

**STABILISASI TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR ZAT ADDITIVE  
KAPUR DAN MATOS DITINJAU DARI WAKTU PERENDAMAN**

**( Skripsi )**

**Oleh**

**I KOMANG TRI HERDIANA**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

## **ABSTRAK**

### **STABILISASI TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR ZAT *ADDITIVE* KAPUR DAN *MATOS* DITINJAU DARI WAKTU PERENDAMAN**

**Oleh**

**I Komang Tri Herdiana**

Untuk mendapat suatu lapisan pondasi yang baik, kuat, dan kokoh diperlukan daya dukung tanah yang baik. Disamping itu, tanah berfungsi juga untuk mendukung suatu konstruksi sipil seperti pondasi bangunan gedung dan perkerasan jalan. Maka dari itu diperlukan adanya perbaikan tanah untuk jenis-jenis tanah yang memiliki daya dukung rendah.

Dalam tugas akhir ini dilakukan penelitian terhadap tanah lempung berplastisitas tinggi yang diambil dari daerah Sidorejo, Kecamatan Sidomulyo, Lampung Selatan untuk mencari nilai CBR dengan variasi lama perendaman. Dari penelitian ini, dapat dilihat perubahan nilai CBR dengan variasi perendaman yang telah dilakukan selama 4, 5, 14, dan 28 hari.

Dari penelitian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Lampung diketahui bahwa tanah yang berasal dari daerah Sidorejo, Kecamatan Sidomulyo Lampung Selatan diklasifikasikan ke dalam A-7-5 yaitu tanah lempung yang memiliki nilai daya dukung tanah sebesar 7%. Setelah dilakukan perbaikan tanah dengan zat additive kapur dengan kadar optimum yaitu 12% dan stabilizer matos sebanyak 3,472 gr yang kemudian dilakukan uji cbr rendaman dengan durasi rendaman 4, 5, 14 dan 28 hari diperoleh nilai cbr sebesar 24% pada 4 hari, 22% pada 5 hari, 15,6% pada 14 hari dan 9% pada 28 hari. Nilai cbr yang didapat cenderung menurun seiring ditambahkan durasi perendaman, sehingga dapat disimpulkan durasi perendaman sangat mempengaruhi besar kecilnya nilai daya dukung tanah.

Kata Kunci : Kapur , *Matos*, Stabilisasi, Tanah Lempung , CBR Rendaman.

## **ABSTRACT**

### **CLAY SOIL STABILIZATION MIXED WITH ADDITIVE SUBSTANCE LIME AND MATOS VIEWED FROM IMMERSION TIME**

**By**

**I Komang Tri Herdiana**

In order to obtain a good, strong and sturdy foundation layer, good soil carrying capacity is required. In addition, the soil also serves to support the foundation of a civil construction such as buildings and pavement. Therefore it is necessary to do soil improvement for soil types that have low carrying capacity.

In this final project, a research on high plasticity clay soil is taken from Sidorejo area, Sidomulyo district, South Lampung to find CBR value with variation of immersion time. From this research, we can see the change of CBR value with immersion variations that have been done for 4, 5, 14, and 28 days.

From the research conducted in the Laboratory of Soil Mechanics of Lampung University, it is known that the soil originating from Sidorejo area, Sidomulyo District Southern Lampung is classified into A-7-5 clay soil which has a soil bearing capacity value of 7%. After the improvement of soil with lime additive substances with optimum content of 12% and 3,472 gr of matos stabilizer which is then done with immersion test with a duration of 4, 5, 14 and 28 days, the value of CBR is 24% at 4 days, 22% at 5 days, 15.6% at 14 days and 9% at 28 days. The value of CBR obtained tends to decrease as the duration of immersion is increased, so it can be concluded the duration of immersion greatly affects the size of soil bearing capacity.

**Keywords : Lime, Matos, Stabilization, Clay Soil, immersion CBR**

**STABILISASI TANAH LEMPUNG YANG DICAMPUR ZAT ADDITIVE  
KAPUR DAN ATOS DITINJAU DARI WAKTU PERENDAMAN**

**( Skripsi )**

**Oleh  
I KOMANG TRI HERDIANA**

**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

**: STABILISASI TANAH LEMPUNG YANG  
DICAMPUR DENGAN ZAT *ADDITIVE*  
KAPUR DAN MATOS DITINJAU DARI  
WAKTU PERENDAMAN**

Nama Mahasiswa

**: I Komang Tri Herdiana**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1115011036

Jurusan

**: S1 Teknik Sipil**

Fakultas

**: Teknik**



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

**Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D.**  
NIP 19670514 199303 1 002

**2. Ketua Jurusan**

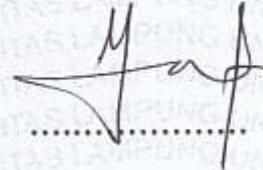
**Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.**  
NIP 19700915 199503 1 006

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

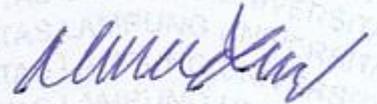
**Ketua**

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



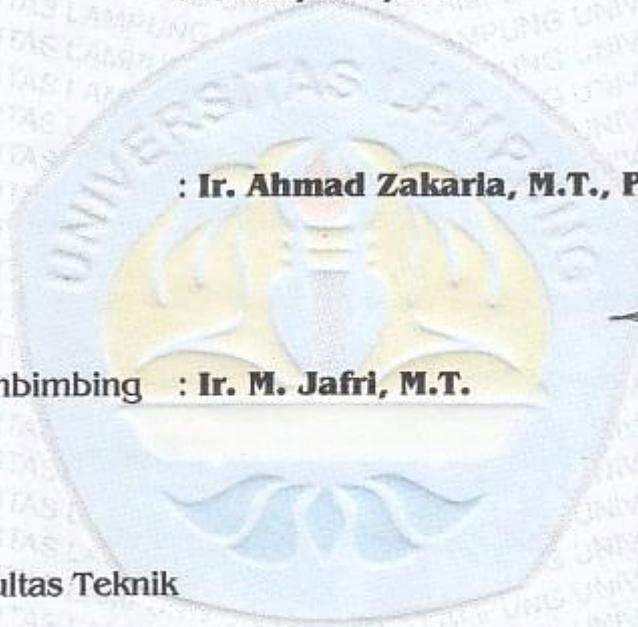
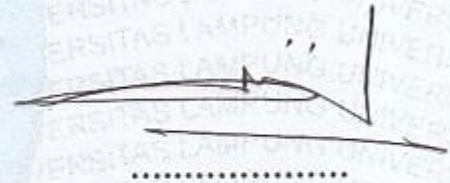
**Sekretaris**

**: Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. ....**



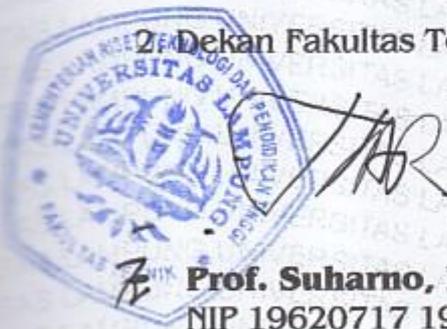
**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Ir. M. Jafri, M.T.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**

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



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 9 Februari 2018**

## SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : I Komang Tri Herdiana

NPM : 1115011036

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini yang berjudul (Stabilisasi Tanah Lempung Yang Dicampur Zat Additive Kapur Dan Matos Ditinjau Dari Waktu Perendaman) tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 2 Februari 2018

Yang membuat pernyataan,



I Komang Tri Herdiana  
NPM. 1115011036

## **Riwayat Hidup**



Dengan Restu Tuhan Yang Maha Esa, penulis dilahirkan di Rama Dewa, Seputih Raman, Lampung Tengah pada tanggal 28 desember 1992. Penulis sendiri merupakan putra ketiga dari Bapak I Made Wirat Jaya dan Ibu Ni Ketut Darmiati.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri di Rama Dewa pada tahun 2005, Sekolah Menengah Pertama PGRI Seputih Raman pada tahun 2008, Sekolah Menengah Kejuruan Negeri 2 Bandar Lampung Pada tahun 2011 dan terakhir tercatat sebagai mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung.

Selama penulis menjadi mahasiswa teknik sipil Universitas Lampung, Penulis melakukan kerja praktek pada tahun 2014 di Hotel Batiqa Bandar Lampung dan melakukan Kuliah Kerja Nyata pada tahun 2016. Penulis juga terdaftar sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Hindu Universitas Lampung selama penulis menjadi Mahasiswa.

**MOTTO**

**BERHENTILAH  
BERHENTI!!!**

**( I KOMANG TRI HERDIANA )**

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat **TUHAN YANG MAHA ESA** yang telah memberikan berkat dan anugrahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Program Studi S1 di Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Judul skripsi yang penulis buat adalah "*Stabilisasi Tanah Lempung Yang Dicampur Zat Additive Kapur Dan Matos Ditinjau Dari Waktu Perendaman*".

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis menyadari memiliki banyak keterbatasan, sehingga skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu keritik dan saran diharapkan guna membangun semangat penulis berikutnya. Terlepas dari keterbatasan tersebut diharapkan skripsi ini bermanfaat bagi pembaca.

Terwujudnya skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan saran dari berbagai pihak.

Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Iswan, S.T., M.T. Selaku pembimbing satu yang telah membimbing, memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
2. Alm. Bapak Ir Hadi Ali, S.T., M.T. Selaku pembimbing pembantu yang telah membimbing, memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi

ini. Walaupun Bapak hanya membimbing penulis sampai dengan seminar usul, tetapi penulis ucapkan terimakasih atas ilmu yang telah bapak berikan kepada penulis.

3. Bapak Ir. Ahmad Zakaria, M.T., Ph.D. Selaku pembimbing pembantu yang telah bersedia menggantikan Almarhum untuk membimbing, memberikan saran dan masukan dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir. M. Jafri, M.T., yang telah memberikan koreksi dan saran Untuk kesempurnaan penulisan skripsi ini.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.
6. Seluruh staf dan karyawan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung, Mas Pardin, Mas Mis, Mas Yadi, Mas Bambang, Mas andi dan Mas Budi serta staf lainnya Terimakasih Atas Bantuan ilmu dan bimbingannya Selama ini.
7. Untuk Ayahanda tercinta Imade Wirat Jaya dan Ibunda tercinta Ni Ketut Darmiati, terimakasih karena selama ini tidak lelah untuk mendoakan dan mendukung penulis untuk menyelesaikan studi ini.
8. Ayahanda Putu Agus Adil dan Ibunda Yuniati, terimakasih telah memfasilitasi penulis selama ini dan terimakasih atas kasih sayang yang diberikan selama ini.
9. Keluarga besar GRIYO SUCI terimakasih telah mendukung penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini, terkhusus untuk Ni Putu Sariati yang tiada hentinya memberikan masukan dan dukungan kepada penulis.

10. Untuk Ni Komang Ratna Dewi terimakasih untuk doa dan dukungannya selama ini.
11. Untuk teman seperjuangan skripsi Rizki, Sindu, Asep, Jundi dan Nata terimakasih atas bantuannya sampai dapat di selesaikannya skripsi ini.
12. Untuk tim PINGGIRAN 2011, Bandot, Ubuy, Mepra, Ribib, Asep, Sundi, Ajun, Fero, Embek, Engkoh, Kumul, Muber, Rete, Ekanto, Krisna, King Salman, Edo, Tengsek, Fajar dan angkatan 2011 lainnya yang telah berjuang bersama dalam suka dan duka.
13. Keluarga, adik-adik, sekaligus teman yang saya banggakan angkatan 2012, 2013 yang memberikan dukungan teknis dan moril selama penulis berada di almamater tercinta.
14. Untuk Yu Ani, Macan dan Tete terimakasih masih mengizinkan penulis makan pada saat penulis tidak memiliki uang.

Bandar Lampung, 2018  
Penulis

*Ni Komang Tri H.*

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	5
E. Manfaat Penelitian .....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	7
A. Lapis Perkerasan Jalan.....	7
1. Lapis Permukaan .....	7
2. Lapis Pondasi Atas .....	8
3. Lapis Pondasi Bawah .....	8
4. Tanah Dasar ( <i>subgrade</i> ) .....	8
B. Tanah .....	11
1. Klasifikasi Tanah.....	13
a. Sistem Klasifikasi AASTHO .....	13
b. Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> (USCS) .....	17
C. Tanah Lempung .....	20
1. Hidrasi.....	20
2. Aktivitas.....	21
3. Flokulasi dan Dispersi .....	21

4. Pengaruh Air .....	22
5. Sifat Kembang Susut .....	23
D. Stabilisasi Tanah.....	23
E. Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur .....	25
F. Stabilisasi Tanah Menggunakan Matos .....	26
1. Aplikasi, Fungsi dan Keunggulan .....	30
G. <i>California Bearing Ratio (CBR Method)</i> .....	34
1. Jenis-jenis Pengujian CBR .....	35
2. Pengujian Kekuatan Dengan CBR .....	37
H. Batas – Batas <i>Atterberg</i> .....	38
I. Pemadatan Tanah.....	40
J. Tinjauan Penelitian Terdahulu.....	43
III. METODOLOGI PENELITIAN .....	44
A. Sampel Tanah .....	44
B. Peralatan .....	45
C. Benda Uji.....	45
D. Data Penelitian.....	45
E. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan <i>Matos</i> .....	46
F. Pelaksanaan Pengujian .....	47
1) Uji Kadar Air .....	47
2) Uji Analisa Saringan .....	48
3) Uji Batas <i>Atterberg</i> .....	50
4) Uji Berat Jenis .....	52
5) Uji Hidrometer .....	53
6) Uji Pemadatan Tanah <i>Proctor Modified</i> .....	55
7) Uji CBR.....	59
G. Urutan Prosedur Penelitian .....	61
H. Analisa Hasil Penelitian .....	63
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	66
A. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli(Data Sekunder) .....	66

1) Uji Kadar Air ( ) .....	66
2) Uji Berat Jenis (Gs) .....	67
3) Uji Batas <i>Atterberg</i> .....	67
4) Uji Analisa Saringan .....	68
5) Uji Hidrometer .....	69
6) Uji Pemadatan Tanah .....	70
7) Uji CBR Tanah.....	71
B. Pembahasan Sistem Klasifikasi Tanah AASTHO.....	72
C. Hasil Pengujian Sampel Tanah dengan Kapur dan <i>Matos</i> .....	73
1. Pengujian Pemadatan Tanah Campuran Kapur dan Matos Berdasarkan Kadar Campuran dan Pemeraman Optimum Yang Telah Dilakukan Pada Penelitian Sebelumnya.....	73
2. Pengujian CBR Rendaman Tanah Campuran Kapur dan Matos...	75
3. Hubungan Nilai CBR Perpukulan Dengan Durasi Rendaman .....	77
4. Kadar Air CBR Perpukulan Dengan Durasi Rendaman.....	79
5. Hubungan Nilai CBR Dengan Berat Isi Kering .....	82
6. Hubungan Berat Isi Kering Dengan Durasi Rendaman.....	85
D. Perbandingan Dari Penelitian Sebelumnya .....	87
V. PENUTUP.....	90
A. Kesimpulan .....	90
B. Saran .....	91

## DAFTAR PUSTAKA

## LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Tanah AASHTO .....	16
Tabel 2. Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i> ( Bowles ).....	18
Tabel 3. Sistem Klasifikasi <i>Unified</i> .....	19
Tabel 4. Hasil Pengujian Tanah Dengan Menggunakan <i>Matos</i> Sampel Tanah Daerah Godean.....	30
Tabel 5. Beban Penetrasi Bahan Standar .....	38
Tabel 6. Elemen-elemen Uji Pematatan di Laboratorium.....	42
Tabel 7. Kode Pada Mold Untuk Kadar Kapur dan <i>Matos</i> pada Variasi Jumlah Tumbukan.....	63
Tabel 8. Hasil Pengujian Analisa Saringan.....	68
Tabel 9. Hasil Pengujian Hidrometer.....	70
Tabel 10. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli .....	71
Tabel 11. Hasil Pengujian CBR Tanah Stabilisasi Kapur dan <i>Matos</i> .....	76
Tabel 12. Hasil Pengujian CBR Tanah Rendaman 0 dan 4 hari yang distabilisasi dengan Kapur dari daerah Sidodadi Asri.....	88

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Nilai-nilai batas <i>atterberg</i> untuk subkelompok tanah .....	15
Gambar 2. Proses Pengikatan Matos.....	29
Gambar 3. Perbandingan lapis perkerasan jalan konvensional dan jalan dengan konstruksi <i>Matos (Soil Stabilizer)</i> .....	33
Gambar 4. Pengujian CBR laboratorium .....	37
Gambar 5. Batas-batas <i>atterberg</i> .....	39
Gambar 6. Diagram alirpenelitian.....	65
Gambar 7. Rentang ( <i>Range</i> ) dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) Berdasarkan Sistem AASHTO.....	67
Gambar 8. Grafik Uji Analisa Saringan.....	69
Gambar 9. Grafik <i>Standart Proctor</i> Tanah Asli.....	71
Gambar 10. Grafik kadar air optimum dari masing-masing variasi Pencampuran .....	73
Gambar 11. Grafik berat volume kering dari masing-masing variasi Pencampuran .....	73
Gambar 12. Grafik <i>modified proctor</i> campuran paling optimum yaitu campuran 12 % .....	74
Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian CBR Tanah Stabilisasi Kapur dan Matos .....	76
Gambar 14. Grafik nilai CBR durasi rendaman berdasarkan variasi pukulan (10) .....	77
Gambar 15. Grafik nilai CBR durasi rendaman berdasarkan variasi pukulan (25) .....	78

Gambar 16. Grafik nilai CBR durasi rendaman berdasarkan variasi pukulan (55) .....	78
Gambar 17. Grafik Hubungan Kadar Air CBR dengan Durasi Rendaman Pukulan (10) .....	79
Gambar 18. Grafik Hubungan Kadar Air CBR dengan Durasi Rendaman Pukulan (25) .....	80
Gambar 19. Grafik Hubungan Kadar Air CBR dengan Durasi Rendaman pukulan (55) .....	81
Gambar 20. Grafik Hubungan CBR Dengan Berat Isi Kering pukulan (10)...	82
Gambar 21. Grafik Hubungan CBR Dengan Berat Isi Kering pukulan (25)...	83
Gambar 22. Grafik Hubungan CBR Dengan Berat Isi Kering pukulan (55)...	84
Gambar 23. Grafik Berat Isi Kering Dengan Durasi Rendaman Pukulan (10)	85
Gambar 24. Grafik Berat Isi Kering Dengan Durasi Rendaman Pukulan (25)	86
Gambar 25. Grafik Berat Isi Kering Dengan Durasi Rendaman Pukulan (55)	86
Gambar 26. Grafik Perbandingan Rendaman .....	88

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Tanah merupakan salah satu elemen penting sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga untuk mendukung suatu konstruksi sipil seperti pondasi bangunan gedung dan perkerasan jalan. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri atau didekatnya, yang telah dipadatkan sampai tingkat kepadatan tertentu sehingga mempunyai daya dukung yang baik serta berkemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing jenis tanah tergantung dari tekstur, kepadatan, kadar air, kondisi lingkungan dan lain sebagainya.

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini.

Untuk suatu perencanaan struktur perkerasan jalan, dimana material agregat sangat sulit untuk didapatkan, maka tanah yang distabilisasi merupakan

suatu alternatif dalam perencanaan. Cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah antara lain dengan cara mekanis dan dengan menggunakan bahan pencampur (*additive*). Bahan pencampur yang akan digunakan diharapkan dapat mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat tanah yang kurang baik dan kurang menguntungkan dari tanah yang akan digunakan.

Umumnya perbaikan tanah dilakukan pada tanah lunak karena tanah lunak mengandung persentase air yang cukup tinggi yaitu lebih dari 60% bahkan lebih dari 100%. Artinya jika suatu konstruksi dibangun di atasnya, maka konstruksi tersebut akan memberikan beban yang besar terhadap tanah yang akan menyebabkan terjadinya proses pemerasan air. Hal tersebut sangat membahayakan konstruksi di atasnya karena penurunan muka tanah. Permasalahan yang muncul biasanya adalah stabilitas, besar penurunan, dan faktor waktu pengaruh.

Proses stabilisasi tanah secara konvensional saat ini belum mampu merubah sifat kembang susut tanah, sehingga walaupun suatu perkerasan atau konstruksi jalan tersebut sudah dipadatkan, akan cepat mengalami kerusakandikarenakan sifat-sifat buruk tanah dibawahnya masih ada. Melihat perkembangan yang terjadi dilapangan, teknologi stabilisasi tanah telah mengalami peningkatan. Salah satu teknologi yang dapat digunakan pada stabilisasi tanah adalah dengan pencampuran bahan atau zat kimia. Untuk itu salah satu campuran untuk meningkatkan mutu tanah dapat menggunakan kapur dengan ditambahkan matos dengan kadar tertentu.

Metode perbaikan tanah dengan kapur salah satu alternatif usaha perbaikan tanah yang tidak memenuhi standar sebagai lapisan tanah dasar untuk perkerasan atau pondasi bangunan. Kapur bereaksi dengan air tanah sehingga merubah sifat tanahnya, mengurangi kelekatan dan kelunakan tanah. Sifat ekspansif yang menyusut dan berkembang karena kondisi airnya akan berkurang secara drastis karena butir kapur.

Adapun bahan kimia yang dapat dijadikan sebagai bahan tambahan campuran *additive* kapur untuk melakukan stabilisasi tanah salah satunya adalah Matos. Bahan kimia ini berfungsi untuk memadatkan (solidifikasi) dan menstabilkan (stabilisasi) tanah yang berbentuk serbuk halus yang terdiri dari logam dan komposisi mineral anorganik (tepung dan garam).

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah mengenai bagaimana pengaruh pencampuran matos yang dianggap sebagai bahan *additive* lainnya untuk stabilisasi tanah dengan bahan *additive* kapur, sehingga diharapkan akan dapat disimpulkan bahwa matos ini dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk stabilisasi tanah dengan zat *additive* kapur.

## **B. Rumusan Masalah**

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah mengenai bagaimana pengaruh pencampuran matos dan kapur yang dianggap sebagai bahan untuk stabilisasi tanah dengan variasi kadar campuran yang berbeda-beda untuk kapur, ditinjau dari nilai CBR tanah dan Selain itu penelitian ini bermaksud untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman terhadap nilai daya dukung tanah.

### C. Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada nilai daya dukung tanah lempung berplastisitas tinggi sebelum dan sesudah dicampur menggunakan matos dan kapur dengan persentase 5%, 8%, 10%, 12%. Adapun ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah terganggu (*disturbed*) dan sampel tanah tidak terganggu (*undisturbed*) pada jenis tanah lempung berplastisitas tinggi di daerah Desa Sidorejo, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan – Provinsi Lampung
2. Bahan *additive* yang digunakan untuk stabilisasi tanah adalah matos yang berasal dari PT. Watukali Capita Ciptama Yogyakarta
3. Tanah lempung dicampur dengan matos dan kapur dengan kadar 5%, 8%, dan 10% 12% dari berat tanah untuk mengetahui kadar campuran paling optimum.
4. Waktu perendaman yg dilakukan pada tanah yang dicampur dengan kapur dan matos antara lain 4 hari, 5 hari, dan 14 hari 28 hari.
5. Pengujian yang dilakukan di laboratorium meliputi :
  - a. Pengujian Tanah Asli
    1. Pengujian Kadar Air
    2. Pengujian Berat Jenis
    3. Pengujian Batas *Atterberg*
    4. Pengujian Analisa Saringan
    5. Pengujian Pematatan
    6. Pengujian CBR (*unsoaked*)

- b. Pengujian pada tanah dengan campuran kapur dan matos
  1. Pengujian CBR Rendaman.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sifat-sifat fisik tanah lempung berplastisitas tinggi di daerah Sidomulyo, Lampung Selatan – Provinsi Lampung.
2. Mengetahui peningkatan nilai daya dukung tanah lempung berplastis tinggi yang telah ditambahkan kapur dan matos terhadap tanah asli dengan menggunakan tes CBR
3. Variasi kadar campuran kapur optimum dan waktu pemeraman yang digunakan didapat dari penelitian sebelumnya
4. Mengetahui pengaruh durasi perendaman terhadap nilai daya dukung tanah pada stabilisasi tanah lempung berplastis tinggi yang ditambahkan kapur dan matos

#### **E. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui sejauh mana manfaat penggunaan kapur dan matos untuk mengetahui nilai daya dukung tanah pada durasi perendaman, sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pemecahan masalah stabilisasi tanah, khususnya tanah lempung yang tergenang oleh air dengan waktu yg cukup lama.

2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat – sifat fisik dan mekanik tanah lempung.
3. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang teknologi material.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Lapis Perkerasan Jalan**

Sifat dari lapisan-lapisan perkerasan jalan adalah memikul dan menyebarkan beban-beban lalu-lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Akan tetapi, jika kondisi tanah kurang baik mutunya sebagai lapis pondasi dengan fungsinya masing-masing maka perlu dilakukan suatu tindakan perbaikan tanah dan salah satunya dengan cara menstabilisasinya. Adapun lapisan-lapisan tersebut adalah :

#### **1. Lapis Permukaan**

Lapisan yang terletak paling atas disebut lapis permukaan. Lapisan permukaan sebagai lapisan aus yang kedap air yang berfungsi untuk melindungi badan jalan dari kerusakan akibat cuaca, membuat jalan agar lebih rata dan mulus, serta untuk menahan beban roda. Lapisan ini biasanya terbuat dari campuran aspal (*Flexible Pavement*) ataupun struktur beton (*Rigid Pavement*)

## 2. Lapis Pondasi Atas

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Fungsi lapis pondasi atas antara lain :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kebagian bawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapis permukaan.

## 3. Lapis Pondasi Bawah

Lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah (*subbase course*). Fungsi lapisan pondasi bawah antara lain :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan meratakan beban roda ke lapisan tanah dasar.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapisan-lapisan yang berada diatasnya dapat dikurangi tebalnya.
- c. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

## 4. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 30 cm dimana di atasnya akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang dapat berupa tanah asli yang dipadatkan (jika tanah aslinya baik), tanah yang

didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi dengan kapur ataupun bahan lainnya. Sebelum lapisan-lapisan lainnya diletakkan, tanah dasar (*subgrade*) dipadatkan terlebih dahulu sehingga tercapai kestabilan yang tinggi terhadap perubahan volume, sehingga dapat dikatakan bahwa kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat ditentukan oleh sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar (*subgrade*) dapat dibedakan atas 3 macam, antara lain :

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

Adapun masalah- masalah yang sering dijumpai menyangkut tanah dasar (*subgrade*) adalah :

- a. Perubahan bentuk tetap dari jenis tanah tertentu akibat beban lalu lintas. Perubahan bentuk yang besar akan mengakibatkan jalan tersebut rusak. Lapisan-lapisan tanah lunak yang terdapat di bawah tanah dasar harus diperhatikan. Daya dukung tanah dasar yang ditunjukkan oleh nilai CBR-nya dapat merupakan indikasi dari perubahan bentuk yang dapat terjadi.
- b. Daya dukung tanah dasar yang tidak merata pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda. Penelitian yang seksama atas jenis dan sifat tanah dasar sepanjang jalan dapat mengurangi akibat tidak seragamnya daya dukung tanah dasar. Perencanaan tebal perkerasan

dapat dibuat berbeda-beda dengan membagi jalan menjadi segmen-segmen berdasarkan sifat tanah yang berlainan.

- c. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapisan-lapisan tanah lunak di bawah tanah dasar akan mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk tetap. Hal ini dapat diatasi dengan melakukan penyelidikan tanah dengan teliti. Pemeriksaan dengan menggunakan alat bor dapat memberikan gambaran yang jelas tentang lapisan tanah di bawah lapis tanah dasar.
- d. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air. Hal ini dapat dikurangi dengan memadatkan tanah pada kadar air optimum mencapai kepadatan tertentu sehingga perubahan volume yang mungkin terjadi dapat dikurangi. Kondisi drainase yang baik dapat menjaga kemungkinan berubahnya kadar air pada lapisan tanah dasar.
- e. Daya dukung yang tidak merata akibat pelaksanaan yang kurang baik. Hal ini akan lebih buruk pada tanah dasar dari jenis tanah berbutir kasar dengan adanya tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas ataupun akibat berat tanah dasar itu sendiri (pada tanah dasar tanah timbunan). Hal ini dapat diatasi dengan melakukan pengawasan yang baik pada saat pelaksanaan pekerjaan tanah dasar. Kondisi geologis dari lokasi jalan perlu dipelajari dengan teliti, jika ada kemungkinan lokasi jalan berbeda pada daerah patahan, dan lain sebagainya.

Banyak metode yang digunakan untuk menentukan daya dukung tanah dasar, misalnya pemeriksaan CBR (*California Bearing Ratio*), DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*), dan  $k$  (modulus reaksi tanah dasar). Di Indonesia daya dukung tanah dasar untuk kebutuhan perencanaan tebal perkerasan ditentukan dengan pemeriksaan CBR.

## **B. Tanah**

Tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1995). Selain itu, tanah dalam pandangan Teknik Sipil adalah himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relative lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*).

Proses penghancuran dalam pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan *glasyer*, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam alkali, oksigen dan karbondioksida. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid ( $<0,002$  mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

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.

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.

## 1. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi ini menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi namun tidak ada yang benar-benar memberikan penjelasan yang tegas mengenai kemungkinan pemakainya (Das, 1995). Sistem klasifikasi tanah dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

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 :

### a. Sistem Klasifikasi AASTHO

Sistem klasifikasi AASTHO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration 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 M105).

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 klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini :

1) Ukuran Butir

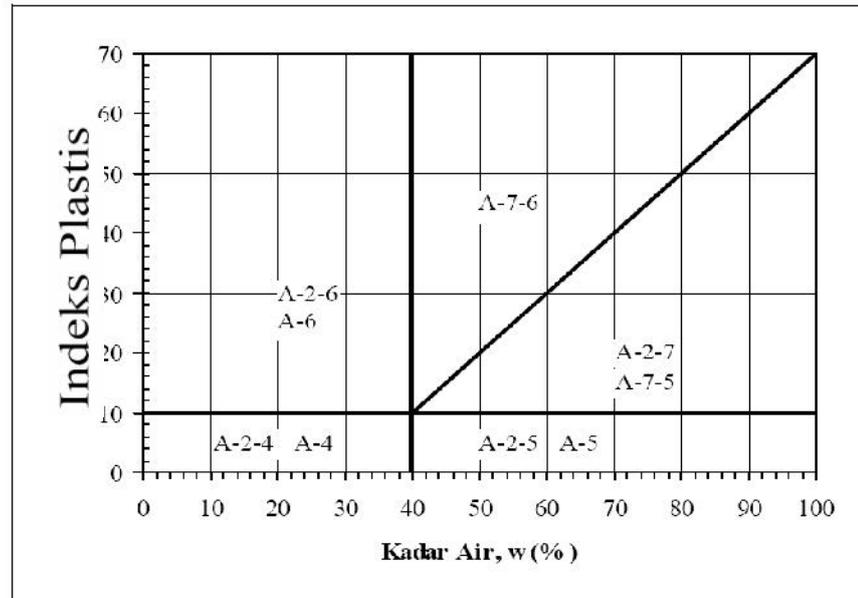
Kerikil : bagian tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).

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.

2) 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 1. Nilai-nilai batas *Atterberg* untuk subkelompok tanah

- 3) 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.

**Tabel 1.** Klasifikasi tanah 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)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
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.

### b. 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 :

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 ( $F_{200} > 50$ ). 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 tinggi (*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*(Bowles, 1991)

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		

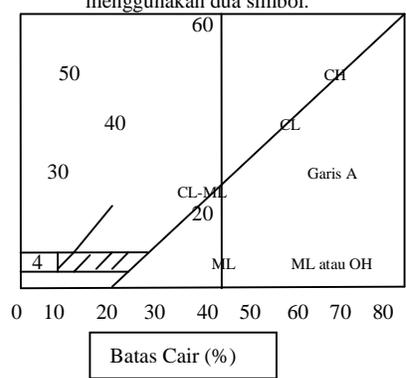
Sumber : Bowles, 1991.

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	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi				
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW				
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus					
		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	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW			
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus				
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai simbol			
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung				
			Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair 50%		ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
						CL	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" ( <i>lean clays</i> )	
OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas tinggi							
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" ( <i>fat clays</i> )						
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi						
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi		Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488				

Klasifikasi berdasarkan prosentase 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 dobel



Sumber : Hary Christady, 1992.

### 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).

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, kemampuan 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 di atasnya.

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 60° sampai 100° 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 µm yang dinotasikan dengan huruf *C* dan disederhanakan dalam persamaan berikut:

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

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Gambar 2 dibawah berikut mengklasifikasikan mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya yakni :

1. *Montmorillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) 7,2
2. *Illite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) 0,9 dan < 7,2
3. *Kaolinite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) 0,38 dan < 0,9
4. *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 berkrystal ("amorphus") maka daya negatif netto, ion-ion H<sup>+</sup> 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<sup>+</sup>), 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 *thixotropik* ("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 tetraklorida (Ccl<sub>4</sub>) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

## 5. Sifat Kembang Susut

Tanah-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. Konsentrasi garam dalam air pori.
- e. Sementasi.
- f. Adanya bahan organik, dll.

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

## D. 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 (Hardiyatmo, 2002). Adapun tujuan stabilisasi tanah adalah untuk mengikat dan menyatukan agregat material yang ada. Sifat-sifat tanah yang dapat diperbaiki dengan cara stabilisasi dapat meliputi :

kestabilan volume, kekuatan atau daya dukung, permeabilitas, dan kekekalan atau keawetan.

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

Metode atau cara memperbaiki sifat-sifat tanah ini juga sangat bergantung pada lama waktu pemeraman, hal ini disebabkan karena didalam proses perbaikan sifat-sifat tanah terjadi proses kimia yang dimana memerlukan waktu untuk zat kimia yang ada didalam *additive* untuk bereaksi.

#### **E. Stabilisasi Tanah Menggunakan Kapur**

Kapur merupakan salah satu mineral yang cukup efektif untuk proses stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dengan kapur sangat lazim digunakan dalam proyek - proyek konstruksi jalan maupun bangunan dengan berbagai macam jenis tana, mulai dari tanah lempung biasa sampai tanah ekspansif. Kapur yang biasa digunakan dalam stabilisasi tanah adalah kapur hidup  $\text{CaO}$  dan  $\text{Ca(OH)}_2$ . Kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kapur bubuk ( $\text{CaO}$ ) yang dibelidi toko material. Kapur tersebut berasal dari batu kapur yang telah dibakar sampai dengan suhu 1000 C. Kapur hasil pembakaran apabila ditambahkan air akan mengembang dan retak retak. Banyak panas yang keluar (seperti mendidih) selama proses ini, hasilnya adalah kalsium hidroksida  $\text{Ca(OH)}_2$ . Apabila kapur dengan mineral lempung atau mineral halus lainnya bereaksi, maka akan membentuk suatu gel yang kuat dan keras, yaitu kalsium silikat yang mengikat butir-butir atau partikel tanah (Ingles dan Mercalf, 1972)

## F. Stabilisasi Tanah Menggunakan 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<sub>3</sub> dan kelarutan dalam air 1:3 (*Laporan Hasil Uji Laboratorium Universitas Gajah Mada 2010*)

Apabila partikel tanah kita lihat 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<sup>2</sup>, 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<sup>++</sup>) 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* ( $\text{Ca}^{++}$ ) pada semen dapat menempel langsung dipermukaan tanah.

Matos menghilangkan efek penghambatan ikatan ion, sehingga partikel tanah menjadi lebih mudah bermuatan ion negatif (anion), sehingga *kation*  $\text{Ca}^{++}$  dapat mengikat langsung dengan mudah pada partikel tanah dan membantu menyuplai lebih banyak ion pengganti dan membentuk senyawa asam *aluminium silica* sehingga membentuk struktur sarang lebah 3 dimensi diantara partikel-tanah. Kalau pencampuran semen yang mengandung *sulfur* ( $\text{SO}_3$ ) dengan tanah tidak melibatkan *Matos*, maka ketika bercampur dengan air tanah atau terkena air hujan, akan menghasilkan *sulfuric acid* yang menyebabkan terjadinya keretakan. Hal ini akan berbeda jika dilibatkan *Matos*, dimana pada saat terjadi pengikatan semen pada partikel tanah dan mengering karena reaksi *dehidrasi*, akan terbentuk kristal-kristal yang muncul diantara campuran semen yang mengikat partikel tanah, Kristal-kristal tersebut menyerupai jarum-jarum yang secara instensif akan bertambah banyak dan membesar yang nantinya mebuat rongga-rongga micron yang bias 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.

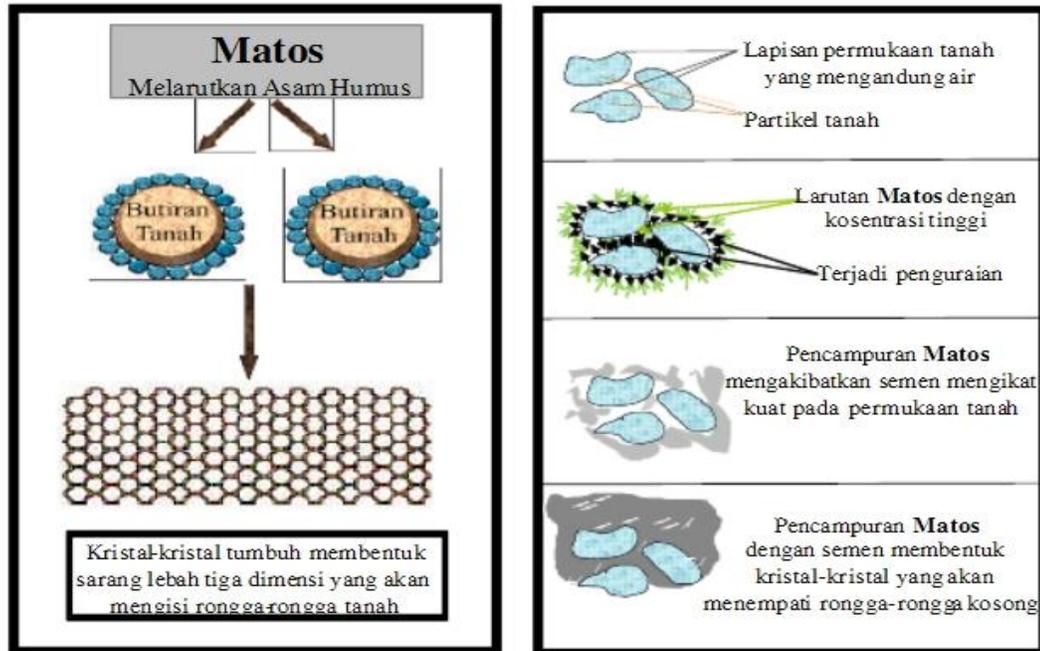
Air ditambahkan ke dalam campuran sesuai dengan jumlah mencapai Konten *Moisture Optimum* (OMC) dan membuat proses operasi kimia. Pemadatan adalah salah satu aspek penting yang harus dilakukan secara menyeluruh dan dengan peralatan yang tepat untuk menjamin pemadatan maksimal tercapai.

Alat yang digunakan adalah *Scraper* untuk penggalian, *grading mixer* putar untuk perbaikan, *excavator* untuk mendistribusikan semen, tangki truk untuk penyiraman, *vibratory roller* untuk pemadatan. Untuk jalan aplikasi dengan panjang > 10 km kami merekomendasikan menggunakan *mixer* putar untuk penstabil tanah khusus, seperti RM-500 atau RM-300 dari *Caterpillar*, *Writgen* dll

Proses Pengikatan *Matos*:

- *Clay* dibentuk menjadi Kristal untuk mencegah perubahan volume (kembang susut) akibat air
- Mikropori diblok oleh formasi gel silika

- Partikel yang lebih besar membentuk ikatan oleh material *cementious* sepanjang komposisi mineral



**Gambar 2.** Proses Pengikatan *Matos*

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

**Tabel 4.** 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	Gravitas Khusus ( <i>Specific Gravity</i> )	2.671	2.795	2.815	2.834	2.843	2.855
3	Gradasi Butiran						
	- Clay (%)	0	0	0	0	0	0
	- Silt (%)	21.31	17.04	16.94	16.63	15.55	10.57
	- Sand (%)	78.69	82.96	83.06	83.37	86.42	89.43
4	Batas-batas Konsistensi						
	- Liquid Limit (%)						
	- Plastic Limit (%)						
	- Shrinkage Limit (%)						
	- Indeks Plastisitas (IP) (%)						
		NON PLASTIS					
5	Compaction Test						
	- Berat Isi Kering ( $\gamma_d$ ) t/m <sup>3</sup>	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	25.25	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	92.16	106.46	133.92	146.19	165.5

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

## 1. Aplikasi, Fungsi dan Keunggulan

### 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)

- Perbaiki 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).
- Perbaiki 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 (IPAL).

#### b. Fungsi

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

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

#### c. Keunggulan

1. Memiliki kekuatan menahan beban sesuai yang dibutuhkan.
2. Memiliki tingkat porositas/ daya resap untuk air yang baik.
3. Anti retak.
4. Hemat waktu, sangat mudah dalam pengerjaannya, sekalipun dengan cara manual.

5. Hemat biaya konstruksi dan perawatan, relatif lebih murah dibandingkan dengan cara konvensional.
6. Sangat efektif dan efisien, terutama digunakan di daerah yang sulit batu dan pasir sebagai bahan baku LPA dan LPB



**Gambar 3.** Perbandingan lapis perkerasan jalan konvensional dan jalan dengan konstruksi *Matos* (*Soil Stabilizer*)

- Jalan dengan matos
  - a. Tebal lapisan pengganti LPA dan LPB cukup 20cm, karena CBR dapat didesain lebih besar dari 100% (berdasarkan beban dan volume lalu lintas setara)
  - b. Ikatan antara partikel bersifat mikro
  - c. Lapisan jalan bersifat kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak masuk ke tanah di bawah badan jalan. Jika tanah dasar jalan adalah

tanah ekspansif dengan kembang susut yang besar, maka jalan tidak menjadi bergelombang

- d. Lebih ekonomis untuk daerah yang tidak memiliki sumber batu cocok
  - e. Saat musim hujan, tidak perlu penambahan batu. Jalan akan bertambah kuat jika terendam air (sesudah umur jalan 21 hari)
7. Pada pembuatan jalan, jalan menjadi kesat/tidak licin, lembek dan becek saat musim hujan dan tidak berdebu saat musim kemarau.
  8. Semakin kena air konstruksi semakin kokoh.
  9. Ramah lingkungan, mengikat  $Ca^{++}$ , menetralsir zat racun.
  10. Pada pembuatan jalan, jalan dapat dilalui pada hari ke-4 (*curing time* 4-21 hari), tergantung tanah dan cuaca.
  11. Mampu memanfaatkan kadar air di udara secara optimum

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

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing Ratio*). Metode ini dikembangkan oleh *California State Highway Departement* sebagai cara untuk menilai kekuatan tanah dasar jalan (*subgrade*). Istilah CBR menunjukkan suatu perbandingan (*ratio*) antara beban yang diperlukan untuk menekan piston logam (luas penampang 3 sqinch) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada

penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama (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.

### **1. Jenis-Jenis Pengujian CBR**

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, CBR dapat dibagi atas :

#### **a. CBR Lapangan**

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

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

dimana nilai CBR akan ditentukan lalu dipenetrasi dengan menggunakan beban yang dilimpahkan melalui gardan truk.

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

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

c. CBR Laboratorium

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

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



Gambar 4 . Pengujian CBR Laboratorium

## 2. Pengujian Kekuatan dengan CBR

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

Rumus perhitungan dalam penentuan nilai CBR adalah sebagai berikut :

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

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

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.

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

Tabel 5. Beban penetrasi bahan standar

Penetrasi (inch)	Beban Standar (lbs)	Beban Standar (lbs/inch)
0,1	3000	1000
0,2	4500	1500
0,3	5700	1900
0,4	6900	2300
0,5	7800	6000

#### H. 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). Pada kebanyakan tanah di alam, berada dalam kondisi plastis.

Kadar air yang terkandung dalam tanah berbeda-beda pada setiap kondisi tersebut yang mana bergantung pada interaksi antara partikel mineral lempung. Bila



## 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.

# I. Pemasatan Tanah

Pemasatan merupakan usaha untuk mempertinggi kerapatan tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel (Bowles, 1991). Usaha pemasatan tersebut akan menyebabkan volume tanah akan berkurang, volume pori berkurang namun volume butir tidak berubah. Hal ini bisa dilakukan dengan cara menggilas atau menumbuk. Pada kadar air yang sangat tinggi, kepadatan kering maksimum dicapai bila tanah dipadatkan dengan kejenuhan di mana hampir semua udara didorong keluar. Pada kadar air rendah, partikel-partikel tanah mengganggu satu sama lain dan penambahan kelembapan

akan memungkinkan kepadatan massal yang lebih besar. Pada saat terjadi kepadatan puncak efek ini mulai menetral oleh kejenuhan tanah.

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

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

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

Adapun rincian tentang masing-masing pengujian pemadatan tersebut ialah :

1. *Proctor* Standar

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

2. *Proctor* Modifikasi

Perbedaan pada percobaan ini yaitu pada alat pemukul, jumlah lapisan dan tinggi jatuh alat pemukul. Berat pemukul yang dipakai yaitu 4,5 kg,

sedangkan jumlah lapisan pemadatannya sebanyak 5 lapis. Untuk tinggi jatuh alat pemukul yaitu 45,7 cm. Percobaan ini menggunakan standar ASTM D-1557

Percobaan dilakukan beberapa kali dengan kadar air yang berbeda-beda. Setelah dipadatkan benda ujiditimbang dan diukur kadar airdan berat volumenya. Hubungan grafis dari kadar air dan berat volumenya kemudian diplot untuk membentuk kurva pemadatan. Kepadatan kering maksimum akhirnya diperoleh dari titik puncak kurva pemadatan dengan kadar air yang sesuai atau dikenal jugasebagai kadar air yang optimal.

Rincian mengenai persamaan ataupun perbedaan dari kedua *proctor* tersebut, diperlihatkan dalam Tabel 5 berikut ini

Tabel 6. Elemen-elemen uji pemadatan di laboratorium

	<b>Proctor Standar</b> (ASTM D-698)	<b>Proctor Modifikasi</b> (ASTM D-1557)
Berat palu	24,5 N (5,5 lb/2,5 kg)	44,5 N (10 lb/4,5 kg)
Tinggi jatuh palu	305 mm (12 in)	457 mm (18 in)
Jumlah lapisan	3	5
Jumlah tumbukan/lapisan	25	25
Volume cetakan	1/30 ft <sup>3</sup>	
Tanah	saringan (-) No. 4	
Energi pemadatan	595 kJ/m <sup>3</sup>	2698 kJ/m <sup>3</sup>

Sumber : Bowles, 1991.

## **J. 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 perendaman yang berbeda, antara lain :

### **1. Stabilisasi dengan semen**

Penelitian yang dilakukan oleh Candra Hakim Van Rafi'i pada tahun 2009 adalah mengenai Pengaruh Durabilitas Terhadap Daya Dukung Lapisan *Soil Cement Base* Pada Tanah Lempung. Hasil yang didapat adalah bahwa pengaruh dari durabilitas terhadap lapisan *soil cement base* yaitu mengganggu kestabilan lapisan fondasi tersebut, pengaruh dari durabilitas tersebut dapat dilihat dari perilaku rendaman (siklus). Dari hasil pengujian di laboratorium, didapat bahwa terjadi penurunan nilai CBR disetiap penambahan waktu siklus.

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Sampel Tanah

Sampel tanah yang akan diuji berasal dari daerah Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan yang tergolong dalam jenis tanah lempung berplastisitas tinggi. Sampel tanah yang akan diambil adalah sampel tanah pada kondisi asli atau tak terganggu (*undisturbed soil*) dan sampel tanah terganggu (*disturbed soil*), yaitu tanah yang telah terganggu oleh lingkungan luar. Sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel.

Sampel tanah asli atau tak terganggu digunakan untuk pengujian analisis saringan, batas-batas *atterberg*, dan berat jenis. Sedangkan sampel tanah terganggu digunakan untuk pengujian pemadatan (*modified proctor*), dan CBR. Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb*) cukup dimasukkan kedalam karung plastik atau pembungkus lainnya, sedangkan untuk sampel tanah tak terganggu (*undisturbed*) dilakukan dengan menggunakan 3 buah tabung contoh dan dijaga keasliannya dengan menutup tabung dengan lilin dan plester.

## B. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat untuk uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas-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 dengan klasifikasi lempung berplastisitas tinggi yang berasal dari desa sidorejo, kecamatan sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan – Provinsi Lampung.
2. Air, bisa menggunakan air dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
3. *Stabilizing agent* yaitu Matos.
4. Kapur yang dapat dibeli di toko bangunan.

## D. Data Penelitian

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

1. Data 1(Sekunder)

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(*proctormodified*)
  - f. Nilai CBR Tanah Asli (tanpa tambahan zat *additive*)
2. Data 2 (Primer)

Data 2 merupakan data penelitian yang merupakan hasil pengujian campuran antara tanah lempung + Kapur + Matos dan air pada kadar air optimum. Data 2 yang akan didapat dari penelitian ini berupa :

- a. Nilai CBR Rendaman

#### **E. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan Kapur dan *Matos***

Metode pencampuran tanah asli dengan kapur dan *Matos* adalah :

1. Kapur dicampur dengan sampel tanah yang telah ditumbuk (butir aslinya tidak pecah) dan lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan kadar kapur 5%, 8%, 10%, 12%.
2. Matos dilarutkan dengan air pada kadar air optimum lalu dicampur pada tanah + Kapur kadar campuran Matos 1 kg untuk 1m<sup>3</sup> tanah asli.
3. Tanah + kapur yang sudah tercampur Matos dipadatkan lalu dilakukan pengujian CBR ,
4. Setelah di dapat variasi kapur optimum dan siklus pemeraman optimum, buat sampel menggunakan variasi tersebut dan lakukan pemeraman sampai dengan siklus pemeraman optimum, setelah dilakukan pemeraman dilakukan perendaman selama 4, 5, 14 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 tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan kapur dan matos, adapun pengujian-pengujian tersebut adalah sebagai berikut:

### 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 pengujian ini berdasarkan ASTM D- 2216, yaitu :

- a. Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukkan benda uji kedalam cawan dan menimbanginya.
- b. Memasukkan cawan yang berisi sampel ke dalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam.
- c. Menimbang cawan berisi tanah yang sudah di oven dan menghitung prosentase kadar air.

Perhitungan :

$$1. \text{ Berat air (} W_w \text{)} = W_{cs} - W_{ds}$$

$$2. \text{ Berat tanah kering (} W_s \text{)} = W_{ds} - W_c$$

$$3. \text{ Kadar air ( } ) = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dimana :

$W_c$  = Berat cawan yang akan digunakan

$W_{cs}$  = Berat benda uji + cawan

$W_{ds}$  = 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 prosentase ukuran butir sampel tanah yang dipakai. Pengujian ini menggunakan standar ASTM D-422, AASHTO T88 (Bowles, 1991).

Langkah Kerja :

- 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 :

1. Berat masing-masing saringan ( $W_{ci}$ )
2. Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan ( $W_{bi}$ )

3. Berat tanah yang tertahan ( $W_{ai}$ ) =  $W_{bi} - W_{ci}$
4. Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan (  $W_{ai}$   
 $W_{tot}$ )
5. Persentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan  
( $P_i$ )

$$P_i = \left[ \frac{W_{bi} - W_{ci}}{W_{total}} \right] \times 100\%$$

6. Persentase berat tanah yang lolos masing-masing saringan ( $q$ ) :

$$q_i = 100\% - p_i\%$$

$$q(1 + 1) = q_i - p(1 + 1)$$

Dimana :

$i = 1$  (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan No. 200).

### 3. Uji Batas *Atterberg*

- 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 logaritma, 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 antara lain :

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 :

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

Dimana :

$G_s$  = Berat jenis

$W_1$  = Berat *picnometer* (gram)

$W_2$  = Berat *picnomeeter* dan tanah kering ( gram )

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

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

## 5. Uji Hidrometer

Tujuan pengujian analisis hidrometer adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang lolos saringan No. 200 ( $\emptyset$  0,075 mm).

Adapun cara kerjanya antara lain :

1. Menimbang sampel tanah yang lolos saringan 200 seberat 50 gram.
2. Mencampurkan sampel dengan sodium silikat sebanyak 10 cc, kemudian mengaduk dan membiarkan selama 24 jam.
3. Menuang campuran ke dalam *mixer* dan menambahkan air sebanyak 500 cc, dan mengaduknya selama 15 menit.
4. Memasukkan hasil campuran ke dalam tabung gelas ukur serta menambahkan air sebanyak 1000 ml.
5. Menutup lubang tabung gelas ukur dengan telapak tangan serta mengocok dan membolak-balik vertikal ke atas dan ke bawah selama 1 menit.
6. Meletakkan tabung gelas ukur dan memasukkan hidrometer serta membiarkannya terapung dan secara bersamaan menekan stopwatch.
7. Pembacaan dimulai pada interval  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 dan 2 menit.

8. Mengangkat hidrometer dan mencucinya dengan air yang bersuhu sama seperti pada percobaan.
9. Memasukkan hidrometer ke tabung percobaan dan melakukan pembacaan pada menit ke 5, 15, 30, 60, dan 24 jam.

Perhitungan:

$$= \frac{x_s - x_w}{18y} \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{30y}{(G_s - 1)x_w}} \times \sqrt{\frac{L(cm)}{t(menit)}}$$

Dimana: = Kecepatan mengendap

$x_s$  = Berat volume partikel tanah

$x_w$  = Berat volume air

= Kekentalan air

D = Diameter partikel tanah

$G_s$  = Berat jenis

K = fungsi dari  $G_s$  yang tergantung temperatur uji

t = waktu pengendapan

## 6. Uji Pemadatan Tanah (*Modified Proctor*)

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-698 untuk *Standart Proctor* dan ASTM D-1557 untuk *Modified Proctor*.

Adapun langkah kerja pengujian pemadatan tanah, antara lain :

a. Pencampuran

1. Mengambil tanah sebanyak 25 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 10 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.
7. Setelah dapat campuran tanah, mencatat berapa cc air yang ditambahkan untuk setiap 2,5 kg tanah.
8. Penambahan air untuk setiap sampel tanah dalam plastik dapat dihitung dengan rumus :

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

W = Berat tanah

Wb = Kadar air yang dibutuhkan

Penambahan air :  $W_w = W_{wb} - W_{wa}$

9. Sesuai perhitungan, lalu melakukan penambahan air setiap 2,5 kg sampel diatas pan dan mengaduknya sampai rata dengan sendok pengaduk.

b. Pemasatan 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  *standart proctor* , tanah dibagi kedalam 3 lapisan. Lapisan pertama dimasukkan kedalam  *mold* , ditumbuk 25 kali dengan alat pemukul seberat 2,5 kg serta tinggi jatuh alat pemukul sebesar 30,5 cm sampai merata. Dengan cara yang sama dilakukan pula untuk lapisan kedua dan ketiga, sehingga lapisan ketiga mengisi sebagian  *collar*  (berada sedikit diatas bagian  *mold* ).
5. Sedangkan untuk  *modified proctor* , tanah dibagi kedalam 5 lapisan. Lapisan pertama dimasukkan kedalam  *mold* , ditumbuk 25 kali dengan alat pemukul seberat 4,5 kg serta tinggi jatuh alat pemukul sebesar 45,7 cm sampai merata. Dengan cara yang sama dilakukan pula untuk lapisan kedua, ketiga, keempat dan kelima, sehingga lapisan kelima mengisi sebagian  *collar*  (berada sedikit diatas bagian  *mold* ).
6. Melepaskan  *collar*  dan meratakan permukaan tanah pada  *mold*  dengan menggunakan pisau pemotong.

7. Menimbang *mold* berikut alas dan tanah didalamnya.
8. Mengeluarkan tanah dari *mold* dengan ekstruder, ambil bagian tanah (alas dan bawah) dengan menggunakan 2 container untuk pemeriksaan kadar air (w).
9. Mengulangi langkah kerja b.2 sampai b.9 untuk sampel tanah lainnya.

Perhitungan :

a. Kadar air :

1. Berat cawan + berat tanah basah = W1 (gr)
2. Berat cawan + berat tanah kering = W2 (gr)
3. Berat air = W1 – W2 (gr)
4. Berat cawan = Wc (gr)
5. Berat tanah kering = W2 – Wc (gr)
6. Kadar air (w) =  $\frac{W1 - W2}{W2 - Wc}$  (%)

b. Berat isi :

- a. Berat *mold* = Wm (gr)
- b. Berat *mold* + sampel = Wms (gr)
- c. Berat tanah (W) = Wms – Wm (gr)
- d. Volume *mold* = V (cm<sup>3</sup>)
- e. Berat volume = W/V (gr/cm<sup>3</sup>)
- f. Kadar air (w)
- g. Berat volume kering ( d)

$$d = \frac{Y}{1+w} \times 100\% \quad (\text{gr/cm}^3)$$

h. Berat volume *zero air void* (  $z$  )

$$z = \frac{G_s \times \gamma_w}{1 - G_s \times w} \quad (\text{gr/cm}^3)$$

## 7. 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 :

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

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 kapur 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 kapur.
- f. Memasukkan sampel kedalam *mold* lalu menumbuk secara merata. Melakukan penumbukan sampel dalam *mold* dengan 3 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. Meletakkan sampel pada alat uji CBR, setelah itu dilakukan pengujian CBR.

Perhitungan :

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

$$(d) \frac{x}{1+S} \times 100 \% \quad (\text{gr}/\text{cm}^3)$$

8. Harga CBR :

$$\text{a. Untuk } 0,1 \quad \frac{\text{Penetrasi}}{3 \times 1000} \times 100 \%$$

$$\text{b. Untuk } 0,2 \quad \frac{\text{Penetrasi}}{3 \times 1500} \times 100 \%$$

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 dan aturan campuran semen oleh PT. Watukali Capita Ciptama Yogyakarta yaitu  $1\text{kg/m}^3$ .
  - c. Tentukan berat dari sampel laboratorium yang akan digunakan untuk penentuan CBR.
  - d. Perhitungan penentuan kadar *matos* / sampel tanah :

$$\text{MDD} = 1440 \text{ kg/m}^3 ;$$

$$\text{Matos} = 1 \text{ kg/m}^3 ;$$

$$\begin{aligned} \text{Sampel Laboratorium} &= (5 \text{ kg} \times 1 \text{ kg/m}^3) : 1440\text{kg/m}^3 \\ &= 0,00347222 \text{ kg} = 3.472 \text{ gr} \end{aligned}$$

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 benda uji untuk pengujian CBR dengan mencampur kapur dan tanah yang telah lolos saringan no. 4.
7. Variasi kadar kapur yang ditentukan yaitu 5%, 8%, 10%,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, tanah yang telah dicampur dengan kapur dan matos 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 tabel 7. dibawah ini :

**Tabel 7.** Kode pada mold untuk kadar kapur dan *matos* pada variasi jumlah tumbukan

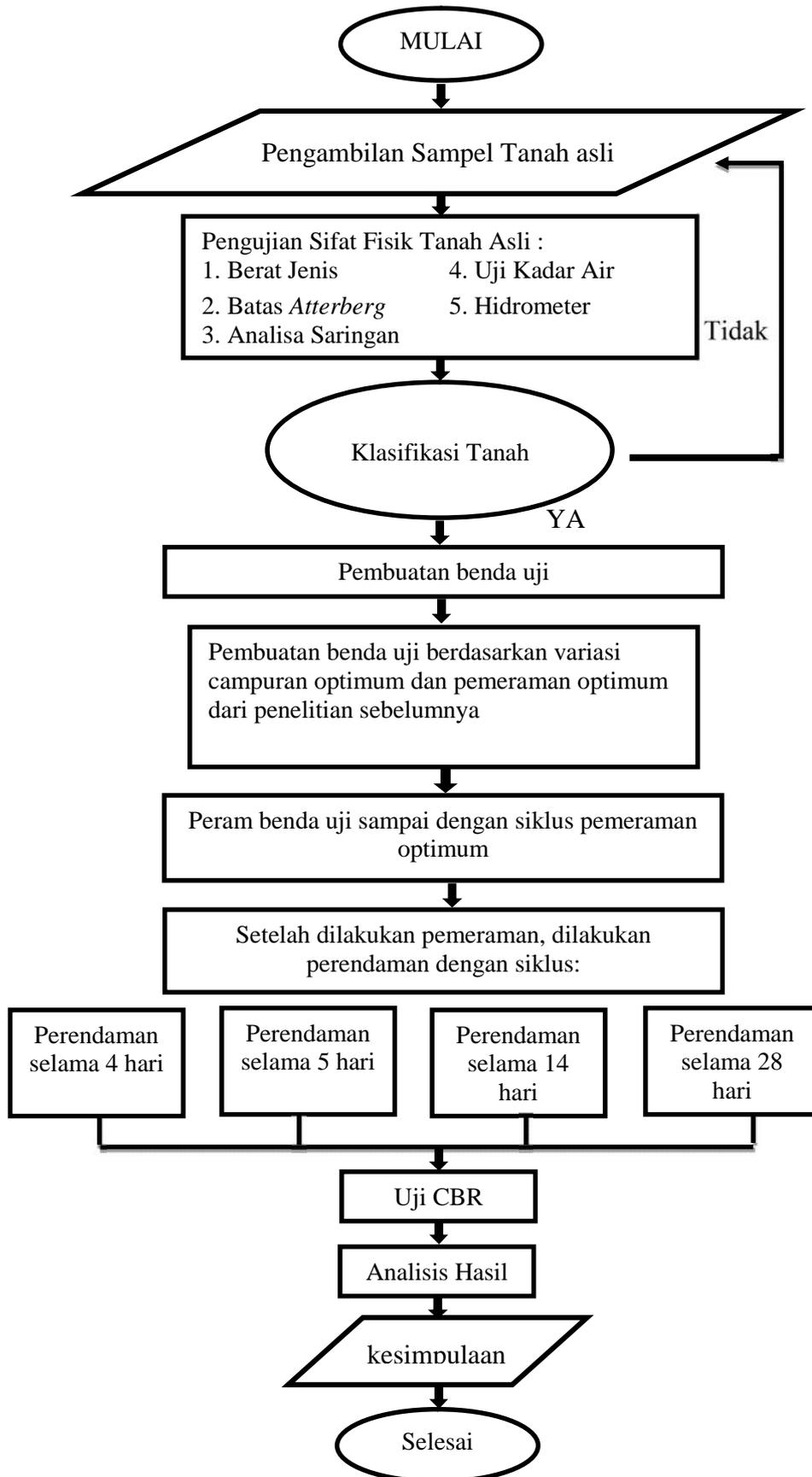
Kadar kapur	Kadar <i>Matos</i>	Jumlah Sampel	Jumlah Tumbukan		
			10x	25x	55x
			Kode Mold	Kode Mold	Kode Mold
5 %	3,472gr	3	1A	1B	1C
8 %	3,472gr	3	IIA	IIB	IIC
10 %	3,472gr	3	IIIA	IIIB	IIIC
12 %	3,472gr	3	IVA	IVB	IVC

11. Padatkan sampel tanah yang telah mengalami perlakuan dalam cetakan CBR dalam 5 lapisan pemadatan.
12. Lakukan uji CBR setelah dilakukan pemeraman dengan variasi waktu 7, 14, 21, dan 28 hari untuk mengetahui durasi pemeraman yang paling optimum.
13. Setelah di dapat kadar kapur optimum dan durasi pemeraman optimum, dilakukan uji CBR pada perendaman selama 4, 5, 14 dan 21 hari guna membandingkan pengaruh waktu perendaman.

## H. Analisis Hasil Penelitian

Semua hasil yang didapat dari pelaksanaan penelitian akan ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik hubungan 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.
2. Dari hasil pengujian sampel tanah asli, didapatkan data pengujian seperti : uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas *atterberg*, uji pemadatan tanah ( *modified proctor* ), uji CBR serta kadar air optimum untuk selanjutnya dilakukan pencampuran.
3. Dari hasil pemadatan *modified proctor* pada tanah yang dicampur dengan kapur dan matos didapatkan hasil pengujian dalam bentuk tabel dan grafik.
4. Dari hasil pengujian parameter CBR rendaman, nilai kekuatan daya dukung tanah asli maupun tanah yang dicampur dengan kapur dan matos akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara nilai peningkatan/penurunan nilai CBR rendaman dengan pemadatan *modified proctor*. Dari tabel dan grafik nilai CBR tersebut maka akan didapatkan penjelasan mengenai perbandingan kualitas daya dukung tanah yang terjadi pada masing-masing penetrasi.



## V. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan sampel tanah yang di ambil dari daerah Sidomulyo, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji sifat fisik tanah asli yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung dapat disimpulkan bahwa tanah yang di ambil dari daerah Sidomulyo, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung di klasifikasikan sebagai tanah lempung berplastisitas tinggi.
2. Berdasarkan uji batas *Atterberg* tanah yang dilakukan sesuai dengan AASHTO menunjukkan bahwa tanah yang di ambil dari daerah Sidomulyo, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung diklasifikasikan kedalam A-7-5 yaitu tanah berlempung dan jika digunakan sebagai tanah dasar (*subgrade*) memiliki penilaian biasa sampai buruk.
3. Penggunaan kapur dengan kadar 12% pada penelitian ini cukup efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah yang di ambil dari daerah Sidomulyo. Karna mengalami peningkatan nilai CBR yang sangat baik.

4. Penggunaan Matos pada penelitian ini sangat efektif untuk meningkatkan daya dukung tanah berplastisitas tinggi yang di ambil dari daerah Sidomulyo, Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.
5. Seiring dengan peningkatan variasi waktu perendaman yang di lakukan akan berpengaruh dengan penurunan nilai daya dukung tanah.
6. Pemakaian Matos sebagai bahan stabilisasi tanah lempung plastisitas tinggi menjadi salah satu alternatif yang baik, karena dapat dapat meningkatkan daya dukung tanah dan mampu mengalihkan gerak air horizontal terhadap tanah bukan vertikal.

## **B. Saran**

Untuk penelitian selanjutnya mengenai stabilisasi tanah menggunakan Matos dengan zat additive lainnya, disarankan beberapa hal yang harus di pertimbangkan seperti dibawah ini:

1. Untuk mengetahui efektif atau tidaknya campuran *Matos* pada penelitian yang akan dilakukan perlu diteliti lebih lanjut untuk tanah dari daerah yang lain dengan menggunakan campuran yang sama dengan periode durasi waktu yang sama, sehingga akan diketahui nilai nyata terjadinya perubahan akibat pengaruh campuran *Matos* pada jenis tanah yang lain.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menentukan nilai CBR optimum yang di dapat pada daerah dan jenis tanah yang sama dengan penambahan durasi waktu perendaman dan variasi campuran *Matos* dan zat *additive* lainnya.

3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui nilai minimum CBR dan PI untuk aplikasi lapis *subgrade* sesuai dengan ketentuan Bina Marga dengan penambahan perlakuan pemeraman plus perendaman.
4. Penelitian yang lebih luas dan komprehensif masih diperlukan. Khususnya, untuk meningkatkan jaminan stabilitas tanah lempung plastisitas tinggi terhadap efek jangka panjangnya (*long term effect*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.
- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah. (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid II. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2002. *Mekanika Tanah 2*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Ingles, O.G dan Metcalf, J.B., 1972, *Soil Stabilization Principles and Practice*, Butterworths Pty. Limited, Melbourne.
- PT. Watukali Capita Ciptama. *Matos Book*. PT. Watukali Capita Ciptama. Yogyakarta.
- PT. Watukali Ciptaq Ciptama. 2016. *Matos The Real Soil Stabilizer*. Diakses Pada Tahun 2017 Melalui <https://indonetwork.co.id/>
- 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
- Terzaghi, K., dan Peck, R.B. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Umar, Rizki Prinanda. 2018. *Perbaikan Daya Dukung Tanah Dasar Lempung Yang Distabilisasi Menggunakan Kapur Dan Matos Terhadap Lama Waktu Pemeraman*. Universitas Lampung. Lampung.

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

Verhoef, P.N.W. 1994. *Geologi Untuk Teknik Sipil*. Erlangga. Jakarta.

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum.  
[jakartasipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/197/166](http://jakartasipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/197/166)

Widianti, Anita. 2009. *Peningkatan Nilai CBR Laboratorium Rendaman Tanah dengan Campuran Kapur, Abu Sekam Padidan Serat Karung Plastik*.  
Jurnal Penelitian Semesta Teknika