PENGARUH PENAMBAHAN MATOS TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI WAKTU PERENDAMAN

(Skripsi)

Oleh

MAYUNATA DUHA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

ABSTRACT

MATOS ADDITION EFFECT ON SOIL CLAY CBR VALUE MIXED WITH RICE HUSK ASH VIEWED FROM SOAKED TIME

By:

Mayunata Duha

Clay is a type of soil that has high water content and generally has a low soil carrying capacity. This can cause problems when the soil will be built a construction on it. Clay will easily saturated when the rainy season comes so that the soil water content therein increases which makes its carrying capacity decreased. The addition of matos and rice husk ash is one of the methods to stabilize the soil. With this method, this research is expected to know the effect of the addition of these substances in saturation condition by reviewing the research samples on the value of CBR immersion.

This research was conducted at the Laboratory of Soil Mechanics Faculty of Engineering, University of Lampung by making optimum sample which has the highest CBR value then searched the effect of adding the duration of immersion in 7, 14, 21, and 28 days. The soil samples taken from Sidorejo village, Sidomulyo subdistrict, South Lampung are clay soil which has the original soil CBR value of 7.3% and 31.8% in the CBR optimum curing soil mixture.

The soil stabilization method experienced by the sample showed a decrease of CBR value from 15.5% on the duration of the immersion time of 7 days to 8% in the duration of the 28 day immersion time. This decreased immersion CBR value indicates that the addition of the duration of the immersion time resulted in the CBR value of the soil mixed soil samples decreasing as the soaking time of the soil samples grew.

Keywords : Matos, Soaked Design CBR, Rice Husk Ash, Clay.

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN MATOS TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI WAKTU PERENDAMAN

Oleh :

Mayunata Duha

Tanah lempung merupakan jenis tanah yang memiliki kadar air yang tinggi dan pada umumnya memiliki daya dukung tanah yang rendah. Hal tersebut dapat menimbulkan masalah ketika tanah yang dimaksud akan dibangun suatu konstruksi di atasnya. Tanah lempung akan mudah jenuh ketika musim penghujan datang sehingga kadar air tanah didalamnya meningkat yang membuat daya dukungnya menurun. Penambahan matos dan abu sekam padi merupakan salah satu metode untuk menyetabilkan tanah tersebut. Dengan metode ini, penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh penambahan zat-zat tersebut pada kondisi jenuh dengan meninjau sampel penelitian terhadap nilai CBR rendamannya.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan cara membuat sampel optimum yang memiliki nilai CBR paling tinggi yang kemudian di cari pengaruh penambahan durasi perendaman pada waktu rendam 7, 14, 21, dan 28 hari. Sampel tanah yang diambil dari desa Sidorejo, Kecamatan Sidomulyo, Lampung Selatan merupakan tanah lempung yang memiliki nilai CBR tanah asli 7,3% dan 31,8 % pada CBR tanah campuran peraman optimum.

Metode penyetabilan tanah yang dialami sampel menunjukan penurunan nilai CBR dari 15,5 % pada durasi waktu rendaman 7 hari menjadi 8 % pada durasi waktu rendaman 28 hari. Nilai CBR rendaman yang menurun ini menunjukan bahwa penambahan durasi waktu rendaman mengakibatkan nilai CBR rendaman sampel tanah campuran semakin mengecil seiring dengan bertambahnya durasi waktu perendaman sampel tanah.

Kata kunci : Matos, CBR Rendaman, Abu Sekam Padi, Tanah Lempung

PENGARUH PENAMBAHAN MATOS TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI WAKTU PERENDAMAN

(Skripsi)

OLEH

MAYUNATA DUHA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS LAMPUNG

BANDAR LAMPUNG

2018

Judul Skripsi : **PENGARUH PENAMBAHAN MATOS TERHADAP NILAI CBR TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR ABU SEKAM PADI DITINJAU DARI WAKTU PERENDAMAN**

Nama Mahasiswa : *Mayunata Duha*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115011062

Jurusan : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Iswan, S.T., M.T.
NIP 19720608 200501 1 001

Ofik Taufik Purwadi, S.T., M.T.
NIP 19700724 200003 1 002

2. Ketua Jurusan

Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Iswan, S.T., M.T.** .....

Sekretaris : **Ofik Taufik Purwadi, S.T., M.T.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Ir. Setyanto, M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Suharno, M.S., M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Maret 2018**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya jugatidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula, bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Maret 2018

Penulis

METERAI TEMPEL

CEBA5AFF050938190

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Maydilata Duha

RIWAYAT HIDUP PENULIS

Mayunata Duha dilahirkan di Batanghari, pada tanggal 6 Mei 1993. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Dwi Juari dan Ibu Suharti. Penulis memiliki satu saudara kandung bernama Jun Sanjira.

Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 3 Batanghari Lampung Timur hingga tahun 2004 dan menyeleaikan masa pendidikan sekolah dasar pada tahun 2005 di SDN 3 Poncowati Lampung Tengah. Pendidikan tingkat pertama ditempuh di SMPN 1 Batanghari Lampung Timur yang diselesaikan pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN 1 Kota Metro yang diselesaikan pada tahun 2011.

Penulis diterima sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2011. Penulis turut aktif dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Lampung MATALAM pada tahun 2012/2013 sebagai Kepala Devisi Ekspedisi dan pada tahun pengabdian 2014/2015 menjabat sebagai Sekretaris Umum. Pada tahun 2015 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gedung Aji, Kecamatan Gedung Aji Lama, Kabupaten Tulang Bawang.

Persembahan

Sebuah hasil dari perjalanan panjang dengan segala

pernak pernik kehidupan kampus dan rasa tanggung jawab

akan pentingnya menyelesaikan proses akademis

saya persembahkan karya kecil ini untuk,

Ibunda Dra. Suharti Tercinta

Kakanda Jun Sanjira

Seluruh Sahabat Seperjuangan Teknik Sipil

ANGKATAN 2011

Keluarga Besar **MATALAM FT UNILA**

MOTTO

"Ada Cara untuk Melakukannya dengan Lebih Baik.
Temukanlah!"
(Thomas Alva Edison)

"Spirit Like a Sea Brave Like a Mountaint"
*(*MATALAM FT UNILA*)*

"Jadikan Keadaan Buruk yang Kamu Alami Sebagai Alat Pacu
untuk Menjadi Pribadi yang Lebih Kuat"
(Iswan, S.T., M.T.)

SANWACANA

Alhamdulillahi Rabbil ‘Alamin, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi dengan judul “***Pengaruh Penambahan Matos Terhadap Nilai Cbr Tanah Lempung Yang Dicampur Abu Sekam Padi Ditinjau Dari Waktu Perendaman”*** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Sipil di Universitas Lampung.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada penulisan skripsi ini masih banyak terdapt kekurangan dan kesalahan, oleh sebab itu penulis mohon maaf dan mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.,selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung;
2. Bapak Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc.selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, FakultasTeknik, Universitas Lampung;
3. Bapak Iswan, S.T., M.T., selaku Pembimbing Utama terima kasih atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;

4. Bapak Ir. Hadi Ali, M.T., (Alm) selaku Pembimbing Kedua terima kasih atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Ofik Taufik Purwadi, S.T., M.T. selaku Pengganti Pembimbing Kedua terima kasih atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
6. Bapak Ir. Setyanto, M.T., selaku Penguji Utama pada ujian skripsi. Terimakasih untuk masukan dan saran-saran untuk penelitian ini;
7. Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing Penulis dengan sangat baik dan bijak sejak awal masuk perkuliahan;
8. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang telah membimbing dan memberikan ilmu yang bermanfaat;
9. Bapak dan Ibu Staf Administrasi Fakultas Teknik Unila yang telah membantu Penulis dalam mengurus administrasi selama perkuliahan;
10. Ayahanda Drs. Dwi Juari yang telah memberikan pelajaran yang jarang sekali orang lain mendapatkannya.
11. Ibuku tersayang, Dra. Suharti yang selalu memberikan doa-doa terbaiknya di setiap nafasnya, semangat, dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik;
12. Teman-teman, sahabat 2011 dan abang-abang Teknik Sipil UNILA yang telah meluangkan waktu untuk membantu penelitian di laboratorium sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan lancar dan mudah.

13. Ahmad Jundi, Ahmad Ridho Fatria S.T., Sindu Abadi S.T., I Komang Herdiana S.T., Rizki Prinanda Umar S.T., Jimy Citra S.T., Meifra Wahyudi S.T., Antonius Erwanda, Rian Yulianto, Kusnadi, Septias Herson Sejati, Jesa Anggara, Kiki Muchlisin, Ferovan Fistandaris, Ekanto Wahyudi, Prayoga S.T., M. Ade Harkitnas dan Novi Nanda Aznita, terimakasih atas segala bantuan dan dukungan moril yang telah diberikan.
14. Keluarga besar MATALAM FT UNILA yang telah memberikan lingkungan keluarga selama penulis menyelesaikan proses akademis.
15. Suci Ramadhani, S.E., yang telah memberikan semangat disetiap harinya.
16. Semua pihak terkait dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Akhir kata, Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, akan tetapi sedikit harapan semoga skripsi yang sederhana ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Maret 2018

Penulis,

Mayunata Duha

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI…….....II

DAFTAR GAMBAR……....IV

DAFTAR TABEL.....…….....VI

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Batasan Masalah 2
C. Tujuan Penelitian 3
D. Manfaat Penelitian 4

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah..... 5
B. Klasifikasi Tanah 8
C. Tanah Lempung 18
D. Tanah Lunak.....24
E. Stabilisasi Tanah 28
F. Stabilisasi Tanah Menggunakan *Matos* 31
G. *California Bearing Ratio* (CBR).....38
H. Pemadatan Tanah 45
I. Tinjauan Penelitian Terdahulu 47

III. METODE PENELITIAN

A. Pengambilan Sampel..... 49
B. Peralatan..... 50
C. Benda Uji 50
D. Data Penelitian 50
E. Metode Pencampuran Sampel Tanah Dengan Matos 51
F. Pelaksanaan Pengujian..... 52
1. Uji Kadar Air 52
2. Uji Analisis Saringan 53
3. Uji Batas Atterberg 54
4. Uji Berat Jenis..... 56
5. Uji Pemadatan Tanah..... 58
6. Uji CBR (*California Bearing Ratio)* 61

G. Urutan Prosedur Penelitian 63
H. Analisis Hasil Penelitian 65
I. Diagram Alir Penelitian 67

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN
A. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli 68
1. Uji Kadar Air (ω) 68
2. Uji Berat Jenis (Gs) 69
3. Uji Analisis Saringan 69
4. Uji Batas Atterberg 70
5. Uji Pemadatan Tanah 71
6. Uji CBR 74
B. Klasifikasi Tanah 75
1. Sistem Klasifikasi *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) 75
2. Klasifikasi Sistem *Unified Soil Classification System* (USCS) 75
C. Hasil Pengujian CBR Tanpa Pemeraman, Pemeraman dan CBR Rendaman 76
1. Uji CBR Tanpa Perendaman 76
2. Uji CBR Pemeraman 77
3. Uji CBR Perendaman 79
4. Hubungan Nilai CBR Perpukulan dengan Durasi Perendaman 80
5. Hubungan Kadar Air Perpukulan dengan Durasi Perendaman 83
6. Hubungan Berat Isi Kering dengan Durasi Perendaman 86
7. Hubungan Berat Isi Kering dengan Durasi Perendaman 88
D. Perbandingan dari Penelitian Sebelumnya 92

V. PENUTUP
A. Kesimpulan 94
B. Saran 95

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Lokasi Pengambilan Tanah ..... … 2

Gambar 2. Nilai-nilai batas *atterberg* untuk sub kelompok tanah ..... … 15

Gambar 3. *Matos* ..... … 33

Gambar 4. Proses pengikatan matos… 35

Gambar 5. Grafik hubungan kenaikan nilai CBR dengan menggunakan Matos, berdasarkan variasi campuran semen dan masa perawatan benda uji dari sampel tanah daerah Godean (Laboratorium Mekanika Tanah Program Diploma Teknik Sipil UGM 2010) Pengujian CBR laboratorium..... … 36

Gambar 6. Batas-batas *atterberg*..... … 44

Gambar 7. Diagram alir penelitian..... … 67

Gambar 8. Rentang (*Range*) dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) Berdasarkan Sistem AASHTO.....70

Gambar 9. Grafik Kadar Air Optimum Tanah Asli 71

Gambar 10. Grafik Kadar Air Optimum Tanah + Abu SekamPadi 5% 72

Gambar 11. Grafik Kadar Air Optimum Tanah + Abu SekamPadi 8% 72

Gambar 12. Grafik Kadar Air Optimum Tanah + Abu Sekam Padi 10% 73

Gambar 13. Grafik Kadar Air Optimum Tanah + Abu SekamPadi 12% 73

Gambar 14. Diagram Plastisitas.....76

Gambar 15. Grafik Hubungan Durasi Pemeraman Dengan Nilai CBR.....78

Gambar 16. Grafik Hubungan Nilai CBR terhadap Durasi Perendaman.....80

Gambar 17. Grafik Hubungan CBR dengan Durasi perendaman pada Pukulan 10 81
Gambar 18. Grafik Hubungan CBR dengan Durasi Perendaman pada Pukulan 25 82

Gambar 19. Grafik Hubungan CBR dengan Durasi perendaman pada Pukulan 55 82

Gambar 20. Grafik Kadar Air dengan Durasi Perendaman pada Pukulan 10 83

Gambar 21. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Durasi perendaman pada Pukulan 25 84

Gambar 22. Grafik Hubungan Kadar Air dengan Durasi perendaman pada Pukulan 55 85

Gambar 23. Grafik Hubungan Berat Isi Kering dengan Durasi perendaman pada pukulan 10 86

Gambar 24. Grafik Hubungan Berat Isi Kering dengan Durasi Perendaman pada Pukulan 25 87

Gambar 25. Grafik Hubungan Berat Isi Kering dengan Durasi perendaman pada pukulan 55 88

Gambar 26. Grafik Hubungan Berat Isi Kering dengan CBR Rendaman Pukulan 10 89

Gambar 27. Grafik Hubungan Berat Isi Kering dengan CBR Rendaman Pukulan 25 90

Gambar 28. Grafik Hubungan Berat Isi Kering dengan CBR Rendaman Pukulan 55 91

Gambar 29. Grafik Perbandingan CBR Rendaman dengan Durasi Perendaman . 92

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1. Klasifikasi Tanah untuk Lapisan Tanah Dasar Jalan Raya (Sistem AASHTO) 11

Tabel 2. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified Soil Classification System* (USCS) ... 14

Tabel 3. Sistem Klasifikasi *Unified Soil Classification System* (USCS) 15

Tabel 4. Definisi Kuat Geser Lempung Lunak 25

Tabel 5. Indikator Kuat Geser tak Terdrainase Tanah-tanah Lempung Lunak..... 25

Tabel 6. Potensi Pengembangan 26

Tabel 7. Klasifikasi Kompresibilitas Tanah 27

Tabel 8. Sifat-Sifat Umum Lempung Lunak 28

Tabel 9. Hasil Pengujian Tanah dengan Menggunakan *Matos* Sampel Tanah Daerah Godean 35

Tabel 10. Elemen-elemen Uji Pemadatan *Proctor Modified* di Laboratorium 46

Tabel 11. Kode pada Mold untuk Kadar Abu Sekam Padi dan *Matos* pada Variasi Jumlah Tumbukan 65

Tabel 12. Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Asli 69

Tabel 13. Hasil Pengujian Batas *Atterberg* Tanah Asli 70

Tabel 14. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli 74

Tabel 15. Hasil Pengujian CBR Tiap Kadar Abu Sekam Padi 77

Tabel 16. Hasil Pengujian CBR Tanah Stabilisasi dengan Durasi Pemeraman 78

Tabel 17. Hasil Pengujian CBR dengan Abu Sekampadi 12% dengan Variasi Durasi Perendaman 79

Tabel 18. Hasil Pengujian CBR Rendman Perpukulan 81

Tabel 19. Hasil Kadar Air pada Uji CBR Rendaman Perpukulan 83

Tabel 20. Hasil Berat Isi Kering Perpukulan pada Uji CBR Rendaman 86

Tabel 21. Hubungan Berat Isi Kering Perpukulan terhadap Uji CBR Rendaman Perpukulan 89

Tabel 22. Hasil Pengujian CBR Tanah Rendaman 0 dan 4 hari yang distabilisasi dengan Kapur dari Daerah Sidodadi Asri 92

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam membangun suatu konstruksi bangunan ataupun jalan sangat erat kaitannya dengan kondisi fisik dan mekanis dari tanah. Hal ini disebabkan karena tanah merupakan salah satu material yang memegang peranan penting dalam mendukung suatu konstruksi. Kondisi tanah pada suatu daerah tidak akan memiliki sifat tanah yang sama dengan daerah lainnya. Ada yang mempunyai daya dukung sangat baik dan adapula yang mempunyai daya dukung sangat buruk. Tanah di Desa Sidorejo Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan akan dibangun sebuah konstruksi jalan, dimana sangat membutuhkan data kondisi fisik dan mekaniknya untuk melakukan kegiatan konstruksi tersebut.

Tanah lempung merupakan tanah berbutir halus koloidal yang tersusun dari mineral-mineral yang dapat mengembang. Tanah lempung pada umumnya merupakan material tanah dasar yang buruk, hal ini dikarenakan kekuatan gesernya sangat rendah sehingga pembuatan suatu konstruksi di atas lapisan tanah ini selalu menghadapi beberapa masalah seperti daya dukung yang rendah dan sifat kembang susut yang besar.

Salah satu teknologi yang dapat digunakan pada stabilisasi tanah adalah dengan pencampuran bahan atau zat kimia. Adapun salah satu bahan kimia yang dapat dijadikan sebagai bahan penyetabil tanah adalah *Matos*.

B. Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada nilai CBR tanah lempung asli sebelum dan sesudah dicampur menggunakan *Matos* sebagai *stabilizing agent* dengan penambahan abu sekam padi dengan melaksanakan pengujian-pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Batasan masalah pada penelitian ini meliputi :

1. Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah terganggu (*disturbed*) pada jenis tanah lempung di Desa Sidorejo Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung yang terletak pada 5°36’03”S 105°33’13”E.

Gambar 1. Lokasi Pengambilan Tanah

2. Bahan penyetabil tanah atau *stabilizing agent* yang digunakan adalah *Matos* dan bahan *additive* yang digunakan adalah abu sekam padi.
3. Tanah lempung dicampur dengan matos dan abu sekam padi dengan kadar 5%, 8%, 10% dan 12% dari berat tanah.
4. Waktu perendaman yang dilakukan pada tanah yang dicampur abu sekam padi dan matos antara lain 7, 14, 21, dan 28 hari.
5. Pengujian-pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung antara lain, sebagai berikut :

   a. Pengujian pada tanah asli meliputi :

      1) Uji Analisis Saringan
      2) Uji Berat Jenis
      3) Uji Kadar Air
      4) Uji Batas-Batas *Atterberg*
      5) Uji Pemadatan tanah (*Proctor Modified*)
      6) Uji CBR

   b. Pengujian tanah campuran (sampel tanah asli + matos + abu sekam padi) dengan kadar air optimum meliputi:

      1) Uji CBR (*California Bearing Ratio*)
      2) Uji CBR Rendaman

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sifat sifat fisik sampel tanah di lokasi penelitian.

2. Mengetahui perubahan nilai daya dukung tanah lempung yang telah dicampurkan abu sekam padi dan distabilisasi menggunakan *Matos* terhadap tanah asli dengan menggunakan tes CBR.
3. Mengetahui pengaruh variasi kadar campuran abu sekam padi dan mencari kadar abu sekam padi yang ideal dalam pencampuran.
4. Mengetahui pengaruh durasi perendaman pada stabilisasi sampel tanah yang dicampurkan dengan abu sekam padi dan distabilisasi menggunakan *Matos*

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat – sifat fisik dan mekanik tanah lempung.
2. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang ilmu tanah.
3. Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi tentang perilaku tanah lempung yang diberikan perlakuan seperti yang tertera pada penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Dalam pengertian teknik, tanah adalah akumulasi partikel mineral yang tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain yang terbentuk akibat pelapukan dari batuan. Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis dan kimiawi. Secara fisis dapat diakibatkan dengan erosi oleh air, angin atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan. Sedangkan cara kimiawi, mineral batuan induk diubah menjadi mineral-mineral baru melalui reaksi kimia. Air dan karbon dioksida dari udara membentuk asam-asam karbon yang kemudian bereaksi dengan mineral-mineral batuan dan membentuk mineral-mineral baru ditambah garam-garam terlarut. Akibat dari pembentukan tanah secara kimiawi, maka tanah mempunyai struktur dan sifat-sifat yang berbeda (Das, Braja M, 1985).

Tanah menurut teknik sipil dapat didefinisikan sebagai sisa atau produk yang dibawa dari pelapukan batuan dalam proses geologi yang dapat digali tanpa peledakan dan dapat ditembus dengan peralatan pengambilan contoh (*sampling*) pada saat pemboran (Hendarsin, 2000).

Sedangkan menurut Bowles, tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

1. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).
2. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
3. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
4. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan kedalam danau atau didekat garis pantai pada muara sungai.
5. Lempung (*clay*), partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
6. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

Berikut definisi tanah lempung menurut beberapa ahli :

1. Karl Terzaghi Ralph B.Pack (1987)

   Merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah, bersifat plastis pada kadar air sedang. Di Amerika bagian barat, untuk

lempung yang keadaan plastisnya ditandai dengan wujudnya yang bersabun atau seperti terbuat dari lilin disebut “gumbo”. Sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak.

2. Braja M. Das (1988)

   Merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi basah.

3. Joseph E. Bowles (1991)

   Mendefinisikan tanah lempung sebagai deposit yang mempunyai partikel berukuran lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm dalam jumlah lebih dari 50 %.

4. Hary Christady Hardiyatmo (1992)

   Mengatakan sifat-sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat.

5. E. Ralph Grim (1953).

   Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengna air.

B. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan subkelompok-subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995). Sistem klasifikasi tanah dibuat pada dasarnya untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisis tanah. Karena variasi sifat dan perilaku tanah yang begitu beragam, sistem klasifikasi secara umum mengelompokan tanah ke dalam kategori yang umum dimana tanah memiliki kesamaan sifat fisis. Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat-sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu-satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi.

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah. Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*, sistem-sistem tersebut adalah:

1. Sistem Klasifikasi AASTHO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official)* ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administrasion Classification System*. Sistem ini telah mengalami beberapa perbaikan, yang berlaku saat ini adalah yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the*

Highway Research Board pada tahun 1945 (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145).

Sistem klasifikasi AASHTO bermanfaat untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*). Karena sistem ini ditujukan untuk pekerjaan jalan tersebut, maka penggunaan sistem ini dalam prakteknya harus dipertimbangkan terhadap maksud aslinya. Sistem ini membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir di mana 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200. Tanah di mana lebih dari 35 % butirannya tanah lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

a. Ukuran Butir

   Kerikil : Bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).

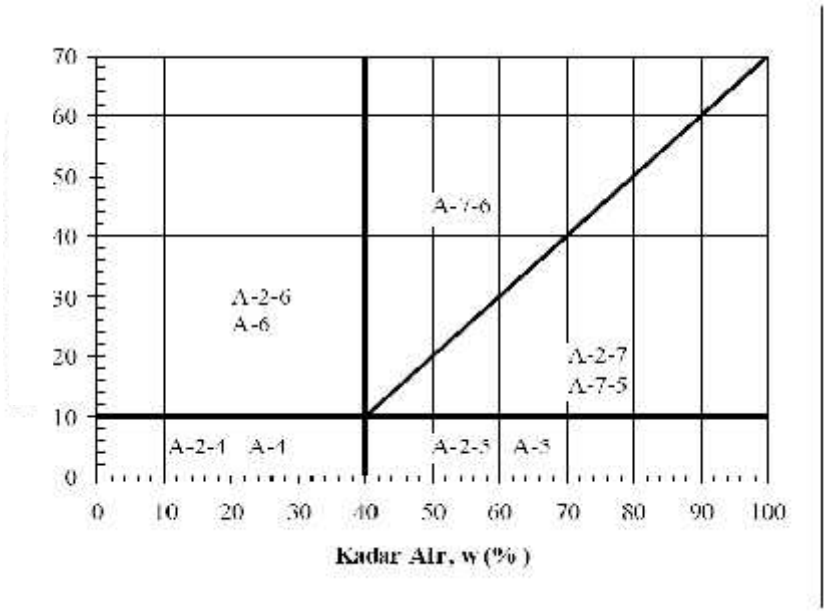
   Pasir : Bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).

   Lanau dan lempung : Bagian tanah yang lolos ayakan No. 200.

b. Plastisitas

   Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung

dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 11 atau lebih.



Gambar 2. Nilai - nilai batas *Atterberg* untuk sub kelompok tanah (Sistem AASHTO)

c. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) di temukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi, persentase dari batuan yang dileluarkan tersebut harus dicatat.

Apabila sistem klasifikasi AASHTO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 1 dari kolom sebelah kiri ke kolom sebelah kanan hingga ditemukan angka-angka yang sesuai dengan klasifikasi AASHTO.

Tabel 1. Klasifikasi tanah untuk lapisan tanah dasar jalan raya (Sistem AASHTO)

Klasifikasi Umum	**Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)**							**Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)**			
Klasifikasi Kelompok	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5* A-7-6**
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	≤ 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	≤ 30	≤ 50	≥ 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---		---	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≤ 41	≤ 40	≥ 41
Indek Plastisitas (PI)	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek			

Keterangan : * Untuk A-7-5, PI ≤ LL – 30
** Untuk A-7-6, PI > LL – 30

Sumber : Das, 1995.

2. Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* (USCS)

Klasifikasi tanah sistem ini diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu :

a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200. Simbol kelompok diawali dengan **G** untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil (*gravelly soil*) atau **S** untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*).

b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200. Simbol kelompok diawali dengan **M** untuk lanau inorganik (*inorganic silt*), atau **C** untuk lempung inorganik (*inorganic clay*), atau **O** untuk lanau dan lempung organik. Simbol **Pt** digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah **W** - untuk gradasi baik (*well graded*), **P** - gradasi buruk (*poorly graded*), **L** - plastisitas rendah (*low plasticity*) dan **H** - plastisitas tinggi (*high plasticity*).

Adapun menurut *Bowles*, 1991 kelompok-kelompok tanah utama pada sistem klasifikasi *Unified* diperlihatkan pada Tabel 2 berikut ini :

Tabel 2. Sistem klasifikasi tanah *unified*

Jenis Tanah	**Prefiks**	**Sub Kelompok**	**Sufiks**
Kerikil	G	Gradasi baik	W
		Gradasi buruk	P
Pasir	S	Berlanau	M
		Berlempung	C
Lanau	M		
Lempung	C	w_L< 50 %	L
Organik	O	w_L> 50 %	H
Gambut	Pt		

Sumber : Bowles, 1991.

Klasifikasi sistem tanah *unified* secara visual di lapangan sebaiknya dilakukan pada setiap pengambilan contoh tanah. Hal ini berguna di samping untuk dapat menentukan pemeriksaan yang mungkin perlu ditambahkan, juga sebagai pelengkap klasifikasi yang di lakukan di laboratorium agar tidak terjadi kesalahan label.

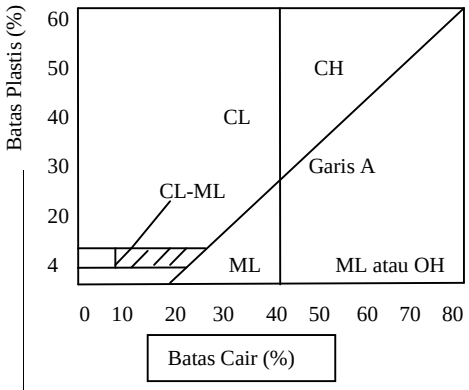
Tabel 3. Sistem Klasifikasi *Unified*

Divisi utama			Simbol kelompok	Nama umum
Tanah berbutir kasar≥ 50 % butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil ≥ 50 % fraksi kasar Tertahan saringan No. 4	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			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
			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
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung
Tanah berbutir halus 50 % atau lebih lolos ayakan No. 200		Lanau dan lempung batas cair ≤ 50 %	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung
			CL	Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” (*lean clays*)
			OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
		Lanau dan lempung batas cair ≥ 50 %	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis
			CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*fat clays*)
			OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi			PT	*Peat* (gambut), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi

Tabel 3. (Lanjutan)

	Kriteria klasifikasi	
Klasifikasi berdasarkan persentase butiran halus Kurang dari 5 % lolos saringan No. 200 GM, GP, SW, SP Lebih dari 12 % lolos saringan No. 200 GM, GC, SM, SC 5 - 12 % lolos saringan No. 200 Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol double	$C_u = D_{60} / D_{10} > 4$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} x D_{60}}$ antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
	Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas *Atterberg* berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai double simbol
	Batas-batas *Atterberg* di atas garis A atau PI > 7	
	$C_u = D_{60} / D_{10} > 6$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} x D_{60}}$ antara 1 dan 3	
	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
	Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI < 4	Bila batas *Atterberg* berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai double simbol
	Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau PI > 7	

Diagram Plastisitas:
Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar.
Batas *Atterberg* yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.



Garis A : PI = 0.73 (LL-20)

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat dalam ASTM designation D-2488

Sumber : Hary Christady, 1996.

Menurut *Dunn*, 1980 berdasarkan asalnya, tanah diklasifikasikan secara luas menjadi 2 macam yaitu :

1. Tanah organik adalah campuran yang mengandung bagian-bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kadang-kadang dari kumpulan kerangka dan kulit organisme.
2. Tanah anorganik adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis.

Untuk membedakan jenis tanah dalam beberapa golongan, maka dilakukan klasifikasi dengan berbagai macam pengujian laboratorium. Salah satunya adalah sistem klasifikasi USCS. Klasifikasi tanah *Unified* (USCS) diajukan pertama kali oleh Casagrande dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) telah memakai USCS sebagai metode standar guna mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk yang sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Dalam USCS, suatu tanah diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soils*) yang terdiri atas kerikil dan pasir yang mana kurang dari 50% tanah yang lolos saringan No. 200 ($F_{200} < 50$). Simbol kelompok diawali dengan **G** untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil (*gravelly soil*) atau **S** untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir (*sandy soil*).
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained soils*) yang mana lebih dari 50% tanah lolos saringan No. 200 ($F_{200} \geq 50$). Simbol kelompok diawali dengan **M** untuk lanau inorganik (*inorganic silt*), atau **C** untuk lempung inorganik (*inorganic*

clay), atau **O** untuk lanau dan lempung organik. Simbol **Pt** digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi.

Simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi adalah **W** - untuk gradasi baik (*well graded*), **P** - gradasi buruk (*poorly graded*), **L** - plastisitas rendah (*low plasticity*) dan **H** - plastisitas tinggi (*high plasticity*).

C. Tanah Lempung

Tanah lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Selain itu, permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987).

Warna tanah pada tanah lempung tidak dipengaruhi oleh unsur kimia yang terkandung di dalamnya, karena tidak adanya perbedaan yang dominan dimana kesemuanya hanya dipengaruhi oleh unsur Natrium saja yang paling mendominasi. Semakin tinggi plastisitas, grafik yang dihasilkan pada masing-masing unsur kimia belum tentu sama. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur warna tanah dipengaruhi oleh nilai *Liquid Limit* (LL) yang berbeda-beda (Marindo, 2005 dalam Afryana, 2009).

Sifat khas yang dimiliki oleh tanah lempung adalah dalam keadaan kering akan bersifat keras, dan jika basah akan bersifat lunak plastis, dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat, sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air. Sedangkan untuk jenis

tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi diatasnya.

Tanah lempung terdiri sekumpulan partikel-partikel mineral lempung dan pada intinya adalah hidrat aluminium silikat yang mengandung ion-ion Mg, K, Ca, Na dan Fe. Mineral-mineral lempung digolongkan ke dalam empat golongan besar, yaitu *kaolinit*, *smectit* (montmorillonit), *illit* (mika hidrat) dan *chlorite*. Mineral-mineral lempung ini merupakan produk pelapukan batuan yang terbentuk dari penguraian kimiawi mineral-mineral silikat lainnya dan selanjutnya terangkut ke lokasi pengendapan oleh berbagai kekuatan.

Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles,1991).

Adapun sifat-sifat umum dari mineral lempung, yaitu :

1. Hidrasi

   Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. Lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari

60º sampai 100º C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

2. Aktivitas

Aktivitas tanah lempung merupakan perbandingan antara indeks plastisitas (PI) dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 2 mm yang dinotasikan dengan huruf *C* dandisederhanakan dalam persamaan berikut:

$$A = \frac{PI}{C}$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Klasifikasi mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya yakni :

a. *Montmorrillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) ≥ 7,2

b. *Illite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) ≥ 0,9 dan < 7,2

c. *Kaolinite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) ≥ 0,38 dan < 0,9

d. *Polygorskite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) < 0,38

3. Flokulasi dan Dispersi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal (*amophus*) maka daya negatif netto, ion-ion H+ di dalam air, gaya Van der Waals, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk *flok (flock)*yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H+), sedangkan penambahan

bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thiksotropic (Thixopic)*, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

4. Pengaruh Air

Fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. Pada pengujian di laboratorium untuk batas *Atterberg*, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (*dipolar*). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetrakolrida (Ccl 4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

5. Sifat Kembang Susut

Tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume ketika kadar air berubah. Perubahan itulah yang membahayakan bangunan. Tingkat pengembangan secara umum bergantung pada beberapa faktor, yaitu:

a) Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.

b) Kadar air.

c) Susunan tanah.

d) Sementasi.

Secara umum sifat kembang susut tanah lempung tergantung pada sifat plastisitasnya, semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk mengembang dan menyusut.

6. Kriteria Tanah Lempung

Suatu tanah dapat digolongkan sebagai tanah lempung jika memenuhi syarat sebagai berikut :

a. Butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) berdasarkan ASTM standardan berukuran < 0,002 mm.

Suatu bahan yang hampir seluruhnya terdiri dari pasir, tetapi ada yang mengandung sejumlah lempung

7. Jenis Mineral Lempung

a. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan anggota kelompok *kaolinite serpentin*, yaitu *hidrus alumino silikat* dengan rumus kimia $Al_2Si_2O_5(OH)_4$. Kekokohan sifat struktur dari partikel *kaolinite* menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut *kaolinite* menjadi rendah.

b. *Illite*

Illite adalah mineral bermika yang sering dikenal sebagai *mika tanha* dan merupakan mika yang berukuran lempung. Istilah *illite* dipakai untuk tanah berbutir halus, sedangkan tanah berbutir kasar disebut *mika hidrus*.

Rumus kimia *illite* adalah $K_yAl_2(Fe_2Mg_2Mg_3)\ (Si_{4y}Al_y)O_{10}(OH)_2$.

c. *Montmorilonite*

Mineral ini memiliki potensi plastisitas dan mengembang atau menyusut yang tinggi sehingga bersifat plastis pada keadaan basah dan keras pada keadaan kering. Rumus kimia *montmorilonite* adalah $Al_2Mg(Si_4O_{10})(OH)_2$ xH_2O.

8. Sifat Tanah Lempung

Tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung yang rendah, kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi, dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi diatasnya.

Tanah lempung adalah tanah yang mempunyai partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air (Grim, 1953 dalam Darmady, 2009).

Mineral lempung merupakan senyawa *alumunium silikat* yang kompleks yang terdiri dari satu atau dua unit dasar, yaitu *silica tetrahedral* dan *alumunium octahedral*, *Silicon* dan *alumunium* mungkin juga diganti sebagian dengan unsur lain yang disebut dengan substitusi isomorfis.

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung adalah sebagai berikut (Hardiyatmo,1999):

a. Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm.
b. Permeabilitas rendah.
c. Kenaikan air kapiler tinggi.
d. Bersifat sangat kohesif.

e. Kadar kembang susut yang tinggi.

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).

Selain itu juga lempung mempunyai sifat *thixotrophyl*, yaitu tanah yang mengalami kehilangan kekuatan setelah diremas, kemudian akan dapat kembali sebagian dari kekuatan yang hilang itu, ini disebabkan karena adanya air terserap (*absorb water*) disekeliling permukaan dari partikel lempung.

D. Tanah Lunak

Menurut Panduan Geoteknik 1, 2001 penggunaan istilah “tanah lunak” berkaitan dengan : tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir; tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Adapun salah satu tipe tanah yang termasuk kedalam jenis tanah lunak yaitu lempung lunak.

Tanah lempung lunak adalah tanah yang mengandung mineral-mineral lempung dan memiliki kadar air yang tinggi, yang menyebabkan kuat geser yang rendah. Dalam rekayasa geoteknik istilah 'lunak' dan 'sangat lunak'

khusus didefinisikan untuk lempung dengan kuat geser seperti ditunjukkan pada Tabel 4 berikut :

Tabel 4. Definisi kuat geser lempung lunak

Konsistensi	**Kuat Geser (kN/m^2)**
Lunak	12.5 – 25
Sangat Lunak	< 12.5

Sumber : Panduan Geoteknik 1, 2001.

Sebagai indikasi dari kekuatan lempung-lempung tersebut prosedur identifikasi lapangan pada Tabel 5 memberikan beberapa petunjuk.

Tabel 5. Indikator kuat geser tak terdrainase tanah-tanah lempung lunak

Konsistensi	**Indikasi Lapangan**
Lunak	Bisa dibentuk dengan mudah dengan jari tangan
Sangat Lunak	Keluar di antara jari tangan jika diremas dalam kepalan tangan

Sumber : Panduan Geoteknik 1, 2001.

Lempung lunakatau juga yang dikenal lempung *expansive*merupakan jenis tanah lempung yang di klasifikasikan kedalam jenis tanah yang memiliki nilai pengembangan dan nilai penyusutan yang besar, sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada struktur yang berada diatasnya. Hal tersebut dikarenakan besarnya nilai aktivitas (A) tanah lempung, besar kecilnya nilai aktivitas tanah lempung dipengaruhi oleh nilai indeks plastisitas (PI) tanah, pada Tabel 6 dapat diketahui potensi pengembangan suatu jenis tanah berdasarkan nilai indeks plastisitasnya (PI), untuk tanah lempung yang dapat dikategorikan kedalam tanah lempung yang *expansive* yakni tanah yang memiliki potensi pengembangan yang sangat tinggi batasan nilai indeks

plastisitasnya atau PI > 35 %, selain itu nilai aktivitas tanah lempung juga dapat dipengaruhi oleh jenis mineral yang terkandung pada tanah tersebut semakin plastis mineral lempung semakin potensial untuk menyusut dan mengembang.Tanah-tanah yang banyak mengandung lempung mengalami perubahan volume atau mengalami pengembangan atau penyusutan ketika kadar air berubah, maka dari itu air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung.

Tabel 6. Potensi Pengembangan

Potensi Pengembangan	Pengembangan (akibat tekanan 6,9 KPa) (%)	Persen Koloid (<0,001mm) (%)	Indek Plastisitas PI (%)	Batas Susut SL (%)	Batas Cair LL (%)
Sangat tinggi	>30	>28	>35	>11	>65
Tinggi	20-30	20-31	25-41	7-12	50-63
Sedang	10-20	13-23	15-28	10-16	39-50
Rendah	<10	<15	<18	<15	39

Sumber : Usman, Taufik. 2008.

Tanah lempung lunak merupakan tanah kohesif yang terdiri dari tanah yangsebagian terbesar terdiri dari butir-butir yang sangat kecil seperti lempung atau lanau.Sifat lapisan tanah lempung lunak adalah gaya gesernya yang kecil, kemampatan yangbesar, koefisien permeabilitas yang kecil dan mempunyai daya dukung rendahdibandingkan tanah lempung lainnya. Tanah-tanah lempung lunak secara umummempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kuat geser rendah
2. Berkurang kuat gesernya bila kadar air bertambah

3. Berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu

4. Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat

5. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah

7. Kompresibilitasnya besar (Tabel 7)

Tabel 7. Klasifikasi Kompresibilitas Tanah

Compresibilty, C	Classification
0 – 0,05	Very slightly compressible
0,05 – 0,1	Slightly compressible
0,1 – 0,2	Moderately compressible
0,2 – 0,35	Highly compressible
> 0,35	Very highly compressible

Sumber : Coduto, 1994

7. Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkak pada bebanyang konstan

8. Merupakan material kedap air, menurut Terzaghi (1967) tanah lempung kohesif diklasifikasikan sebagai tanahlempung lunak apabila mempunyai daya dukung ultimit lebih kecil dari 0,5 kg/cm2 dannilai standard penetrasites lebih kecil dari 4 (N-value < 4). Berdasarkan uji lapangan, lempung lunak secara fisik dapat diremas dengan mudah oleh jari-jari tangan. Toha (1989) dalam bukunya menguraikan sifat umum lempung lunak seperti dalam Tabel 8.

Tabel 8. Sifat-Sifat Umum Lempung Lunak

Parameter	Nilai
Kadar air	80 – 100%
Batas Cair	80 – 110%
Batas plastis	30 – 45%
Lolos saringan no.200	> %
Kuat geser	20 – 40 kN/m^2

Sumber : Toha, Sifat-Sifat Umum Lempung Lunak, 1989

E. Stabilisasi Tanah

Stabilisasi tanah adalah suatu proses untuk memperbaiki sifat-sifat tanah dengan menambahkan sesuatu pada tanah tersebut, agar dapat menaikkan kekuatan tanah dan mempertahankan kekuatan geser. Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada sehingga membentuk struktur jalan atau pondasi jalan yang padat. Sifat – sifat tanah yang telah diperbaiki dengan cara stabilisasi dapat meliputi kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

Teknologi stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 4 (empat) macam penggolongan utama, yaitu :

1. ***Physio - Mechanical***

   Pemadatan langsung dengan alat pemadat maupun aplikasi teknologi seperti cakar ayam, tiang pancang dan geomembran atau *geotextile*.

2. ***Granulometric***

   Pencampuran tanah asli dengan tanah lain yang mempunyai sifat dan karakteristik yang lebih baik lalu dipadatkan dengan alat pemadat.

3. ***Physio - Chemical***

   Pencampuran tanah asli dengan semen, kapur ataupun aspal sebagai bahan pengikat partikel tanah.

4. ***Electro – Chemical***

   Ionisasi partikel tanah dengan mencampurkan bahan kimia tertentu, yang bertujuan untuk merubah sifat-sifat buruk tanah, seperti kembang susut menjadi tanah yang mudah dipadatkan dan stabil secara permanen.

Menurut *Bowles*, 1991 beberapa tindakan yang dilakukan untuk menstabilisasikan tanah adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan kerapatan tanah.
2. Menambah material yang tidak aktif sehingga meningkatkan kohesi dan/atau tahanan gesek yang timbul.
3. Menambah bahan untuk menyebabkan perubahan-perubahan kimiawi dan/atau fisis pada tanah.
4. Menurunkan muka air tanah (drainase tanah).
5. Mengganti tanah yang buruk.

Pada umumnya cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah terdiri dari salah satu atau kombinasi dari pekerjaan-pekerjaan berikut (Bowles, 1991) :

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

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

Menurut Lambe (1962) stabilisasi mekanis merupakan suatu proses yang menyangkut dua cara perubahan sifat – sifat tanah :

a. Penyusunan kembali partikel-partikel tanah, seperti contohnya pencampuran beberapa lapis tanah, pembentukan kembali tanah yang telah terganggu, dan pemadatan.
b. Penambahan atau penyingkiran partikel-partikel tanah. Sifat-sifat tanah tertentu dapat diubah dengan menambah atau menyingkirkan sebagian fraksi tanah.

2. Bahan Pencampur (*Additiver*), yaitu bahan hasil olahan pabrik yang bila ditambahkan ke dalam tanah dengan perbandingan yang tetap akan memperbaiki sifat-sifat teknis tanah, seperti : kekuatan, tekstur, kemudahan pengerjaan, dan plastisitas. Contoh-contoh bahan tambah adalah kapur, semen portland, abu terbang (*fly ash*), aspal (*bitumen*), *ecomix, matos,* dan lain-lain.

Beberapa pertimbangan yang perlu dilakukan dalam memilih tipe bahan tambah yang cocok, adalah :

1. Jenis tanah yang akan distablisasi
2. Jenis struktur yang distabilisasi
3. Ketentuan kekuatan tanah yang harus dicapai
4. Tipe dari perbaikan tanah yang diinginkan
5. Dana yang tersedia dan kondisi lingkungan

Sebagai contoh, semen dapat digunakan untuk stabilisasi sembarang jenis tanah. Namun, semen lebih cocok untuk stabilisasi tanah granuler, dan kurang cocok untuk tanah lempung plastis. Sebaliknya, kapur lebih cocok digunakan untuk stabilisasi tanah lempung dengan keplastisitasan sedang sampai tinggi. Kapur akan mengurangi plastisitas, memberikan kemudahan pengerjaan, mengurangi sifat mengembang dan menambah kekuatannya. Jika materila berupa kerikil berlempung, kapur akan membuat material lebih kuat, dan jika campuran ini digunakan untuk struktur lapis pondasi pada perkerasan, maka akan memberikan kekuatan yang lebih tinggi. Kombinasi kapur semen dan abu terbang cocok digunakan untuk stabilisasi struktur lapis pondasi. Aspal cocok dicampur dengan pasir berlanau dan material granuler, karena aspal dapat membungkus seluruh butiran tanah.

F. Stabilisasi Tanah Mengunakan *Matos*

Matos adalah bahan aditif yang berfungsi untuk pembekuan dan stabilisasi tanah dengan fisik – proses kimia. *Matos* dalam bentuk material serbuk halus terdiri dari komposisi mineral anorganik yang tidak berbau, memiliki

pH 8.37, berat jenis 2,35043 gr/cm_3 dan kelarutan dalam air 1:3 (*Laporan Hasil Uji Laboratorium Universitas Gajah Mada 2010*)

Apabila partikel tanah dilihat secara mikroskopis, maka pada permukaan tanah tersebut terdapat lapisan air yang tipis, kira-kira ketebalannya 0,05mm. Lapisan ini memiliki kekuatan yang luar biasa, kira-kira 200.000 kg untuk setiap 1 mm^2, untuk memindahkan lapisan air ini, dibutuhkan energi yang besar. Sifat air yang melekat ini agak berbeda dengan air biasa yang kita ketahui. 1 cc = 1 gram pada suhu 40°C untuk air normal, tetapi air ini adalah 1 cc = 1, 4 gram.

Air ini dapat bergerak dengan arah horizontal tetapi tidak dapat bergerak secara vertikal. Air inilah yang menghambat semen menjadi keras. Terbentuknya humus adalah dengan melarutnya tanaman-tanaman yang sudah mati kedalam air yang menempel pada permukaan tanah dan humus ini menghambat terjadinya kontak antara *kation kalsium* (Ca++) pada semen dan *anion* (-) dari partikel-partikel tanah.

Pada saat penggunaan *Matos*, kita harus melarutkannya ke dalam air pada tingkat kelarutan *(molaritas)* 10%. Beragamnya komponen *Matos* memperlemah fungsi negatif dari humus dan akan menurunkan kadar humus itu sendiri. Kemudian, *kation kalsium* (Ca++) pada semen dapat menempel langsung dipermukaan tanah.

Gambar 3. *Matos*

Matos menghilangkan efek penghambatan ikatan ion, sehingga partikel tanah menjadi lebih mudah bermuatan ion negatif (anion), sehingga *kation* Ca++ dapat mengikat langsung dengan mudah pada partikel tanah dan membantu menyuplai lebih banyak ion pengganti dan membentuk senyawa asam *alumunium silica* sehingga membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel-tanah. Hal ini akan berbeda jika dilibatkan *Matos*, dimana pada saat terjadi pengikatan abu sekam padi pada partikel tanah dan mengering karena reaksi *dehidrasi*, akan terbentuk kristal-kristal yang muncul diantara campuran abu sekam padi yang mengikat partikel tanah, kristal-kristal tersebut menyerupai jarum-jarum yang secara instensif akan bertambah banyak dan membesar yang nantinya mebentuk rongga-rongga micron yang bisa menyerap air (*porositas*), sehingga tidak akan terjadi keretakan.

Matos bekerja untuk meningkatkan kualitas konstruksi jalan dan pada saat yang sama juga mengurangi kebutuhan biaya. *Matos* bereaksi dengan tanah dan semen reaksi *hidrasi* dicampur menghasilkan partikel mengikat kompleks, tanah menjadi

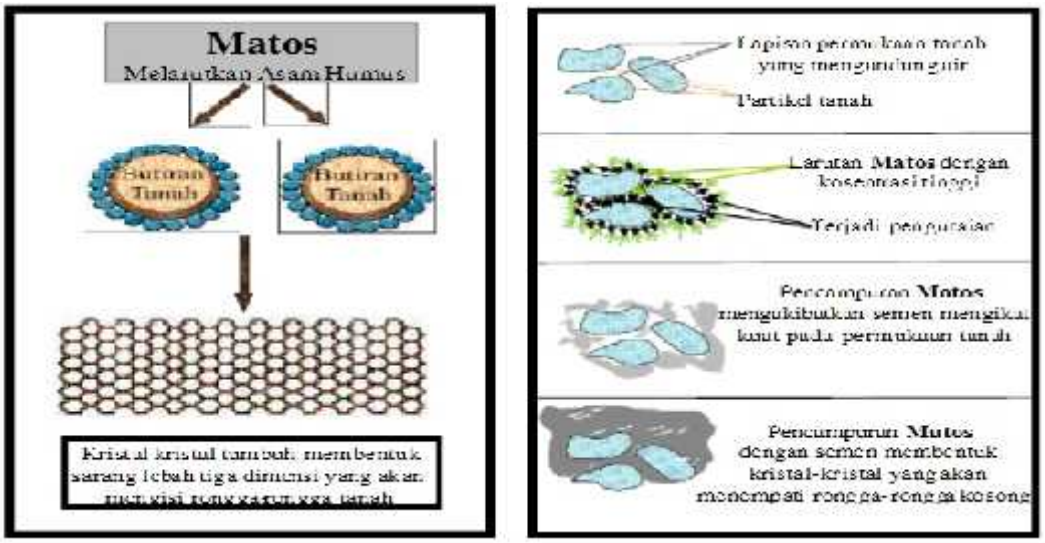
kerangka yang kuat dan membuat layer stabil kuat. Penggunaan *Matos* mampu mengurangi dampak bahaya terhadap lingkungan akibat debu dan juga membuat permukaan tahan air dalam segala cuaca.

Prosedur aplikasi *Matos* di lapangan sangat sederhana, tanah pertama yang dicampur dengan *Matos* dikeruk dan *mixer* sampai mencapai campuran homogen. Proses ini juga dapat menghancurkan biji-bijian besar menjadi lebih kecil, dan membuat tanah terlalu lembab menjadi lebih kering. *Matos* kemudian ditambahkan ke dalam tanah dan aduk lagi untuk memastikan campuran telah dicampur secara menyeluruh.

Air ditambahkan ke dalam campuran sesuai dengan jumlah mencapai *Optimum Moisture Content* (OMC) dan membuat proses operasi kimia. Pemadatan adalah salah satu aspek penting yang harus dilakukan secara menyeluruh dan dengan peralatan yang tepat untuk menjamin pemadatan maksimal tercapai.

Proses pengikatan *Matos*:

- *Clay* dibentuk menjadi Kristal untuk mencegah perubahan volume (kembang susut) akibat air.
- Mikropori diblok oleh formasi gel *silica.*
- Partikel yang lebih besar membentuk ikatan oleh material *cementious* sepanjang komposisi mineral.



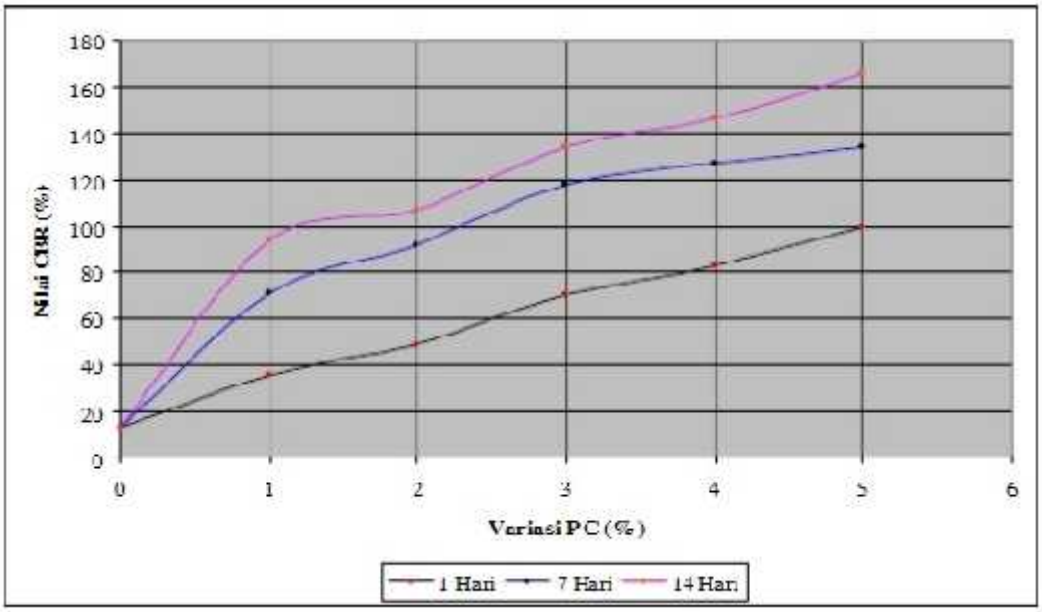
Gambar 4. Proses Pengikatan *Matos*

Contoh dari penggunaan *Matos* pada sampel tanah di Desa Jering, Godean, Kulon Progo, DI Yogyakarta.

Tabel 9. Hasil pengujian tanah dengan menggunakan *Matos* sampel tanah daerah Godean

No	Pengujian		Persentase Variasi Campuran Portland Cement					
			0	1	2	3	4	5
1	Kadar Air Tanah Asli	(%)	12.02	-	-	-	-	-
2	Gravitasi Khas (*Specific Gravity*)		2.671	2.795	2.815	2.824	2.842	2.855
3	Gradasi Butiran							
	- Clay	(%)	0	0	0	0	0	0
	Silt	(%)	21.31	17.01	16.94	16.63	13.58	10.57
	Sand	(%)	78.69	82.96	83.06	83.37	86.42	89.43
4	Batas-batas Konsistensi							
	- Liquid Limit	(%)	NON PLASTIS					
	- Plastic Limit	(%)						
	- Shrinkage Limit	(%)						
	Indeks Plastisitas (IP)	(%)						
5	Compaction Test							
	- Berat Isi Kering (ϒd)	t/m³	1.563	1.745	1.795	1.622	1.869	1.906
	- Kadar Air Optimum (OMC)	(%)	20.18	19.86	18.13	18.76	14.76	13.27
6	California Bearing Ratio (CBR)							
	- CBR Umur Benda Uji 1 Hari	(%)	12.62	35.25	48.38	70	82.5	98.98
	CBR Umur Benda Uji 7 Hari	(%)	12.62	70.51	91.62	117.68	126.44	133.62
	- CBR Umur Benda Uji 14 Hari	(%)	12.62	93.16	106.46	133.92	146.19	165.5

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah Program Diploma Teknik Sipil UGM, 2010



Gambar 5. Grafik hubungan kenaikan nilai CBR dengan menggunakan Matos, berdasarkan variasi campuran semen dan masa perawatan benda uji dari sampel tanah daerah Godean (Laboratorium Mekanika Tanah Program Diploma Teknik Sipil UGM 2010)

1) Aplikasi dan Fungsi

a. Aplikasi

1) Untuk Meningkatkan Kualitas Lapisan Tanah

- Pembuatan jalan tanah, landasan pacu pesawat terbang dan lahan parkir.
- Pembentukan bantalan rel kereta.
- Pembuatan areal lahan yang luas di kawasan perumahan (tempat bermain dan taman).
- Pembuatan lantai gudang dan pabrik.
- Pembuatan paving untuk pejalan kaki/ trotoar dan kendaraan bermotor.

- Pembentukan tanah padat untuk areal fasilitas olah raga, seperti lapangan tenis, sepeda balap dan jalan setapak di lapangan.
- Konstruksi sub base jalan untuk lapisan dibawah aspal hotmix.
- Konstruksi sub base jalan pada areal jalan yang tergenang air atau di rawa.

2) Untuk Pekerjaan Pondasi Tanah

- Menstabilkan areal pondasi tanah yang labil.
- Untuk menstabilkan tanah dibawah lantai kerja pada pekerjaan struktur bangunan.
- Pondasi tanah untuk pekerjaan pembangunan tower, tiang listrik, tiang telepon, rambu jalan dan patok.
- Memperbaiki retakan tanah akibat gempa.

3) Untuk Pembuatan Lapisan Tanah Yang Tidak Kedap Air (Resapan)

- Perbaikan lapisan dasar sungai, danau dan rawa.
- Pemadatan jalan yang rusak akibat erosi oleh air dan banjir.
- Menstabilkan lereng sekaligus menyeimbangkan pertumbuhan tanaman merambat dan rumput diatasnya (cover crop).
- Perbaikan lapisan permukaan tanah yang berdebu.

4) Untuk Pembuatan Lapisan Tanah Yang Kedap Air

- Pembuatan bak penampung air/ reservoir.
- Pembentukan lapisan tanah kedap air pada tempat penampungan sampah.
- Pembuatan kolam ikan dan tambak udang.
- Pembuatan tempat penampungan limbah cair.

b. Fungsi

Fungsi utama dari *Matos* (*Soil Stabilizer*) sendiri ialah

1) Meningkatkan parameter daya dukung tanah
2) Memperkecil permeabilitas tanah
3) Menjaga kadar air tanah agar tetap stabil
4) Memaksimalkan fungsi bahan stabilitas tanah lain seperti semen dan kapur
5) Melarutkan humus pada permukaan partikel tanah yang menghalangi ikatan tanah semen sehingga ikatan lebih kuat
6) Mencegah keretakan akibat panas reaksi hidrasi semen

G. *California Bearing Ratio* (CBR *Method*)

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Rati*o). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama (Canonica, 1991).

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

CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan perbandingan antara beban yang dibutuhkan untuk penetrasi contoh tanah sebesar 0,1” atau 0,2”. Jadi harga CBR adalah nilai yang menyatakan kualitas tanah dasar dibandingkan dengan bahan standar berupa batu pecah yang mempunyai nilai CBR 100% dalam memikul beban lalu lintas (Sukirman, 1992).

Menurut AASHTO T-193-74 dan ASTM D-1883-73, *California Bearing Ratio* adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu beban terhadap beban standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Menurut Soedarmo dan Purnomo (1997), berdasarkan cara mendapatkan contoh tanah, CBR dapat dibagi atas :

1. CBR lapangan (CBR *inplace* atau *field* CBR).
2. CBR lapangan rendaman (*undisturbed soaked* CBR).
3. CBR rencana titik (*laboratory* CBR).

1. Jenis Jenis CBR

a) CBR Lapangan

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

1) Untuk mendapatkan nilai CBR asli di lapangan, sesuai dengan kondisi tanah dasar saat itu. CBR lapangan umumnya digunakan untuk perencanaan tebal lapisan perkerasan yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi. Pemeriksaan dilakukan dalam kondisi kadar air tanah tinggi (musim penghujan) atau dalam kondisi terburuk yang mungkin terjadi.
2) Untuk mengontrol apakah kepadatan yang diperoleh sudah sesuai dengan yang diinginkan. Pemeriksaan seperti ini umumnya tidak digunakan, dan lebih sering menggunakan pemeriksaan yang lain seperti *sand cone*, dan lain sebagainya.

   Pemeriksaan dilakukan dengan meletakkan piston pada kedalaman dimana nilai CBR hendak ditentukan, lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gandar truk.

b) CBR Lapangan Rendaman

CBR lapangan rendaman disebut juga *undisturbed soaked* CBR. Berfungsi untuk mendapatkan besarnya nilai CBR asli di lapangan pada keadaan jenuh air. Pemeriksaan dilaksanakan pada kondisi tanah dasar tidak dalam keadaan jenuh air. Metode ini biasanya digunakan untuk menentukan daya dukung tanah di daerah yang lapisan tanah dasarnya sudah tidak akan dipadatkan lagi, terletak di daerah yang badan jalannya sering terendam air pada musim hujan dan kering pada musim kemarau.

Pemeriksaan dilakukan dengan mengambil contoh tanah dalam *mold* yang ditekan masuk ke dalam tanah mencapai kedalaman yang diinginkan. *Mold* berisi contoh tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama beberapa hari baru dilaksanakan pemeriksaan besarnya CBR.

c) CBR Rencana Titik

CBR rencana titik biasanya disebut juga CBR laboratorium atau *design* CBR. Adapun tanah dasar (*subgrade*) yang diperiksa merupakan tanah dasar jalan raya baru yang berasal dari tanah asli, tanah timbunan, atau tanah galian yang sudah dipadatkan sampai mencapai kepadatan 95% (kepadatan maksimum). Dengan demikian daya dukung tanah dasar tersebut merupakan nilai kemampuan lapisan tanah memikul beban setelah tanah tersebut dipadatkan.

Berarti nilai CBR rencana titik adalah nilai CBR yang diperoleh dari contoh tanah yang dibuatkan mewakili keadaan tanah tersebut setelah dipadatkan. Karena pemeriksaan dilaksanakan di laboratorium, maka disebut juga CBR laboratorium.

Pemeriksaan CBR laboratorium dilaksanakan dengan dua macam metode yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked design* CBR) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked design* CBR) (Sukirman, 1992). Hal yang membedakan pada dua macam metode tersebut adalah contoh tanah atau benda uji sebelum dilakukan pemeriksaan CBR.

Uji CBR metode rendaman adalah untuk mengasumsikan keadaan hujan atau saat kondisi terjelek dilapangan yang akan memberikan pengaruh penambahan air pada tanah yang telah berkurang airnya, sehingga akan mengakibatkan terjadinya pengembangan (*swelling*) dan penurunan kuat dukung tanah (Wikoyah, 2006).

Untuk metode CBR rendaman, contoh tanah di dalam cetakan direndam dalam air sehingga air dapat meresap dari atas maupun dari bawah dengan permukaan air selama perendaman harus tetap kemudian benda uji yang direndam telah siap untuk diperiksa.

Sedangkan untuk metode CBR tanpa rendaman, contoh tanah dapat langsung diperiksa tanpa dilakukan perendaman(ASTM D-1883-87).

2. Pengujian Kekuatan dengan CBR

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

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,1”} = \frac{A}{3000} \times 100\%$$

$$\text{Nilai CBR pada penetrasi 0,2”} = \frac{B}{4500} \times 100\%$$

Dimana :

A = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,1”

B = pembacaan dial pada saat penetrasi 0,2”

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

3. Batas-Batas *Atterberg*

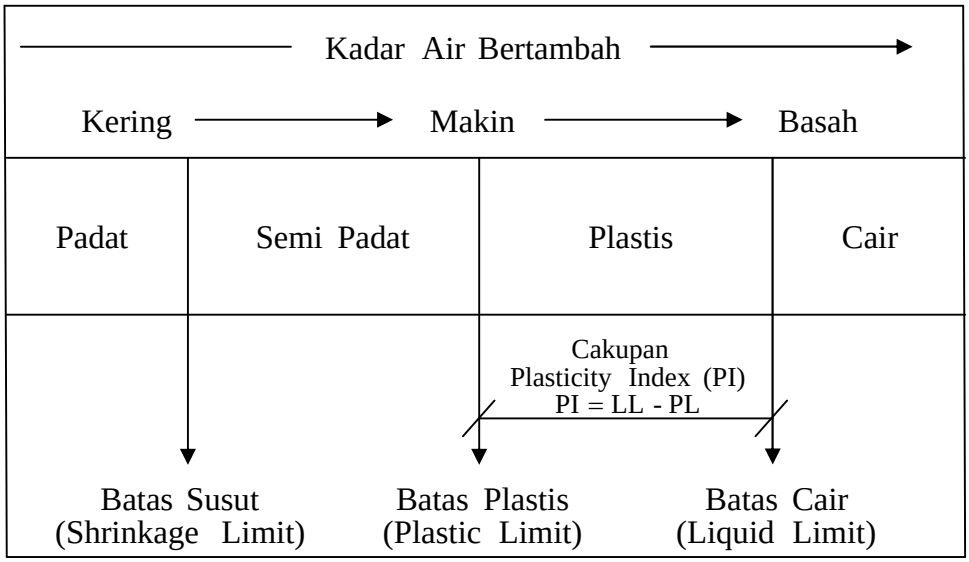
Batas kadar air yang mengakibatkan perubahan kondisi dan bentuk tanah dikenal pula sebagai batas-batas konsistensi atau batas-batas *Atterberg* (yang mana diambil dari nama peneliti pertamanya yaitu *Atterberg* pada tahun 1911).

Kadar air yang terkandung dalam tanah berbeda-beda pada setiap kondisi tersebut yang mana bergantung pada interaksi antara partikel mineral lempung. Bila kandungan air berkurang maka ketebalan lapisan kation akan berkurang pula yang mengakibatkan bertambahnya gaya-gaya tarik antara partikel-partikel. Sedangkan jika kadar airnya sangat tinggi, campuran tanah dan air akan menjadi sangat lembek seperti cairan.

Untuk suatu tanah yang berada dalam kondisi plastis, besarnya gaya-gaya antar partikel harus sedemikianrupa sehingga partikel-partikel tidak mengalami pergeseran satu dengan lainya yang tahan oleh kohesi dari masing-masing partikel. Perubahan kadar air disamping menyebabkan perubahan volume tanah juga mempengaruhi kekuatan tanah yang berbeda-beda pada setiap kondisi tanahnya.

Pada kondisi cair, tanah memiliki kekuatan yang sangat rendah dan terjadi deformasi yang sangat besar. Sebaliknya, kekuatan tanah menjadi besar dan mengalami deformasi yang sangatkecil dalam kondisi padat.

Oleh karena itu, atas dasar air yang dikandung tanah, tanah dapat dibedakan ke dalam empat (4) keadaan dasar, yaitu : padat (*solid*), semi padat (*semi solid*), plastis (*plastic*), dan cair (*liquid*), seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 5 berikut.



Gambar 6. Batas-batas *Atterberg*

Adapun yang termasuk ke dalam batas-batas *Atterberg* antara lain :

1) Batas Cair (*Liquid Limit*)

   Batas cair (LL) adalah kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis.

2) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

   Batas plastis (PL) adalah kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah yang di buat menyerupai

lidi-lidi sampai dengan diameter silinder 3 mm mulai retak-retak, putus atau terpisah ketika digulung.

3) Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut (SL) adalah kadar air yang didefinisikan pada derajat kejenuhan 100%, dimana untuk nilai-nilai dibawahnya tidak akan terdapat perubahan volume tanah apabila dikeringkan terus. Harus diketahui bahwa batas susut makin kecil maka tanah akan lebih mudah mengalami perubahan volume.

4) Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih antara batas cair dan batas plastis. Indeks plastisitas merupakan interval kadar air tanah yang masih bersifat plastis.

H. Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Usaha pemadatan tersebut akan menyebabkan volume tanah akan berkurang, volume pori berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini bisa dilakukan dengan cara menggilas atau menumbuk.

Manfaat dari pemadatan tanah adalah memperbaiki beberapa sifat teknik tanah, antara lain :

1. Memperbaiki kuat geser tanah yaitu menaikkan nilai θ dan C (memperkuat tanah),
2. Mengurangi kompresibilitas yaitu mengurangi penurunan oleh beban,
3. Mengurangi permeabilitas yaitu mengurangi nilai k,

4. Mengurangi sifat kembang susut tanah (lempung).

Adapun prosedur dinamik laboratorium yang standar digunakan untuk pemadatan tanah biasanya disebut uji "***Proctor***". Berdasarkan tenaga pemadatan yang diberikan, pengujian *proctor* dibedakan menjadi 2 macam :

1. Proctor Standar
2. Proctor Modifikasi

Rincian mengenai pengujian *proctor modified* diperlihatkan dalam Tabel 10 berikut ini:

Tabel 10. Elemen-elemen uji pemadatan *Proctor Modified* di laboratorium

	Proctor Modified (ASTM D-1577)
Berat palu	44,5 N (10 lb)
Tinggi jatuh palu	457 mm (18 in)
Jumlah lapisan	5
Jumlah tumbukan/lapisan	25
Volume cetakan	1/30 ft^3
Tanah	saringan (-) No. 4
Energi pemadatan	2698 kJ/m^3

Sumber : Bowles, 1991.

I. Tinjauan Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian laboratorium yang menjadi bahan pertimbangan dan acuan penelitian ini dikarenakan adanya kesamaan metode, sampel tanah, bahan aditif yang digunakan, akan tetapi ada pula penggunaan bahan aditif yang berbeda dan variasi campuran serta waktu pemeraman yang berbeda, antara lain :

1. **Stabilisasi tanah menggunakan *Matos* melalui uji UCS**

Penelitian yang dilakukan oleh Teguh Widodo (Dosen Jurusan Teknik

Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta) dan rahmat Imron Qosari (Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta) mengenai Efektifitas Penambahan *Matos* Pada StabilisasiSemen Tanah Berbutir Halus. Pada penelitian ini sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah yang diambil dari Dukuh Perengdawe, Desa Balecatur, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman. Dengan hasil yaitu peningkatan nilai UCS tanah-semen-*Matos* terhadap nilai UCS tanah-semen adalah 9,47% (penambahan semen 4%), 13,58 (penambahan semen 8%), dan 17,25 % (penambahan semen 12%).

2. **Studi daya dukung tanah menggunakan matos**

   Penelitian yang dilakukan oleh M. Aditya Revando (mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Univeritas Lampung) mengenai pengaruh nilai daya dukung tanah lempung lunak yang di stabilisasi dengan matos dan kapur. sampel tanah yang digunakan merupakan tanah dari desa Rawaseragi, Lampung Timur.

3. **Stabilisasi tanah lempung dengan abu sekam padi**

   Penelitian abu sekam padi sendiri sudah pernah dilakukan oleh Muntohar, A. S. dan B. Hantoro (2001). Penelitian ini mencoba untuk mengetahui pengaruh abu sekam padi terhadap proses stabilisasi tanah lempung dengan beberapa hasil sebagai berikut :

   a. Abu sekam dapat mengurangi kembang susut dari tanah lempung dengan melihat penurunan indeks plastisitas-nya dari 41,25 % menjadi 0,96% pada kadar abu sekam 12-12,5%.

b. Potensi kembang susutnya sendiri menurun dari 19,23 % menjadi 0,019 %.
c. Nilai CBR tanah meningkat dari 3,03 % menjadi 16,3 % pada kadar abu sekam 6-12,5%.
d. Friksi internalnya meningkat dari 5,36 menjadi 23,85.
e. Kohesi tanahnya meningkat dari 54,32 kN/m^2 menjadi 157,19 kN/m^2.
f. Peningkatan parameter geser akibat CBR menjadi 4,131 kN/m^2 dari yang sebelumnya 391,12 kN/m^2.
g. Pada kadar abu sekam 6-10%, penurunan konsolidasi mengecil, yaitu dari 0,03 menjadi 0,006.

III. METODE PENELITIAN

A. Pengambilan Sampel

Pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah pengambilan sampel tanah. Sampel tanah yang diambil yaitu tanah terganggu (*disturb soil*) dan tanah tidak terganggu (*undistrub soil*) di Desa Sidorejo Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung. Sampel tanah diambil di beberapa titik pada lokasi pengambilan sampel, hal ini dilakukan agar sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel.

Sampel tanah *undisturb* akan digunakan pada peercobaan kadar air, berat volume, hidrometer, analisis saringan, batas-batas *atterberg,* dan berat jenis. Sedangkan untuk *disturb soil sample* akan digunakan untuk pengujian pemadatan (*modified proctor*), dan uji CBR.

Pengambilan *disturb soil sample* dilakukan dengan langsung memasukan sampel tanah ke dalam wadah karung dan untuk pengambilan *undisturb soil sample* dilakukan dengan menggunakan 3 buah tabung sampel yang dijaga keasliannya dengan menutup tabung rapat-rapat.

B. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas *atterberg*, uji *proctor modified*, uji CBR dan peralatan lainnya yang ada di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung yang telah sesuai dengan standarisasi *American Society for Testing Material* (ASTM).

C. Benda Uji

1. Sampel tanah yang di uji pada penelitian ini yaitu tanah lunak dengan klasifikasi lempung lunak yang berasal dari daerah Desa Sidorejo Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung.
2. Air yang berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
3. *Stabilizing agent* yaitu *Matos*.
4. Abu sekam padi yang dapat diambil di tempat pembuatan batu bata dan lahan pertanian.

D. Data Penelitian

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data 1

   Data 1 merupakan data tanah asli yang digunakan pada penelitian ini berupa :

   a. Nilai Kadar Air

   b. Nilai Uji Analisa Saringan

   c. Nilai Berat Jenis

d. Nilai Batas *Atterberg*

e. Nilai Uji Pemadatan Tanah (*proctor modified*)

f. Nilai CBR Tanah Asli (tanpa tambahan zat *additive*)

g. Nilai variasi campuran dan CBR pemeraman.

2. Data 2

Data 2 merupakan data penelitian yang merupakan hasil pengujian campuran antara (tanah lempung) + (abu sekam padi + *Matos* dan air pada kadar air optimum rendaman). Data 2 yang akan didapat dari penelitian ini berupa :

a. Nilai CBR tanah campuran rendaman.

E. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan *Matos*

Metode pencampuran tanah asli dengan *Matos* adalah :

1. Abu sekam padi dicampur dengan sampel tanah yang telah ditumbuk (butir aslinya tidak pecah) dan lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan kadar abu sekam padi 5%, 8%, 10% dan 12% dari berat sampel.
2. *Matos* dilarutkan dengan air pada kadar air optimum lalu dicampur pada tanah + abu sekam padi dengan kadar campuran *Matos* 1 kg untuk 1m^3 tanah asli.
3. Tanah + abu sekam padi yang sudah tercampur *Matos* dipadatkan lalu diperam selama 1 hari lalu dilakukan pengujian CBR, dan seterusnya berturut turut untuk pemeraman sampai 7, 14, 21, dan 28 hari.
4. Sampel yang telah diperam hingga durasi waktu 28 hari tersebut, kemudian direndam dengan penambahan durasi perendaman 7, 14, 21, dan 28 hari.

F. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung. Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 bagian pengujian yaitu pengujian untuk data fisik tanah dan pengujian untuk data mekanik tanah (CBR).

1. Uji Kadar Air

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah yaitu perbandingan antara berat air dengan berat tanah kering. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-2216.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-2216, yaitu:

a. Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukkan benda uji kedalam cawan dan menimbangnya.

b. Memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.

c. Menimbang cawan berisi tanah yang sudah dioven dan menghitung presentase kadar air.

Perhitungan :

a) Berat air (Ww) = Wcs – Wds

b) Berat tanah kering (Ws) = Wds – Wc

c) Kadar air (ω) = $\frac{Ww}{Ws} x100\%$

Dimana:

Wc = Berat cawan yang akan digunakan

Wcs = Berat benda uji + cawan

Wds = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah di oven

2. Uji Analisis Saringan

Analisis saringan adalah mengayak atau menggetarkan contoh tanah melalui satu set ayakan di mana lubang-lubang ayakan tersebut makin kecil secara berurutan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui presentase ukuran butir sampel tanah yang dipakai. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-422, AASHTO T88 (Bowles, 1991).

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-422, yaitu:

a. Mengambil sampel tanah sebanyak 500 gram, memeriksa kadar airnya.
b. Meletakkan susunan saringan diatas mesin penggetar dan memasukkan sampel tanah pada susunan yang paling atas kemudian menutup rapat.
c. Mengencangkan penjepit mesin dan menghidupkan mesin penggetar selama kira-kira 15 menit.
d. Menimbang masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atasnya.

Perhitungan :

a) Berat masing-masing saringan (Wci)
b) Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan (Wbi)
c) Berat tanah yang tertahan (Wai) = Wbi – Wci
d) Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan (Σ Wai $\approx$ Wtot)

e) Persentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan (Pi)

$$Pi = \left(\frac{(Wbi - Wci)}{W_{total}} \right) x100\%$$

f) Presentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan (q) :

$$qi = 100\% - pi\%$$

$$q(1+1) = qi - p(i+1)$$

Dimana :

i = l (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan No. 200).

3. Uji Batas *Atterberg*

Pada Uji Batas Atterberg ini dilakukan dua pengujian, yaitu :

a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-4318.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-4318, antara lain :

1. Mengayak sampel tanah yang sudah dihancurkan dengan menggunakan saringan No. 40.
2. Mengatur tinggi jatuh mangkuk *Casagrande* setinggi 10 mm.
3. Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No. 40, kemudian diberi air sedikit demi sedikit dan aduk hingga merata, kemudian dimasukkan kedalam mangkuk casagrande dan meratakan permukaan adonan sehingga sejajar dengan alas.

4. Membuat alur tepat ditengah-tengah dengan membagi benda uji dalam mangkuk cassagrande tersebut dengan menggunakan *grooving tool.*
5. Memutar tuas pemutar sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 13 mm sambil menghitung jumlah ketukan dengan jumlah ketukan harus berada diantara 10 – 40 kali.
6. Mengambil sebagian benda uji di bagian tengah mangkuk untuk pemeriksaan kadar air dan melakukan langkah kerja yang sama untuk benda uji dengan keadaan adonan benda uji yang berbeda sehingga diperoleh 4 macam benda uji dengan jumlah ketukan yang berbeda yaitu 2 buah dibawah 25 ketukan dan 2 buah di atas 25 ketukan.

Perhitungan :

1. Menghitung kadar air masing-masing sampel tanah sesuai jumlah pukulan.
2. Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.
3. Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.
4. Menentukan nilai batas cair pada jumlah pukulan ke 25.

b. Batas Plastis (*Plastic limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Nilai batas

plastis adalah nilai dari kadar air rata-rata sampel. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-4318.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-4318 :

1. Mengayak sampel tanah yang telah dihancurkan dengan saringan No. 40.
2. Mengambil sampel tanah kira-kira sebesar ibu jari kemudian digulung-gulung di atas plat kaca hingga mencapai diameter 3 mm sampai retak-retak atau putus-putus.
3. Memasukkan benda uji ke dalam container kemudian ditimbang
4. Menentukan kadar air benda uji.

Perhitungan :

1. Nilai batas plastis (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji.
2. Indeks Plastisitas (PI) adalah harga rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji, dengan rumus:

$$PI = LL - PL$$

4. Uji Berat Jenis

Pengujian ini mencakup penentuan berat jenis (*specific gravity*) tanah dengan menggunakan botol piknometer. Tanah yang diuji harus lolos saringan No. 40. Bila nilai berat jenis dan uji ini hendak digunakan dalam perhitungan untuk uji *hydrometer*, maka tanah harus lolos saringan # 200 (diameter = 0.074 mm). Uji berat jenis ini menggunakan standar ASTM D-854.

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-854, antara lain :

a. Menyiapkan benda uji secukupnya dan mengoven pada suhu 60°C sampai dapat digemburkan atau dengan pengeringan matahari.

b. Mendinginkan tanah dengan desikator lalu menyaring dengan saringan No. 40 dan apabila tanah menggumpal ditumbuk lebih dahulu.

c. Mencuci labu ukur dengan air suling dan mengeringkannya.

d. Menimbang labu tersebut dalam keadaan kosong.

e. Mengambil sampel tanah.

f. Memasukkan sampel tanah kedalam labu ukur dan menambahkan air suling sampai menyentuh garis batas labu ukur.

g. Mengeluarkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap di dalam butiran tanah dengan menggunakan pompa vakum.

h. Mengeringkan bagian luar labu ukur, menimbang dan mencatat hasilnya dalam temperatur tertentu.

Perhitungan :

$$Gs = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

Dimana :

Gs = Berat jenis

W_1 = Berat *picnometer* (gram)

W_2 = Berat *picnometer* dan tanah kering (gram)

W_3 =Berat *picnometer*, tanah, dan air (gram)

W_4 = Berat *picnometer* dan air bersih (gram)

5. Uji Pemadatan Tanah (*Proctor Modified)*

Tujuannya adalah untuk menentukan kepadatan maksimum tanah dengan cara tumbukan yaitu dengan mengetahui hubungan antara kadar air dengan kepadatan tanah. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-1557.

Adapun langkah kerja pengujian pemadatan tanah, antara lain :

a. Penambahan air

1. Mengambil tanah sebanyak 15 kg dengan menggunakan karung goni lalu dijemur.
2. Setelah kering tanah yang masih menggumpal dihancurkan dengan tangan.
3. Butiran tanah yang telah terpisah diayak dengan saringan No. 4.
4. Butiran tanah yang lolos saringan No. 4 dipindahkan atas 6 bagian, masing-masing 2.5 kg, masukkan masing-masing bagian kedalam plastik dan ikat rapat-rapat.
5. Mengambil sebagian butiran tanah yang mewakili sampel tanah untuk menentukan kadar air awal.
6. Mengambil tanah seberat 2.5 kg, menambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan tanah sampai merata. Bila tanah yang diaduk telah merata, dikepalkan dengan tangan. Bila tangan dibuka, tanah tidak hancur dan tidak lengket ditangan. Setelah dapat campuran tanah, mencatat berapa cc air yang ditambahkan untuk setiap 2.5 kg tanah.

7. Penambahan air untuk setiap sampel tanah dalam plastik dapat dihitung dengan rumus :

$$Wwb = \frac{wb \cdot W}{1 + wb}$$

Dimana :

W = Berat tanah

Wb = Kadar air yang dibutuhkan

Penambahan air : Ww = Wwb – Wwa

8. Sesuai perhitungan, lalu melakukan penambahan air setiap 2.5 kg sampel diatas pan dan mengaduknya sampai rata dengan tembok pengaduk.

b. Pemadatan tanah

1. Menimbang *mold* standar beserta alas.
2. Memasang *collar* pada *mold*, lalu meletakkannya di atas papan.
3. Mengambil salah satu sampel yang telah ditambahkan air sesuai dengan penambahannya.
4. Dengan *proctor modified*, tanah dibagi kedalam 5 bagian. Bagian pertama dimasukkan kedalam *mold*, ditumbuk 25 kali sampai merata. Lakukan untuk bagian kedua, ktiga, keempat, dan kelima, sehingga bagian kelima mengisi sebagian collar(berada sedikit diatas tinggi Mold).
5. Melepaskan *collar* dan meratakan permukaan tanah pada *mold* dengan menggunakan pisau pemotong.
6. Menimbang *mold* berikut alas dan tanah didalamnya.

7. Mengeluarkan tanah dari *mold* dengan extruder, ambil bagian tanah (alas dan bawah) dengan menggunakan 2 container untuk pemeriksaan kadar air (ω).
8. Mengulangi langkah kerja b.2 sampai b.7 untuk sampel tanah lainnya, maka akan didapatkan 6 data pemadatan tanah.

Perhitungan :

- Kadar air :

  a) Berat cawan + berat tanah basah = W1 (gr)

  b) Berat cawan + berat tanah kering = W2 (gr)

  c) Berat air = W1 – W2 (gr)

  d) Berat cawan = Wc (gr)

  e) Berat tanah kering = W2 – Wc (gr)

  f) Kadar air (ω) = $\frac{W1 - W2}{W2 - Wc}$ (%)

- Berat isi :

  1. Berat *mold* = Wm (gr)
  2. Berat *mold* + sampel = Wms (gr)
  3. Berat tanah (W) = Wms – Wm (gr)
  4. Volume *mold* = V (cm^3)
  5. Berat volume = W/V (gr/cm^3)
  6. Kadar air (w)
  7. Berat volume kering (γd)

     $\gamma d = \frac{\gamma}{1+w} \times 100$ (gr/cm^3)

  8. Berat volume *zero air void* (γz)

     $\gamma z = \frac{Gs \times \gamma w}{1 + Gs.w}$ (gr/cm^3)

6. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

Tujuannya adalah untuk menentukan nilai CBR dengan mengetahui kuat hambatan campuran tanah dengan *Matos* terhadap penetrasi kadar air optimum.

Adapun langkah kerja pengujian CBR ini, antara lain :

a. Menyiapkan 3 sampel tanah yang lolos saringan No. 4 masing-masing sebanyak 5 kg ditambah sedikit untuk mengetahui kadar airnya.

b. Menentukan penambahan air dengan rumus :

$$\text{Penambahan Air} : \frac{\text{Berat sampel x (OMC X MC)}}{100 + \text{MC}}$$

Dimana :

OMC : Kadar air optimum dari hasil uji pemadatan

MC : Kadar air sekarang

c. Menambahkan air yang didapat dari perhitungan di atas dengan sampel tanah lalu diaduk hingga merata. Setelah itu melakukan pemeraman selama 24 jam.

d. Menambahkan abu sekam padi dengan tanah yang telah diperam selama 24 jam.

e. Mencampur serbuk *Matos* yang telah dilarutkan oleh air pada kadar air optimum dengan tanah yang telah ditambahkan abu sekam padi.

f. Memasukkan sampel ke dalam *mold* lalu menumbuk secara merata. Melakukan penumbukan sampel dalam *mold* dengan 5 lapisan dan banyaknya tumbukan pada masing-masing sampel adalah :

Sampel 1 : Setiap lapisan ditumbuk 10 kali

Sampel 2 : Setiap lapisan ditumbuk 25 kali

Sampel 3 : Setiap lapisan ditumbuk 55 kali

g. Melepaskan *collar* dan meratakan sampel dengan *mold* lalu menimbang *mold* berikut sampel tersebut.

h. Mengambil sebagian sampel yang tidak terpakai untuk memeriksa kadar air.

i. Setelah itu proses pemeraman dilakukan pengujian CBR.

Perhitungan :

1. Berat *mold* = Wm (gram)
2. Berat *mold* + sampel = Wms (gram)
3. Berat sampel (Ws) = Wms – Wm (gram)
4. Volume *mold* = V
5. Berat Volume = Ws / V (gr/cm^3)
6. Kadar air = ω
7. Berat volume kering (γd)

   $$(\gamma d) = \frac{\gamma}{1+\omega} \times 100\,\% \qquad (gr/cm^3)$$

8. Harga CBR :

   a. Untuk 0,1 ″ : $\frac{\text{Penetrasi}}{3x1000} \times 100\,\%$

   b. Untuk 0,2 ″ : $\frac{\text{Penetrasi}}{3x1500} \times 100\,\%$

9. Dari ketiga sampel didapat nilai CBR yaitu untuk penumbukan 10 kali, 25 kali dan 55 kali.

G. Urutan Prosedur Penelitian

Adapun urutan prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Dari hasil pengujian percobaan analisis saringan dan batas *atterberg* untuk tanah asli digunakan untuk mengklasifikasikan tanah berdasarkan klasifikasi tanah AASHTO.
2. Dari data hasil pengujian pemadatan tanah untuk sampel tanah asli grafik hubungan berat volume kering dan kadar air untuk mendapatkan nilai kadar air kondisi optimum yang akan digunakan untuk membuat sampel pada uji CBR.
3. Melakukan penentuan jumlah kadar efektif *Matos* yang diperlukan untuk stabilisasi pada sampel tanah, adapun langkah-langkahnya yaitu :
   a. Menentukan kepadatan kering maksimum tanah yang belum mengalami perlakuan.
   b. Tentukan tingkat aplikasi *Matos* yang dibutuhkan berdasarkan komposisi PT. Watukali Capita Ciptama Yogyakarta yaitu 1kg/m^3.
   c. Tentukan berat dari sampel laboratorium yang akan digunakan untuk penentuan CBR.
   d. Perhitungan penentuan kadar *matos* / sampel tanah :

      MDD = 1475 kg/m^3 ;

      Matos = 1 kg/m^3 ;

      Sampel Laboratorium = (5 kg x1 kg/m3) : 1475kg/m3

      = 0,003389 kg= 3.389 gr

4. Menyiapkan sampel tanah yang akan distabilisasi dan sampel tanah yang digunakan merupakan sampel yang lolos saringan No. 4. Untuk masing-masing campuran disiapkan sebanyak tiga sampel.
5. Bawa sampel yang akan distabilisasi untuk OMC menggunakan air bersih dan tercampur menyeluruh, lalu tempatkan material dalam kantong plastik dan tutup selama 12-24 jam.
6. Melakukan pembuatan bendauji untuk pengujian CBR dengan mencampur tanah yang telah lolos saringan no. 4 dengan plastik.
7. Variasi kadar abu sekam padi yang ditentukan yaitu 5%, 8 %, 10%, dan 12%. Untuk masing-masing campuran disiapkan sebanyak 3 sampel untuk pemadatan dengan *modified proctor*.
8. Tempatkan tanah yang dicampur dengan kapur dan matos dalam kantong plastik, serta dalam kondisi lepas dan peram selama 24 jam.
9. Setelah didiamkan selama 24 jam, material yang telah dicampur dengan abu sekam padi dipadatkan dengan 5 lapisan untuk pengujian CBR dengan memakai kadar air optimum tanah campuran dari *modified proctor*.
10. Memberi kode nama pada *mold* untuk masing-masing sampel yang telah dipadatkan. Kode pada mold untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada table 11 di bawah ini :

Tabel 11. Kode pada mold untuk kadar abu sekam padi dan *matos* pada variasi jumlah tumbukan

Kadar abu sekam padi	**Kadar *Matos***	**Jumlah Sampel**	**Jumlah Tumbukan**		
			10x	**25x**	**55x**
			Kode Mold	**Kode Mold**	**Kode Mold**
5 %	3,389 gr	3	1A	1B	1C
8 %	3,389 gr	3	2 A	2 B	2 C
10 %	3,389 gr	3	3 A	3 B	3 C
12 %	3,389 gr	3	4 A	4 B	4 C

Sumber: Hasil penelitian

11. Padatkan sampel tanah yang telah mengalami perlakuan dalam cetakan CBR dalam 5 lapisan pemadatan.
12. Lakukan uji CBR pada pemeraman selama 7,14, 21, dan 28 hari guna membandingkan pengaruh waktu pemeraman.
13. Setelah didapat variasi dan pemeraman optimum kemudian dilakukan uji CBR perendaman selama 7,14, 21, dan 28 hari.

H. Analisis Hasil Penelitian

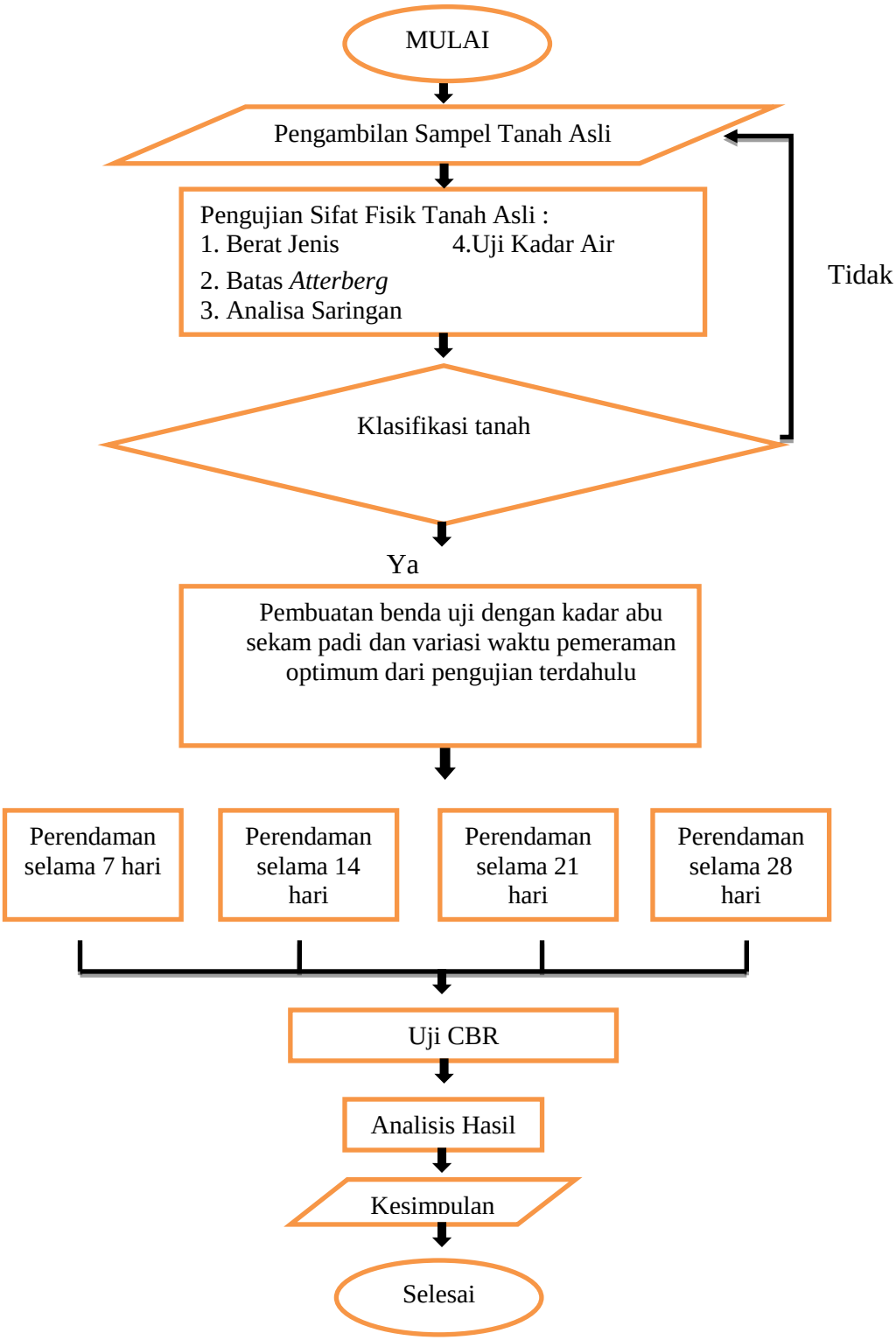
Semua hasil yang didapat dari pelaksanaan penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik serta penjelasan-penjelasan yang didapat dari :

1. Hasil dari pengujian sampel tanah asli yang didapat, ditampilkan dalam bentuk tabel dan digolongkan berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO. Dari hasil pengujian sampel tanah asli, didapatkan data pengujian uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas *atterberg*, uji

pemadatan tanah, uji CBR serta kadar air optimum untuk selanjutnya dilakukan pencampuran.

2. Dari hasil pengujian CBR terhadap campuran kadar *matos* 3,389 gr pada penambahan abu sekam padi setelah waktu pemeraman selama 7, 14, 21, dan 28 hari ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.
3. Hasil pengujian parameter CBR, nilai kekuatan daya dukung campuran akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara nilai peningkatan/penurunan nilai CBR dalam kondisi pemeraman selama 7, 14, 21 dan 28 hari. Dari tabel dan grafik nilai CBR tersebut maka akan didapatkan penjelasan mengenai perbandingan kualitas daya dukung tanah yang terjadi pada masing-masing penetrasi kemudian dibandingkan dengan nilai CBR perendaman dengan durasi waktu yang sama
4. Dari hasil pengujian laboratorium untuk parameter batas-batas konsistensi yang terdiri dari 3 parameter yaitu batas plastis (PL), batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI), yang kemudian dipaparkan hasilnya bentuk tabel dan grafik. Dari tabel dan grafik nilai batas cair dan batas plastis tersebut maka akan didapatkan penjelasan perbandingan antara tanah asli dan tanah yang telah dicampur oleh abu sekam padi dan distabilisasi dengan *matos* dengan nilai batas cair dan batas plastisnya (batas *atterberg*).
5. Dari seluruh analisis hasil penelitian tersebut, maka akan dapat ditarik kesimpulan berdasarkan tabel dan grafik yang telah ada terhadap hasil penelitian yang didapat.

I. Diagram Alir Penelitian



Gambar 7. Diagram Alir Penelitian

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari pengujian fisik dan mekanik tanah campuran matos + abu sekam padi. Berdasarkan hasil pengujian sampel tanah lempung yang distabilisasi menggunakan *Matos* dan zat *adittive* abu sekam padi yang kemudian direndam dengan penambahan waktu rendaman diperoleh beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut:

1. Sampel tanah yang diambil dari Desa Sidorejo, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan Provinsi Lampung merupakan jenis tanah lempung berbutir halus yang memiliki kadar air 50,16 %, berat jenis sebesar 2,43, indeks plastisitas 38,67 %, dan persentase lolos saringan No. 200 sebesar 82,79 %.
2. Pencampuran abu sekam padi dan *Matos* terhadap tanah asli mengakibatkan sampel tanah memiliki nilai CBR yang semakin meningkat seiring dengan durasi pemeraman dan penambahan kadar abu sekam padi.
3. Pengaruh penambahan variasi kadar campuran abu sekam padi pada sampel tanah mengakibatkan sampel memiliki nilai CBR yang semakin meningkat dan memiliki kadar ideal pencampuran abu sekam padi pada kadar pencampuran yang paling besar.

4. Pengaruh penambahan durasi perendaman yang dilakukan pada sampel tanah mengakibatkan sampel tanah memiliki berat isi kering pada tiap variasi pukulan semakin mengecil, kadar air pada sampel tanah semakin meningkat seiring dengan penambahan durasi perendaman pada sampel tanah campuran, dan Nilai CBR pada sampel tanah semakin menurun seiring dengan penambahan durasi perendaman dikarenakan nilai berat isi kering yang mengecil dan menambahnya nilai kadar air.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya mengenai stabilisasi tanah dengan menggunakan *Matos* dan abu sekam padi dengan mencari nilai CBR rendamannya, disarankan beberapa hal dibawah ini untuk dipertimbangkan :

1. Mengganti sampel tanah dengan jenis tanah lain untuk melihat pengaruh matos dan abu sekam padi terhadap jenis tanah lainnya.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sifat campuran *Matos* dengan perilaku dan perlakuan yang berbeda dengan mengganti abu sekam padi dengan bahan *additive* lainnya.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui nilai CBR optimum yang didapat pada jenis tanah dan daerah yang sama dengan penambahan durasi waktu perendaman.
4. Penelitian yang lebih khusus untuk mengetahui reaksi kimia yang terjadi ketika penambahan matos dan abu sekam padi pada uji CBR rendaman yang berlangsung.

5. Perlu dilakukan penelitian mengenai komposisi zat yang terkandung dalam Matos, karena kandungan zat ini sangat dirahasiakan oleh produsen. Guna mengetahui kandungan yang bekerja pada proses stabilisasi tanah dengan penambahan abu sekam padi.

DAFTAR PUSTAKA

Craig, B.M. 1991. *Mekanika Tanah*. Erlangga. Jakarta.

Coduto, Donald P. 1994. *Foundation Design: Principles And Practices*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Das, Braja.M. 1985. *Mekanika Tanah I*. Erlangga. Jakarta.

Bowles, Joseph E. 1991. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah* (*Mekanika tanah*), Erlangga, Jakarta.

Hendarsin, Shirley L. 2000. *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bandung, Bandung.

Hardiyatmo, Hary Christady. 1992. *Mekanika Tanah 1*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Grim, E. Ralph. 1953. *Clays and Clay Minerals*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Dunn, I.S, Anderson, L.R, Kiefer, F.W. 1980. *Dasar-dasar Analisis Geoteknik*. IKIP Semarang Press. Semarang.

Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekaysa*. Erlangga. Jakarta.

Pedoman Kimpraswil No : Pt T-8-2002-B, 2002, *Panduan Geoteknik 1 Proses Pembentukkan dan sifat-sifat Dasar Tanah Lunak*, Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah.

Usman, Taufik. 2008. Pengaruh Stabilisasi Tanah Berbutir Halus Yang Distabilisasi Menggunakan Abu Merapi Pada Batas Konsistensi Dan CBR Rendaman. Skripsi Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta. Hal 29.

Toha. 1989. *Tabel Sifat-sifat umum lempung lunak*. Universitas Sumatra Utara

Lambe, T. C., and Whitman, *Soil Mechanics*, 1969, New York.

Laboratorium Mekanika Tanah 2010. Program Diploma Teknik Sipil UGM.

Canonica, Lucio. 1991. *Memahami Mekanika Tanah*. Angkasa. Bandung.

Sukirman, S., (1992), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.

Susanto, R.H. dan R.H. Purnomo. 1997. *Pengantar Fisika Tanah*. Mitra Gama Widya. Yogyakarta.

Wiqoyah. 2006. *Pengaruh Kadar Kapur, Waktu Perawatan Dan Perendaman Terhadap Kuat Dukung Tanah Lempung*. Jurnal Dinamika Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Widodo, Teguh, Imron Qosari, Rahmat. 2011.*Efektifitas Penambahan Matos Pada Stabilisasi Semen Tanah Berbutir Halus*. Universitas Janabadra Yogyakarta. Yogyakarta.

Revando, M.Aditya. 2013. *Study Daya Dukung Tanah Lempung Lunak Menggunakan Matos*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Saputra, F.A.A.2017. *Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Kapur Pada Kondisi Rendaman (soaked CBR).* Skripsi Universitas Lampung. Lampung.

Muntohar, A. S. dan B. Hantoro. (2001). *Penggunaan abu sekam sebagai campuran kapur untuk stabilisai tanah*. Tesis Magister. Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Universitas Lampung. 2012. *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. UPT Percetakan Universitas Lampung. Bandar Lampung.

PT. Watukali Capita Ciptama. *Matos Book.* PT. Watukali Capita Ciptama. Yogyakarta.

PT. Watukali Capita Ciptama. http://matos.co.id/IN/