	9,27
Kadar air	$w = (W_w/W_s) \times 100\%$	%	35,323	37,864
Kadar air Rata-rata		%	36,594	

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.1 tersebut nilai kadar air rata-rata sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah sebesar 36,594%.

5.2.2 Pengujian Berat Volume

Pengujian berat volume bertujuan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah. Berat volume adalah perbandingan berat tanah total termasuk air dan udara yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total. Persamaan 3.3 dan hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Table 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli

Uraian	Satuan		Sampel	
			1	2
Diameter Ring	d	cm	5	5,05
Tinggi Ring	t	cm	1,95	1,92
Volume Ring	V	cm ³	38,288	38,457
Berat Ring	W1	gr	39,7	34,16
Berat Ring + Tanah Basah	W2	gr	88,28	101,38
Berat Tanah Basah	W3 = W2 - W1	gr	48,58	67,22
Berat Volume Tanah	$\gamma = W3/V$	gr/cm ³	1,508	

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.2 tersebut nilai berat volume rata-rata sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah sebesar 1,508.

5.2.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah menggunakan picknometer. Berat jenis tanah) adalah perbandingan berat butiran padat dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu, biasanya diambil pada suhu 27,5°C Persamaan 3.4 dan hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

Uraian		Satuan	Sampel	
			1	2
Berat Piknometer	W1	gr	37,91	38,29
Berat Piknometer + Tanah Kering	W2	gr	81,36	81,86
Berat Piknometer + Tanah Kering + Air Penuh	W3	gr	161,41	162,01
Berat Piknometer + Air Penuh	W4	gr	137,66	138,14
Berat Tanah Kering	$W_s = W2 - W1$	gr	43,45	43,57
A	$W_s + W4$	gr	181,11	181,71
I	$A - W3$	gr	19,7	19,7
Suhu Air		C	26	26
γ_w pada Suhu t(°C)		gr/cm ³	0,9968	0,9968
γ_w pada Suhu t(27,5°C)		gr/cm ³	0,9964	0,9964
Berat Jenis Tanah pada Suhu t(°C)	$G_s(t^\circ C) = W_s/I$		2,205	2,212
Berat Jenis Tanah pada Suhu (27,5°C)	$\gamma_w t^\circ C / \gamma_w 27,5^\circ C$		2,206	2,212
Berat Jenis Rata-rata Tanah pada Suhu (27,5°C)			2,209	

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.3 tersebut nilai berat jenis rata-rata sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah sebesar 2,209.

5.2.4 Pengujian Analisa Granuler

Pengujian analisis *granuler* terdiri dari pengujian analisa saringan dan pengujian analisa hidrometer.

1. Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan bertujuan untuk menentukan gradasi atau persentase ukuran butiran agregat halus dan kasar pada benda uji yang tertahan saringan no.200. Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut. Persamaan 3.4 dan hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 1

Nomor Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gram)	Berat Tanah Lolos (gram)	Persentase Tanah Tertahan (%)	Persentase Tanah Lolos (%)
4	4,75	1,87	998,13	0,187	99,813
10	2	6,18	991,95	0,618	99,195
20	0,85	6,86	985,09	0,686	98,509
40	0,425	15,58	969,51	1,558	96,951
60	0,25	25,48	944,03	2,548	94,403
140	0,106	65,53	878,5	6,553	87,85
200	0,075	10,17	868,33	1,017	86,833
Pan		868,33	0	86,833	0
Total		1000		100	

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5.4 tersebut menunjukkan nilai persen lolos saringan no.200 sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah sebesar 86,833%.

2. Pengujian Analisa Hidrometer

Pengujian analisa hidrometer bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan nomor 200. Dalam pengujian ini menggunakan 2 sampel tanah dengan berat tanah masing-masing yaitu 60 gram lolos saringan no.200. Persamaan 3.6 sampai 3.9 dan hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.5 dan Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 1

Waktu menit	T °C	Ra	Rc	% Lolos	R	L (cm)	L/t	K	D
			Ra-z		Ra+m				mm
0	29	45	47	71,420	48	8,9	0	0,01342	0
2	29	40	42	63,822	43	9,7	4,85	0,01342	0,0296
5	29	30	32	48,626	33	11,4	2,28	0,01342	0,0203
30	29	18	20	30,392	21	13,3	0,443	0,01342	0,0089

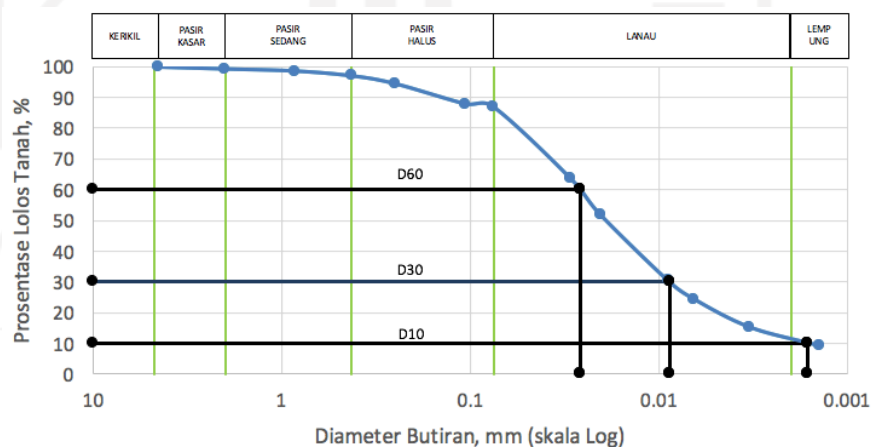
Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 1

Waktu	T	Ra	Rc	% Lolos	R	L	L/t	K	D
menit	°C		Ra-z		Ra+m	(cm)			mm
60	29	14	16	24,313	17	14	0,233	0,01342	0,0065
250	29	8	10	15,196	11	15	0,06	0,01342	0,0033
1440	29	4	6	9,117	7	15,6	0,011	0,01342	0,0014

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Analisa Hidrometer Sampel 2

Waktu	T	Ra	Rc	% Lolos	R	L	L/t	K	D
menit	°C		Ra-z		Ra+m	(cm)			mm
0	29	45	47	71,420	48	8,9	0	0,01342	0
2	29	40	42	63,822	43	9,7	4,85	0,01342	0,0296
5	29	32	34	51,666	35	11,4	2,28	0,01342	0,0203
30	29	18	20	30,392	21	13,3	0,443	0,01342	0,0089
60	29	14	16	24,313	17	14	0,233	0,01342	0,0065
250	29	8	10	15,196	11	15	0,06	0,01342	0,0033
1440	29	4	6	9,117	7	15,6	0,011	0,01342	0,0014

Berdasarkan hasil persen lolos uji analisa saringan dan persen lolos uji analisa hidrometer didapatkan grafik analisa saringan rata-rata butiran kedua sampel. Grafik analisa saringan rata-rata butiran dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut.



Gambar 5.1 Grafik Analisa Saringan Butiran Tanah Asli

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan persentase ukuran butiran pada tanah asli yang dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8.

Tabel 5.7 Persentase Ukuran Butiran

Keterangan	Nilai	Satuan	Keterangan	Nilai
Lolos #200	86,833	%	D10 (mm)	0,00018
Kerikil	0,187	%	D30 (mm)	0,00093
Pasir	12,98	%	D60 (mm)	0,00272
Lanau	75,333	%	$Cu = D60/D10$	15,362
Lempung	11,5	%	$Cc = D30^2/(D10 \times D60)$	1,809

Tabel 5.8 Presentase Ukuran Butiran Berdasarkan AASHTO & USCS

<i>Name of Organization</i>	<i>Grain Classification</i>			
	<i>Gravel</i>	<i>Sand</i>	<i>Silt</i>	<i>Clay</i>
AASHTO	0,805%	12,362%	75,333%	11,5%
USCS	0,187%	12,98%	86,833%	

Persentase jenis tanah yang didapatkan dari pengujian analisa saringan dan analisa hidrometer sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah diperoleh kerikil sebesar 0,187%, pasir sebesar 12,98%, lanau sebesar 75,333%, dan lempung sebesar 11,5%.

5.2.5 Pengujian Batas-batas *Atterberg*

Pengujian batas-batas *Atterberg* terdiri dari pengujian batas cair (*liquid limit*), pengujian batas plastis (*plastic limit*), dan pengujian batas susut (*shrinkage limit*).

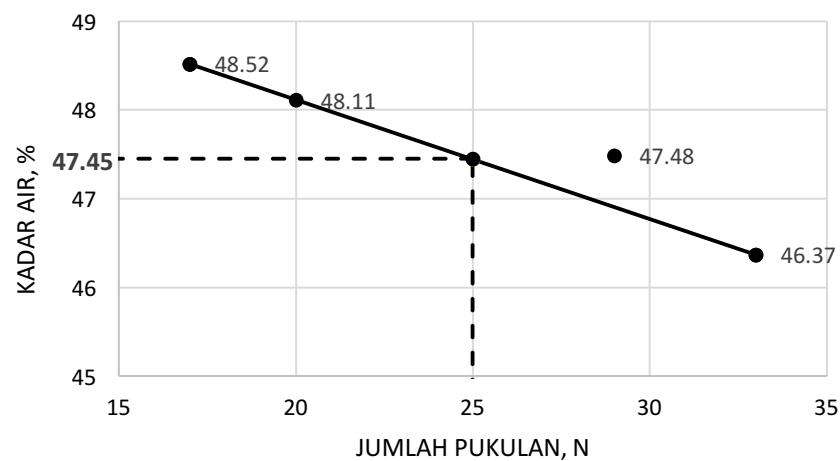
1. Pengujian Batas Cair (*Liquid Limit*)

Pengujian batas cair (*liquid limit/LL*) bertujuan untuk menentukan kadar air tanah dalam keadaan batas antara cair dan plastis yang besarnya ditentukan pada 25 kali pukulan dalam bentuk persen. Hasil pengujian batas cair dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.2.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Batas Cair

Uraian	12-18		18-25		25-32		32-45	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Berat Cawan, W1 (gr)	8,92	9,06	8,83	8,88	9,12	9,3	9,09	8,97
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	24,53	23,29	23,78	28,53	27,91	29,06	26,81	22,83
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	19,41	18,66	18,96	22,1	21,84	22,72	21,17	18,46
Berat Air, Ww (gr)	5,12	4,63	4,82	6,43	6,07	6,34	5,64	4,37
Berat Tanah Kering, Ws (gr)	10,49	9,6	10,13	13,22	12,72	13,42	12,08	9,49
Kadar Air, w (%)	48,808	48,229	47,581	48,638	47,720	47,243	46,689	46,048
Kadar air rata-rata, wrata-rata (%)	48,519		48,110		47,482		46,369	
Jumlah Pukulan, N	17		20		29		33	

Berdasarkan Tabel 5.9, diperoleh grafik perbandingan antara jumlah pukulan terhadap kadar air. Grafik dapat dilihat pada Gambar 5.2.

**Gambar 5.2 Grafik Pengujian Batas Cair**

Berdasarkan tabel dan grafik hasil pengujian batas cair sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah, maka diperoleh batas cair (LL) yaitu kadar air pada pukulan ke 25 sebesar 47,45%.

2. Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Pengujian batas plastis (*plastic limit/PL*) bertujuan untuk menentukan kadar air pada kondisi batas plastis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Uraian	Sampel	
	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	9,08	9,25
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	10,09	10,28
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	9,89	10,09
Berat Air, Ww (gr)	0,2	0,19
Berat Tanah Kering, Ws (gr)	0,81	0,84
Kadar Air, w (%)	24,69	22,62
Kadar air rata-rata, wrata-rata (%)	23,66	

Berdasarkan Tabel 5.10 diperoleh nilai batas plastis (*plastic limit/PL*) sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah sebesar 23,66%. Berdasarkan nilai batas cair dan batas plastis maka dapat diperoleh nilai indeks plastisitas (*PI*) menggunakan Persamaan 3.11.

$$\begin{aligned}
 PI &= LL - PL \\
 &= 47,45 - 23,66 \\
 &= 24,09\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan nilai indeks plastisitas (*PI*) sampel tanah dari Desa Pagerjurang, Kec. Bayat, Kab. Klaten, Jawa Tengah sebesar 24,09%.

3. Pengujian Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Pengujian batas susut bertujuan untuk menentukan batas susut tanah. Hasil pengujian batas susut dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Batas Susut

No	Pengujian	Satuan	I	II
1	Berat Cawan Susut, W ₁ (gr)	gr	42,2	42,31
2	Berat Cawan Susut + Tanah Basah, W ₂ (gr)	gr	67,48	65,64
3	Berat Cawan Susut + Tanah Kering, W ₃ (gr)	gr	59,07	57,9
4	Berar Tanah Kering, W ₀ = W ₃ - W ₁	gr	16,87	15,59
5	Berat air, W _w	gr	8,41	7,74
6	Kadar Air, $w = ((W_2 - W_3) / (W_3 - W_1)) \times 100\%$	%	49,852	49,647
7	Diameter Ring, d	cm	4,2	4,17
8	Tinggi Ring, t	cm	1,25	1,22
9	Volume Ring, V	cm ³	17,318	16,653
10	Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur, W ₄	gr	184,88	178,67
11	Berat gelas ukur, W ₅	gr	60,52	60,52
12	Berat air raksa (W ₆ = W ₄ - W ₅)	gr	124,36	118,15
13	Berat tanah kering, W ₀	gr	16,87	15,59
14	Volume tanah Kering, V ₀ = W ₀ / 13,60	cm ³	9,144	8,688
15	Batas Susut Tanah	%	1,399	1,449
16	Batas Susut Rata-rata	%	1,425	

Berdasarkan hasil pengujian batas susut diperoleh nilai batas susut (*SL*) rata-rata sebesar 1,425%.

5.2.6 Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan tanah bertujuan untuk mencari nilai kepadatan maksimum / berat volume kering tanah maksimum (*maximum dry density / MDD*) dan kadar air optimum (*optimum moisture content / OMC*) dari suatu sampel tanah. Sampel tanah yang digunakan berasal dari Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Pengujian ini dilakukan menggunakan 2 sampel pengujian. Hasil pengujian pemadatan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1

Uraian	I		II		III		IV		V	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Diameter Mold (cm)	10,15		10,15		10,15		10,15		10,15	
Tinggi Mold (cm)	11,55		11,55		11,55		11,55		11,55	
Volume Mold (cm ³)	934,553		934,553		934,553		934,553		934,553	
Berat Mold (gr)	1749		1749		1749		1749		1749	
Berat Sampel Tanah (gr)	2000		2000		2000		2000		2000	
Kadar Air Mula-mula (%)	7,491		7,491		7,491		7,491		7,491	
Penambahan Air (%)	5		10		15		20		25	
Penambahan Air (ml)	100		200		300		400		500	
Berat Mold + Tanah Basah (gr)	3154		3275		3420		3430		3350	
Berat Tanah Basah (gr)	1405		1526		1671		1681		1601	
Berat Volume Tanah Basah (gr/cm ³)	1,503		1,633		1,788		1,799		1,713	
Berat Cawan, W1 (gr)	13,12	13,12	12,54	12,71	12,79	13,28	12,62	12,65	13,05	12,98
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	29,33	36,23	29,61	31,28	28,18	24,45	21,43	21,27	22,75	24,85
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	27,75	33,77	27,29	28,74	25,46	22,38	19,56	19,49	20,34	21,99
Berat Air, Ww (gr)	1,58	2,46	2,32	2,54	2,72	2,07	1,87	1,78	2,41	2,86
Berat Tanah Kering, Ws (gr)	14,63	20,65	14,75	16,03	12,67	9,1	6,94	6,84	7,29	9,01
Kadar Air, w (gr)	10,8	11,913	15,729	15,845	21,468	22,747	26,945	26,023	33,059	31,743
Kadar Air Rata-rata, wrata-rata (gr)	11,356		15,787		22,108		26,484		32,401	
Berat Volume Tanah Kering (gr/cm ³)	1,350		1,410		1,464		1,422		1,294	

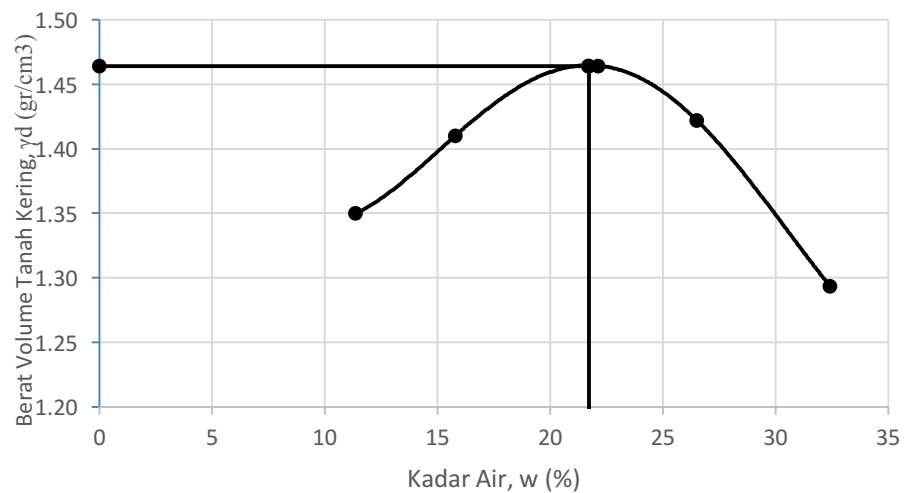
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

Uraian	I		II		III		IV		V	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Diameter Mold (cm)	10,15		10,15		10,15		10,15		10,15	
Tinggi Mold (cm)	11,55		11,55		11,55		11,55		11,55	
Volume Mold (cm ³)	934,553		934,553		934,553		934,553		934,553	
Berat Mold (gr)	1749		1749		1749		1749		1749	
Berat Sampel Tanah (gr)	2000		2000		2000		2000		2000	
Kadar Air Mula-mula (%)	7,491		7,491		7,491		7,491		7,491	
Penambahan Air (%)	5		5		5		5		5	
Penambahan Air (ml)	100		200		300		400		500	
Berat Mold + Tanah Basah (gr)	3176		3267		3405		3462		3380	
Berat Tanah Basah (gr)	1427		1518		1656		1713		1631	
Berat Volume Tanah Basah (gr/cm ³)	1,527		1,624		1,772		1,833		1,745	

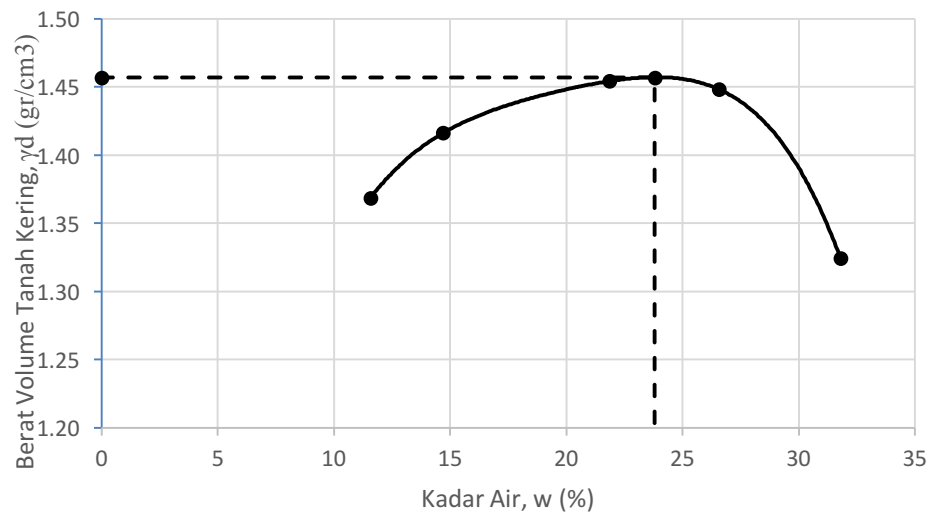
Lanjutan Tabel 5.13 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

Uraian	I		II		III		IV		V	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Berat Cawan, W1 (gr)	9,06	9,18	9,04	9,22	8,94	9,06	9,18	9,04	9,22	8,94
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	24,32	28,62	23,72	25,17	27,06	24,32	28,62	23,72	25,17	27,06
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	22,71	26,64	21,8	23,17	23,72	22,71	26,64	21,8	23,17	23,72
Berat Air, Ww (gr)	1,61	1,98	1,92	2	3,34	1,61	1,98	1,92	2	3,34
Berat Tanah Kering, Ws (gr)	13,65	17,46	12,76	13,95	14,78	13,65	17,46	12,76	13,95	14,78
Kadar Air, w (gr)	11,795	11,340	15,047	14,337	22,598	11,795	11,340	15,047	14,337	22,598
Kadar Air Rata-rata, wrata-rata (gr)	11,568		14,692		21,844		26,556		31,791	
Berat Volume Tanah Kering (gr/cm ³)	1,369		1,416		1,454		1,448		1,324	

Berdasarkan hasil pengujian diatas, diperoleh grafik pemadatan tanah sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Sampel 1



Gambar 5.4 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Sampel 2

Berdasarkan Gambar 5.3 dan Gambar 5.4 diatas, nilai kadar air optimum (*OMC*) dan kepadatan maksimum tanah kering (*MDD*) sampel 1 sebesar 21,7% dan 1,464 gr/cm³. Sedangkan sampel 2 sebesar 23,8% dan 1,457 gr/cm³. Adapun rekapitulasi hasil pengujian sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Uraian	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Kepadatan Maksimum Tanah Kering, <i>MDD</i> (γ_{dmax})	gr/cm ³	1,464	1,457	1,461
Kadar Air Optimum, <i>OMC</i> (W_{opt})	%	21,7	23,8	22,75

Berdasarkan Tabel 5.14, diperoleh nilai rata-rata kadar air optimum (*OMC*) dan kepadatan maksimum tanah kering (*MDD*).

5.2.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

Pengujian yang dilakukan sebelumnya untuk mengetahui sifat fisik tanah di Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, maka dapat ditentukan parameter-parameter tanah berdasarkan hasil pengujian. Adapun rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik tanah yang diuji dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Parameter	Satuan	Nilai
Properties Tanah		
Kadar Air	%	36,5937
Berat Volume	gr/cm ³	1,5083
Berat Jenis		2,2095
Analisa Saringan		
Lolos #200	%	86,833
Kerikil	%	0,187
Pasir	%	12,98
Lanau	%	75,333
Lempung	%	11,5
Batas-batas Konsistensi		
Batas Cair	%	47,45
Batas Plastis	%	23,66
Batas Susut	%	1,425
Pemadatan Tanah		
<i>MDD</i>	gr/cm ³	1,461
<i>OMC</i>	%	22,75

Dari pengujian sifat fisik tanah, dapat diklasifikasikan menggunakan metode *AASHTO* dan *USCS*. Berikut data-data yang digunakan dalam pengklasifikasian *AASHTO* dan *USCS*.

1. Analisa saringan
 - a. Lolos #200 : 86,833%
2. *Atterberg Limit*
 - a. Batas cair : 47,45%
 - b. Batas plastis : 23,66%
 - c. Batas susut : 1,425%
3. Indeks Plastisitas : 24,09%

Adapun klasifikasi tanah berdasar metode *AASHTO* dan *USCS* adalah sebagai berikut.

1. Sistem Klasifikasi *AASHTO*
 - a. Klasifikasi Umum

Menentukan klasifikasi umum dapat ditentukan berdasarkan persen lolos saringan no.200 (0,075 mm). berdasarkan uji analisa saringan didapatkan persentase tanah lolos saringan no.200 sebesar 86,833% (> 35%), maka tanah termasuk dalam jenis tanah lanau-lempung yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan No.200)						Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6				A-2-7

Gambar 5.5 Klasifikasi Umum Tanah Asli Berdasarkan Sistem *AASHTO*

b. Klasifikasi Kelompok

Klasifikasi kelompok ditentukan berdasarkan persentase tanah lolos saringan no.200 (0,075 mm), batas cair, dan indeks plastisitas. Hasil pengujian analisa saringan didapatkan persentase tanah lolos saringan no.200 (0,075) sebesar 86,833% (>36%) dan pengujian batas-batas *atterberg* didapatkan batas cair (*LL*) tanah asli sebesar 47,45% (>41%), batas plastis (*PL*) tanah asli sebesar 23,66% (<30%) dan nilai indeks plastisitas (*PI*) sebesar 24,09% (>11%). berdasarkan hasil pengujian tersebut sampel tanah memenuhi syarat klasifikasi kelompok A-7-6 yaitu batas cair (*LL*) minimal sebesar 41%, indeks plastisitas (*PI*) minimal sebesar 11% serta nilai batas plastis kurang dari 30% yang dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Klasifikasi Kelompok Tanah Asli Berdasarkan Sistem *AASHTO*

Klasifikasi umum	Tanah-tanah lanau-lempung (>35% lolos saringan No.200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7-7 A-7-5/A7-6
0,075 mm (no.200)	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas cair (<i>LL</i>)	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (<i>PI</i>)	10 maks	11 min	11 min	11 min
Batas plastis (<i>PL</i>)	Untuk PL < 30			A-7-6

c. Nilai Indeks Kelompok (*Group Index, GI*)

Nilai indeks kelompok (*Group Index, GI*) dengan menggunakan nilai persen lolos saringan No. 200, nilai batas cair (*LL*), nilai batas plastis (*PL*), dan nilai indeks plastisitas (*PI*). Maka dapat dicari nilai indeks kelompok seperti pada Persamaan 3.1.

$$\begin{aligned}
 GI &= (F-35) [0,2+0,005 (LL-40)] + 0,001 (F-15) (PI-10) \\
 &= (86,833-35) [0,2+0,005 (47,45-40)] + 0,001 (86,833-15) (24,09-10) \\
 &= 13,288 \text{ (dibulatkan)} \\
 &= 13
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan nilai indeks kelompok (*GI*) sebesar 13 (<20), maka sampel tanah memenuhi syarat dalam klasifikasi *AASHTO* seperti pada Gambar 5.6 berikut.

Klasifikasi umum	Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7-7 A-7-5 /A-7-6
0,075 mm (no. 200)	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas cair (LL)	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sedang sampai buruk			

Gambar 5.6 Indeks Kelompok Tanah Asli Berdasarkan Sistem *AASHTO*

d. Tipe Material Yang Pokok Pada Umumnya

Berdasarkan klasifikasi kelompok (A-7-6), maka tanah termasuk tanah termasuk tanah berlempung seperti pada Gambar 5.7 berikut.

Klasifikasi umum	Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7-7 A-7-5 /A-7-6
0,075 mm (no. 200)	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas cair (LL)	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sedang sampai buruk			

Gambar 5.7 Tipe Material Tanah Asli Berdasarkan Sistem AASHTO

e. Penilaian Umum Sebagai Tanah Dasar

Berdasarkan klasifikasi umum (jenis lanau-lempung), maka penilaian sebagai bahan tanah dasar untuk sampel tanah yang diuji masuk dalam kategori sedang sampai buruk yang dapat dilihat pada Gambar 5.8 berikut.

Klasifikasi umum	Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7-7 A-7-5 /A-7-6
0,075 mm (no. 200)	36 min	36 min	36 min	36 min
Batas cair (LL)	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	10 maks	10 maks	11 min	11 min
Indeks kelompok (G)	8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sedang sampai buruk			

**Gambar 5.8 Penilaian Umum Tanah sebagai Tanah Dasar
Berdasarkan Sistem *AASHTO***

Meninjau dari parameter-parameter diatas, maka dapat dinyatakan bahwa sampel tanah lempung di Desa Pagerjurgan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah termasuk ke dalam kelompok A-7-6.

2. Sistem Klasifikasi *USCS*

a. Divisi Kelompok

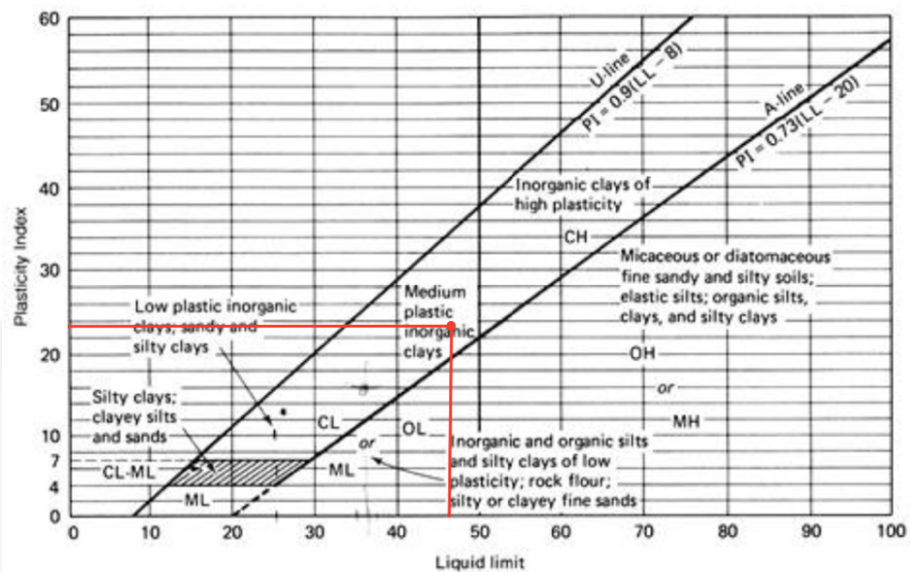
Divisi utama dapat ditentukan berdasarkan persen lolos saringan no.200 (0,075 mm) dan nilai batas cair. Berdasarkan pengujian analisa saringan didapatkan persentase tanah lolos saringan no.200 sebesar 86,833% (>50%) dan nilai batas cair sebesar 47,45% (<50%). Maka divisi utama sampel tanah termasuk kedalam tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no.200 (0,075 mm) serta lanau dan lempung batas cair 50% atau kurang seperti pada Gambar 5.9 berikut.

Divisi Utama		
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)
		Kerikil banyak kandungan butiran halus
	Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)
		Kerikil banyak kandungan butiran halus
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50 % atau kurang	
	Lanau dan lempung batas cair > 50 %	

Gambar 5.9 Divisi Utama Tanah Asli Berdasarkan Sistem USCS

b. Jenis Kelompok

Jenis kelompok ditentukan menggunakan nilai-nilai batas cair, batas plastis dan indeks plastisitas. Hasil pengujian batas-batas *atterberg* didapatkan nilai batas cair sebesar 47,45%, batas plastis sebesar 23,66% dan indeks plastisitas sebesar 23,79%. Berdasarkan beberapa parameter tersebut maka nilai batas cair dan indeks plastisitas dapat diplotkan ke dalam grafik *USCS* untuk menentukan klasifikasi tanah seperti pada Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.10 Grafik Karakteristik Tanah dengan Sistem USCS

Dari grafik pada Gambar 5.9, maka dapat dikategorikan bahwa tanah asli masuk ke dalam kelompok CL, yakni tanah lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung bekerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” (*lean clays*) seperti pada Gambar 5.11 berikut.

Simbol Kelompok	Nama Jenis
GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus
GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir - lempung
GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung
SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
SM	Pasir berlanau, campuran pasir - lanau
SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung
ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (" <i>lean clays</i> ")
OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomik, lanau elastis

Gambar 5.11 Kelompok CL pada Sistem USCS

Berdasarkan hasil klasifikasi tanah asli sistem *USCS* maka disimpulkan bahwa sampel tanah lempung di Desa Pagerjurang, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah masuk ke dalam kelompok CL yaitu tanah lempung anorganik dengan plastisitas sedang.

Adapun jenis atau kriteria tanah berdasarkan pengujian batas-batas *atterberg*, menurut Tabel 3.5 termasuk kedalam jenis tanah lempung dimana dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut.

<i>PI</i>	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

Gambar 5.12 Penentuan Macam Tanah Berdasarkan Nilai *PI*

Selanjutnya kriteria pengembangan tanah menurut Tabel 3.6 termasuk dalam kategori tingkat tinggi yang bisa dilihat pada Gambar 5.13 berikut.

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree of Expansion
<12	<15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 – 30	30 – 40	High

Gambar 5.13 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan *PI* dan *SI*

5.3 Pengujian Sifat Mekanik Tanah

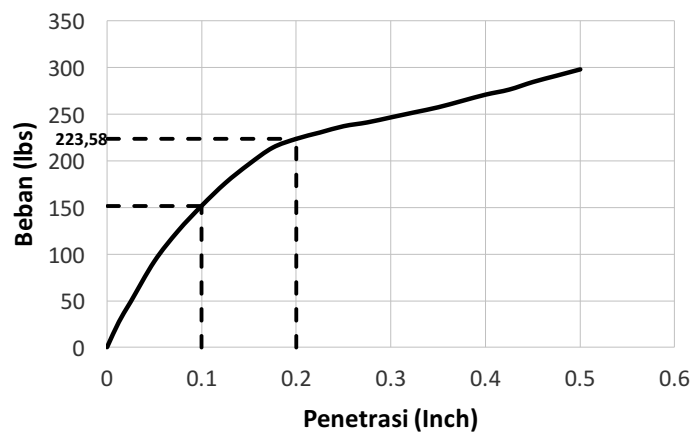
5.3.1 Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengujian *CBR* bertujuan untuk menentukan nilai *CBR* yang berupa beban penetrasi antara beban penetrasi tanah asli maupun tanah yang telah dicampur dengan bahan tambah berupa pasir dan kapur dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Biasanya pengujian *CBR* dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material perkerasan jalan raya atau tanah dasar sebuah konstruksi. Pengujian *CBR* dilakukan dalam 2 kondisi, yaitu kondisi tidak direndam (*unsoaked*) dan kondisi direndam (*soaked*). Pengujian *CBR* dalam kondisi tidak direndam dilakukan pemeraman selama 1, 3 dan 7 hari. Sedangkan pengujian *CBR* dalam kondisi terendam dilakukan pemeraman selama 7 hari lalu dilanjutkan dengan proses perendaman selama 4 hari.

1. *CBR* Tanah Asli

Pengujian *CBR* tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) dilakukan sebanyak 2 sampel, adapun hasil pengujian pada sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.14 berikut.



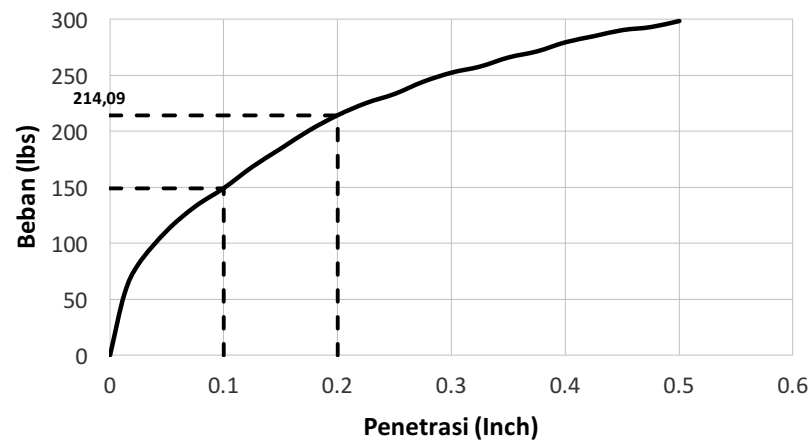
Gambar 5.14 Grafik Pengujian *CBR* Tanah Asli *Unsoaked* Sampel 1

Nilai *CBR* pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 untuk penetrasi 0,1” dan Persamaan 3.14 untuk penetrasi 0,2”.

$$CBR_{0,1''} = \frac{151,76}{3000} \times 100\% = 5,058\%$$

$$CBR_{0,2''} = \frac{223,58}{4500} \times 100\% = 4,96\%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai $CBR_{0,1''}$ sebesar 5,058% dan nilai $CBR_{0,2''}$ sebesar 4,96%. Maka nilai CBR yang digunakan yaitu nilai $CBR_{0,1''}$ yaitu 5,058%. Adapun pengujian sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.15 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked* Sampel 2

Nilai CBR pada penetrasi 0,1'' dan penetrasi 0,2'' dapat dihitung seperti sebelumnya, maka dihasilkan nilai seperti berikut.

$$CBR_{0,1''} = \frac{149,05}{3000} \times 100\% = 4,968\% \qquad CBR_{0,2''} = \frac{214,09}{4500} \times 100\% = 4,757\%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai $CBR_{0,1''}$ sebesar 4,968% dan nilai $CBR_{0,2''}$ sebesar 4,757%. Maka nilai CBR yang digunakan yaitu nilai $CBR_{0,1''}$ yaitu 4,968%. Rekapitulasi hasil pengujian CBR tanah asli dalam kondisi *unsoaked* untuk kedua sampel dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

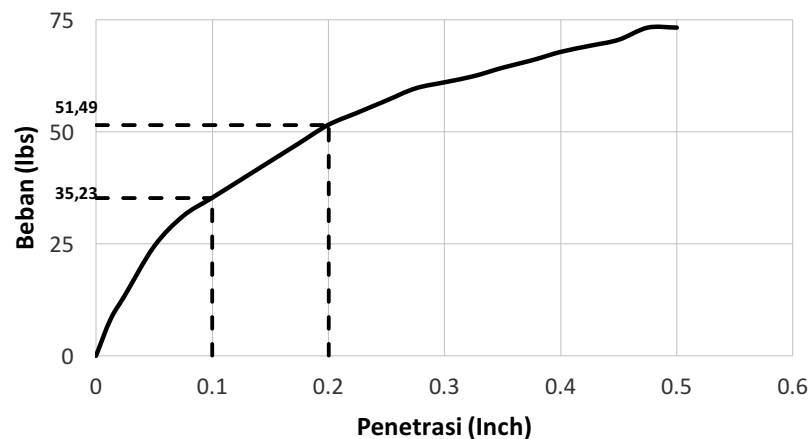
Table 5.17 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanah Asli *Unsoaked*

Uraian	$CBR_{0,1''}$	$CBR_{0,2''}$	Nilai CBR	CBR rata-rata
Sampel 1	5,058	4,96	5,058	5.014
Sampel 2	4,968	4,757	4,968	

Berdasarkan table diatas, diperoleh nilai *CBR* untuk tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) diambil yang terbesar yaitu 5,014%.

2. *CBR* Tanah Asli Rendaman (*Soaked*)

Pengujian *CBR* tanah asli rendaman (*soaked*) dilakukan sebanyak 2 sampel, adapun hasil pengujian pada sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.16 berikut.

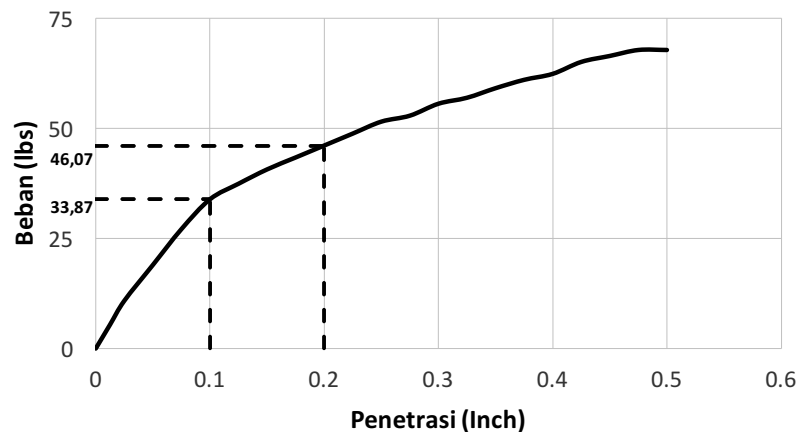


Gambar 5.16 Grafik Pengujian *CBR* Tanah Asli *Soaked* Sampel 1

Nilai *CBR* pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.13 untuk penetrasi 0,1” dan Persamaan 3.15 untuk penetrasi 0,2”.

$$CBR_{0,1''} = \frac{35,23}{3000} \times 100\% = 1,174\% \qquad CBR_{0,2''} = \frac{51,49}{4500} \times 100\% = 1,144\%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai *CBR* 0,1” sebesar 5,058% dan nilai *CBR* 0,2” sebesar 1,174%. Maka nilai *CBR* yang digunakan yaitu nilai *CBR* 0,1” yaitu 1,174%. Adapun pengujian sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.17 berikut.



Gambar 5.17 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli Soaked Sampel 2

Nilai *CBR* pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” dapat dihitung seperti sebelumnya, maka dihasilkan nilai seperti berikut.

$$CBR_{0,1''} = \frac{33,875}{3000} \times 100\% = 1,129\% \qquad CBR_{0,2''} = \frac{46,07}{4500} \times 100\% = 1,024\%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai *CBR* 0,1” sebesar 4,968% dan nilai *CBR* 0,2” sebesar 1,129%. Maka nilai *CBR* yang digunakan yaitu nilai *CBR* 0,1” yaitu 1,152%. Rekapitulasi hasil pengujian *CBR* tanah asli dalam kondisi *unsoaked* untuk kedua sampel dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Table 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanah Asli Soaked

Uraian	CBR 0,1”	CBR 0,2”	Nilai CBR	CBR rata-rata
Sampel 1	1,174	1,144	1,174	1,152
Sampel 2	1,129	1,024	1,129	

3. Rekapitulasi dan Pembahasan Hasil Pengujian CBR

Hasil Rekapitulasi pengujian *CBR* tanpa rendaman (*soaked*) dan *CBR* rendaman (*soaked*) untuk tanah asli, tanah asli + 10%, 20%, 30% pasir, tanah asli + 10% pasir + 2% kapur, tanah asli + 10% pasir + 4% kapur, tanah asli +

10% pasir + 6% kapur dengan pemeraman 1, 3 dan 7 hari serta untuk *CBR* rendaman selama 4 hari dapat dilihat pada Tabel 5.19 dan Tabel 5.20 berikut.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian *CBR* Tanah Asli

Sampel	<i>CBR</i> (%)
Tanah Asli Tanpa Rendaman (<i>Unsoaked</i>)	5,014
Tanah Asli Tanpa Rendaman (<i>Soaked</i>)	1,152

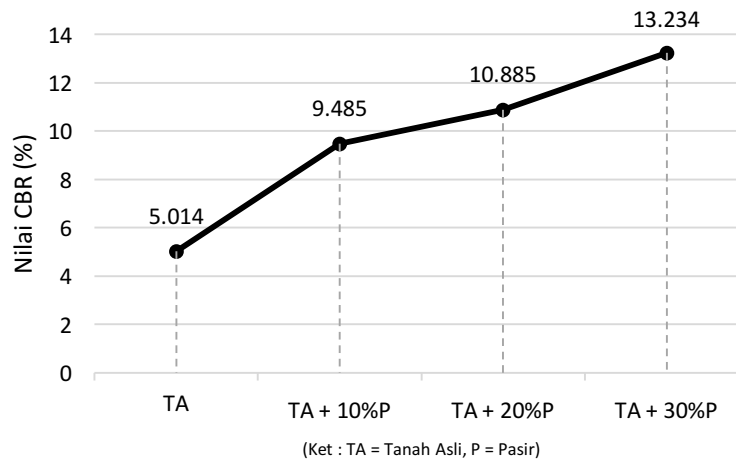
Tabel 20 Rekapitulasi Hasil Pengujian *CBR* Tanah Asli + Pasir

Sampel	<i>CBR</i> (%)
Tanah Asli + 10% Pasir	9,485
Tanah Asli + 20% Pasir	10,885
Tanah Asli + 30% Pasir	13,234

Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian *CBR* Tanah Asli + Pasir + Kapur

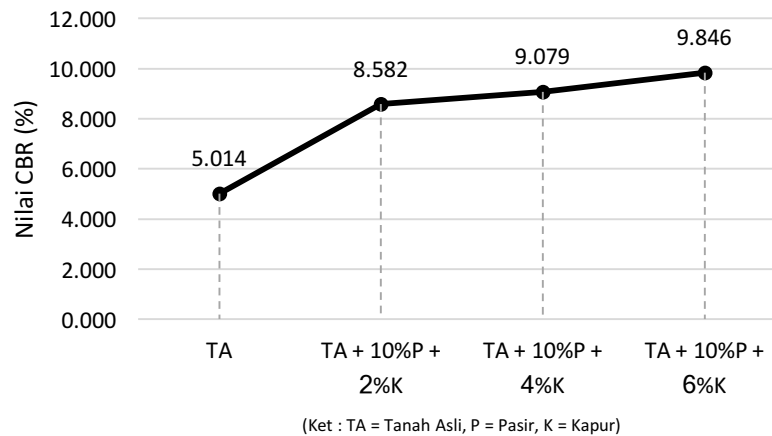
Sampel	<i>CBR</i> Pemeraman 1 Hari (%)	<i>CBR</i> Pemeraman 3 Hari (%)	<i>CBR</i> Pemeraman 7 Hari (%)	<i>CBR</i> Rendaman 4 Hari (%)
Tanah Asli + 10% Pasir + 2% Kapur	8,582	8,762	12,195	1,716
Tanah Asli + 10% Pasir + 4% Kapur	9,079	9,169	13,324	2,529
Tanah Asli + 10% Pasir + 6% Kapur	9,846	9,937	15,583	5,239

Berdasarkan hasil pengujian *CBR* dapat dibuat grafik hubungan antara variasi sampel yang digunakan dengan persentase nilai *CBR* pada Gambar 5.18, Gambar 5.19, Gambar 5.20, Gambar 5.21, Gambar 5.22, dan Gambar 5.23 berikut.



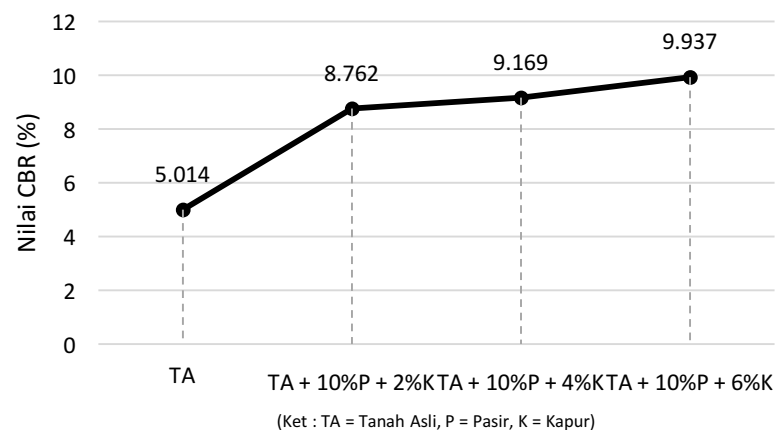
Gambar 5.18 Grafik Hasil Pengujian *CBR Unsoaked* Tanah Asli + 10%, 20%, 30% Pasir

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.18 terlihat bahwa nilai *CBR* dengan penambahan 10%, 20%, dan 30% pasir mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai *CBR* tanah asli. Nilai *CBR* untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir sebesar 9,485% , untuk campuran tanah dengan penambahan 20% pasir sebesar 10,885% dan campuran tanah dengan penambahan 30% pasir sebesar 13,234%. Peningkatan nilai *CBR* tanah campuran seiring bertambahnya prosentase pasir. Oleh karena itu, dipilih variasi pasir sebesar 10% karena nilai *CBR* pada variasi tersebut melebihi dari standar *CBR* perkerasan jalan sebesar 6% sehingga dirasa cukup meningkatkan daya dukung tanah serta mempertimbangkan faktor efisiensi bahan tambah dimana pada variasi bahan tambah 10% pasir memerlukan bahan tambah dengan kuantitas yang lebih sedikit dibandingkan dengan variasi 20% pasir dan 30 pasir oleh karena itu tidak memerlukan biaya yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan bahan tambah.c



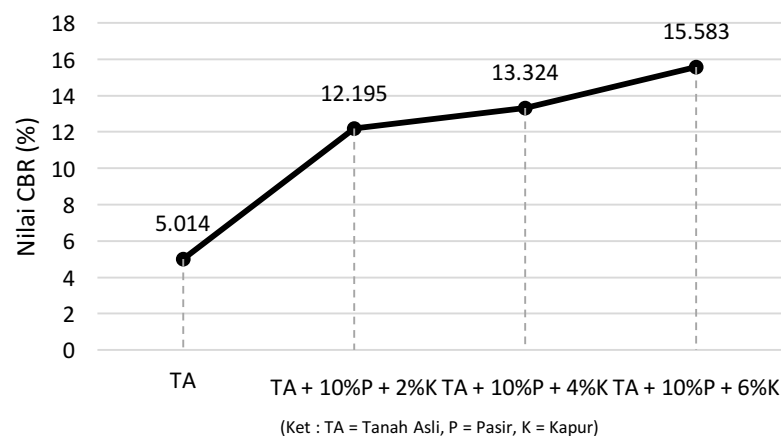
Gambar 5.19 Grafik Hasil Pengujian *CBR Unsoaked* Tanah Asli + 10% Pasir + 2, 4, 6% Kapur Pemeraman 1 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.19 terlihat bahwa nilai *CBR* dengan penambahan 10% pasir + 2, 4, 6% kapur dengan pemeraman 1 hari mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai *CBR* tanah asli. Nilai *CBR* dengan pemeraman 1 hari didapatkan nilai *CBR* untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 2% kapur sebesar 8,582% , untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 4% kapur sebesar 9,079% dan campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 6% kapur sebesar 9,846%.



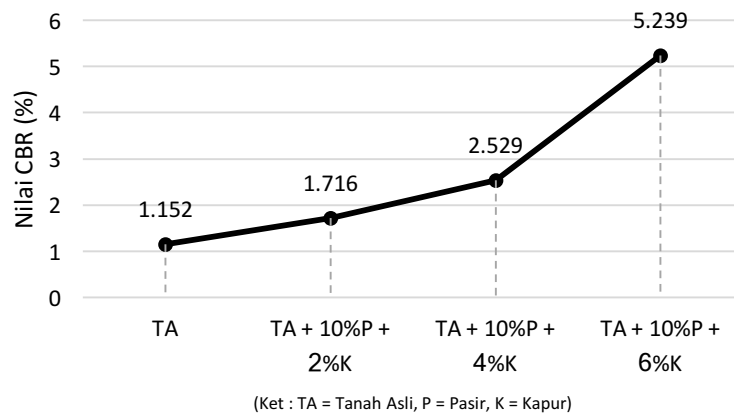
Gambar 5.20 Grafik Hasil Pengujian *CBR Unsoaked* Tanah Asli + 10% Pasir + 2, 4, 6% Kapur Pemeraman 3 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.20 terlihat bahwa nilai *CBR* dengan penambahan 10% pasir + 2, 4, 6% kapur dengan pemeraman 3 hari mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai *CBR* tanah asli. Nilai *CBR* dengan pemeraman 3 hari didapatkan nilai *CBR* untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 2% kapur sebesar 8,762% , untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 4% kapur sebesar 9,169% dan campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 6% kapur sebesar 9,937%.



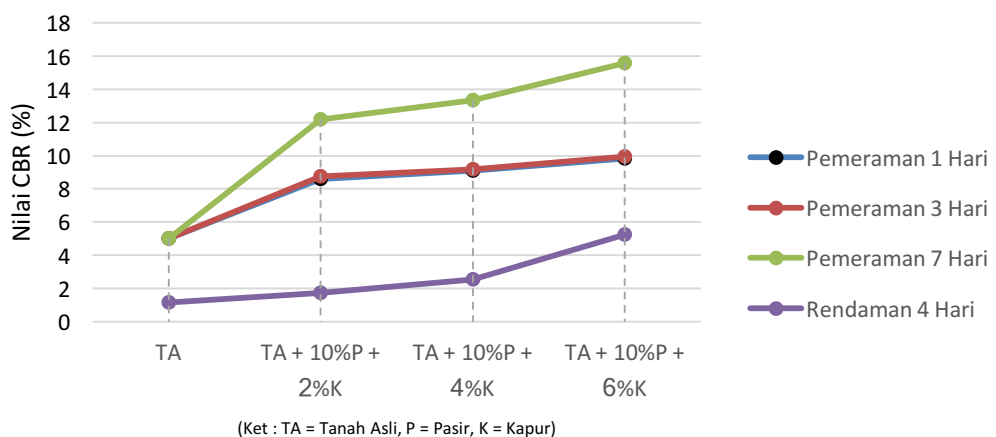
Gambar 5.21 Grafik Hasil Pengujian *CBR Unsoaked* Tanah Asli + 10% Pasir + 2, 4, 6 % Kapur Pemeraman 7 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.21 terlihat bahwa nilai *CBR* dengan penambahan 10% pasir + 2, 4, 6% kapur dengan pemeraman 7 hari mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai *CBR* tanah asli. Nilai *CBR* dengan pemeraman 7 hari didapatkan nilai *CBR* untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 2% kapur sebesar 12,195% , untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 4% kapur sebesar 13,324% dan campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 6% kapur sebesar 15,583%.



Gambar 5.22 Grafik Hasil Pengujian CBR Soaked Tanah Asli + 10% Pasir + 2, 4, 6 % Kapur Rendaman 4 Hari

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.22 terlihat bahwa nilai *CBR* dengan penambahan 10% pasir + 2, 4, 6% kapur dengan rendaman 4 hari dimana sebelumnya dilakukan pemeraman selama 7 hari, mengalami peningkatan dibandingkan dengan nilai *CBR* tanah asli. Nilai *CBR* dengan rendaman 4 hari didapatkan nilai *CBR* untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 2% kapur sebesar 1,716% , untuk campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 4% kapur sebesar 2,529% dan campuran tanah dengan penambahan 10% pasir + 6% kapur sebesar 5,239%.



Gambar 5.23 Grafik Hasil Pengujian CBR Tanah Asli + Pasir + Kapur

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.23 menunjukkan bahwa penambahan persentase bahan tambah campuran berupa pasir dan kapur dengan berbagai variasi campuran dan lama waktu pemeraman mengakibatkan kenaikan nilai *CBR* dibandingkan dengan nilai *CBR* tanah asli. Nilai *CBR* mengalami kenaikan sesuai dengan kenaikan bahan tambah pasir dan kapur serta lama waktu pemeraman. Nilai *CBR* tertinggi didapatkan pada variasi kadar campuran tanah asli + 10% pasir + 6% kapur, pada pemeraman 1 hari didapatkan nilai *CBR* sebesar 9,846%, pemeraman 3 hari sebesar 9,937% serta pemeraman 7 hari sebesar 15,583%. Nilai *CBR* pada kondisi terendam (*soaked*) dengan perendaman 4 hari didapatkan nilai 5,239%.

Berdasarkan penelitian ini, dimana variasi campuran pasir konstan 10% dan 2%, 4%, dan 6% kapur seiring bertambahnya persentase bahan campuran maka akan meningkatkan nilai *CBR* tanah, baik dalam kondisi terendam maupun tidak terendam. Hal ini disebabkan, pertama penambahan pasir sebagai bahan tambah dapat memperoleh gradasi yang lebih bervariasi sehingga sifat-sifat teknis tanah menjadi lebih baik. Kedua, penambahan kapur mengakibatkan terjadinya reaksi kimia yang terjadi pada kapur terhadap mineral lempung di dalam tanah untuk membentuk campuran yang menimbulkan sementasi (*kalsium silikat*). Selain itu kapur diberi waktu yang cukup untuk melakukan proses kimianya untuk terhidrasi dan mengikat partikel tanah untuk membentuk struktur tanah menjadi lebih baik sehingga akan meningkatkan kepadatan tanah dan nilai *CBR* nya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan dengan data hasil uji laboratorium yang telah dianalisa mengenai stabilisasi tanah lempung menggunakan bahan tambah pasir dan kapur terhadap nilai *CBR*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Klasifikasi tanah di Desa Pagerjurgan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah sebagai berikut :
 - a. jenis material tanah : lempung
 - b. tanah dasar : sedang sampai buruk
 - c. *AASHTO* : subkelompok A-7-6 (plastisitas < 30)
 - d. *USCS* : kelompok CL atau tanah lempung anorganik plastisitas sedang.
2. Pengaruh penambahan variasi pasir terhadap tanah yang telah distabilisasi didapatkan nilai *CBR* sebagai berikut :
 - a. tanah asli + 10% pasir : 9,485%
 - b. tanah asli + 20% pasir : 10,885%
 - c. tanah asli + 30% pasir : 13,234%
 - d. variasi pasir untuk distabilisasi dengan kapur : 10% Pasir
3. Besaran nilai *CBR* tanah asli dan nilai *CBR* tertinggi yang telah distabilisasi dengan pasir dan kapur sebagai berikut :
 - a. *CBR* tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) : 5,014%
 - b. *CBR* tanah asli rendaman (*soaked*) : 1,152%
 - c. tanah asli + 10% pasir + 6% kapur : 15,583% (pemeraman 7 hari)
 - d. tanah asli + 10% pasir + 6% kapur : 5,239% (rendaman 4 hari)
 - e. kenaikan nilai *CBR* tanpa rendaman (*unsoaked*) : 210,811%
 - f. kenaikan nilai *CBR* rendaman (*soaked*) : 354,902%

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Penelitian selanjutnya dapat mencoba memvariasi prosentase bahan tambah kapur dan pasir untuk mendapatkan nilai optimum.
2. Penelitian selanjutnya dapat memvariasi bahan tambah kapur dan pasir dengan bahan tambah yang lain.
3. Penelitian selanjutnya dapat melakukan penambahan parameter pengujian yang berhubungan dengan daya dukung tanah.



DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Testing and Materials. 1971. *Standard Test Method of Test for Plastic Limit of Soil*. ASTM designation: D 424-74. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 1972. *Standard Test Method of Test for Liquid Limit of Soil*. ASTM designation: D 423-66. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 1989. *Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass*. ASTM designation: D 2216-71. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 1989. *Standard Test Method of Test for Shrinkage Limit of Soil*. ASTM designation: D 424-74. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 1989. *Standard Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Efford*. ASTM designation: D 698-70. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 2002. *Standard Test Method for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer*. ASTM designation: D 854-72. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 2002. *Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils*. ASTM designation: D 1883-73. Philadelphia. PA.
- American Society for Testing and Materials. 2007. *Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soil*. ASTM designation: D 422-72. Philadelphia. PA.
- Atterberg, A. 1911. *Uber die Physikalische Bodenuntersuchung und uber die plastizitatder Tone*. Int. Mitt. Boden, Vol.1.
- Bowles, J. E.. 1984. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Das, B. M.. 1988. *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Dun, dkk. 1980. *Soil Stabilization, Priciples and Practice*. USA: USA.

- Fishal., Gusrizal., Hanafiah. 2018. Stabilisasi Tanah Lempung Campur Kapur dan Abu Sekam Padi Berdasarkan Uji CBR Laboratorium. *Jurnal Teknik*, 1(3). Politeknik Negeri Lhokseumawe. Banda Aceh.
- Hardiyatmo, H.C. 1999. Mekanika Tanah I. Dalam: *Mekanika Tanah I*. PT. Gramedia Pustaka Umum. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2002. Mekanika Tanah I. Dalam: *Mekanika Tanah I*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press, p. 1.
- Ingles, & Metcalf. 1972. *Soil Stabilization, Principles and Practice*. USA: USA.
- Nugroho, S.A., Wibisono, G., Al Hafizh, M.S. 2017. Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Pasir Berbagai Gradasi dan Campuran Kapur. *Jurnal Teknik*, 4(2). Politeknik Negeri Lhokseumawe. Banda Aceh.
- Riyadi, E.W. dan Siswanto, B. 2004. Pengaruh Penambahan Pasir dan Kapur Untuk Stabilitas Tanah Lempung Sebagai Subgrade Jalan Raya. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Rokhman., Sutiono, W., Putra, P.A., 2019. Uji Eksperimental Stabilisasi Tanah Lempung Dengan Menggunakan Pasir dan Kapur. *Jurnal Teknik Sipil*, 5(2), pp. 4-11, Universitas Muhammadiyah Sorong. Sorong.
- Soekoto I. 1973. *Mempersiapkan Lapis Dasar Konstruksi*. Badan Penerbit PU.
- Utami, G.S., MCA, T., Andriani, L.D. 2015. Stabilisasi Tanah Dasar (Subgrade) Dengan Menggunakan Pasir Untuk Meningkatkan Nilai CBR dan Menurunkan Swelling. *Jurnal Teknik Sipil*. Institut Teknologi Adhitama Surabaya. Surabaya
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Jakarta Selatan: Badan Penerbit Pekerjaan Umum.

The image features a large, faint watermark of the Universitas Islam Indonesia logo in the background. The logo consists of a shield-shaped emblem with a stylized minaret or dome in the center. The word "ISLAM" is written at the top, "UNIVERSITAS" on the left, and "INDONESIA" on the right. Below the emblem is the Arabic text "الجامعة الإسلامية الأندونيسية".

LAMPIRAN