

**STUDI DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG LUNAK YANG
DISTABILISASI MENGGUNAKAN CAMPURAN
ABU AMPAS TEBU DAN MATOS**

(Skripsi)

Oleh
ARIEF UBAIDILLAH



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2016

ABSTRAK

STUDI DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG LUNAK YANG DISTABILISASI MENGUNAKAN CAMPURAN ABU AMPAS TEBU DAN MATOS

Oleh

ARIEF UBAIDILLAH

Kondisi tanah pada suatu daerah tidak akan memiliki sifat yang sama dengan daerah lainnya. Ada yang mempunyai daya dukung baik dan ada pula yang buruk. Hal ini tentu di pengaruhi oleh jenis tanahnya sehingga dalam pekerjaan konstruksi perlu adanya penguasaan yang lebih mendalam baik itu secara analisis mengenai perilaku tanah, sifat fisik dan mekanis tanah.

Pada penelitian ini tanah yang di uji adalah tanah lempung lunak yang berasal dari Desa Sukajawa, Kelurahan Sukajawa, Kecamatan bumi ratu nuban, Lampung Tengah – provinsi Lampung dengan berat jenis 2,54; Kadar air 25,24 persen; batas cair 56,69 persen; batas plastis 26,67 persen; dan indeks plastis 30,02 persen serta lolos saringan no.200 sebanyak 93,08 persen sedangkan bahan additive yang di gunakan sebagai bahan campuran adalah Matos. Kadar larutan matos yang di gunakan yaitu 3,5817 gr plus semen sebanyak 6%, 9% dan 12% dari masing-masing 5 kg sampel tanah dengan perlakuan pemeraman 1,7,14,21, dan 28 hari tanpa perendaman.

Pada pengujian fisik seperti berat jenis dan batas cair dan indeks plastisitas mengalami penurunan setelah di stabilisasi. Sementara pada pengujian mekanik, penggunaan matos cukup efektif dalam meningkatkan daya dukung seiring bertambah durasi pemeraman dari 11,78% sampai 41,38% pada durasi 28 hari pemeraman. Dari hasil pengujian CBR tanpa rendaman, tanah yang telah distabilisasi dengan campuran Matos memiliki pengaruh yang lebih baik dalam meningkatkan daya dukung tanah di banding dengan bahan additive lain.

Kata Kunci : Matos, Stabilisasi, Tanah Lempung Lunak, CBR.

ABSTRACT

THE STUDY CAPACITY SOIL SOFT CLAY IN STABILIZATION USE BY BAGESSE ASH AND MATOS

By

ARIEF UBAIDILLAH

Soil conditions in an area will not have the same properties as other areas. Some are have a good carrying capacity and some are bad. It is certainly influenced by the type of soil so that the construction work is need for more in-depth mastery either in the analysis of the behavior of soils, physical and mechanical properties of soil.

In this study, soil test in the soft clay soil from the Sukajawa Village, Bumi Ratu Nuban District, Central Lampung - Lampung Province with a specific density of 2.54; The water content of 25.24 percent; liquid limit of 56.69 percent; plastic limit 26.67 percent; and plasticity index of 30.02 percent and sieve 200 as much as 93.08 percent while the additive materials are used as an ingredient is Matos. Levels matos solution that is in use is 3.5817 gr plus cement as much as 6%, 9% and 12% of each 5 kg sample of soil with curing treatment 1,7,14,21, and 28 days without ripening.

On physical testing such as density and liquid limit and plasticity index decreased after stabilization. While the mechanical testing, the use of matos quite effective in increasing the carrying capacity increases as the duration of ripening from 11.78% to 41.38% in the duration of 28 days of ripening. From the CBR test results without ripening, soil that has been stabilized with a mixture Matos has a better effect in improving the soil bearing capacity compared with other additive materials.

Keywords: Matos, Stabilization, Soft Clay Soil, CBR

**STUDI DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG LUNAK YANG DISTABILISASI
MENGUNAKAN CAMPURAN ABU AMPAS TEBU DAN MATOS**

Oleh

ARIEF UBAIDILLAH

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi : **STUDI DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG
LUNAK YANG DISTABILISASI
MENGUNAKAN CAMPURAN ABU
AMPAS TEBU DAN MATOS**

Nama Mahasiswa : **Arief Ubaidillah**

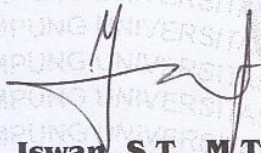
Nomor Pokok Mahasiswa : 1115011012

Jurusan : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

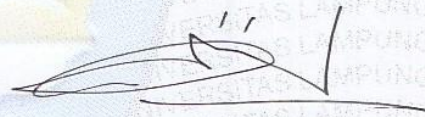
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Iswan, S.T., M.T.

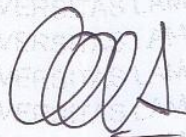
NIP 19720608 200501 1 001



Ir. M Jafri, M.T.

NIP 19590328 198803 1 002

2. Ketua Jurusan



Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.

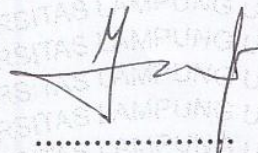
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

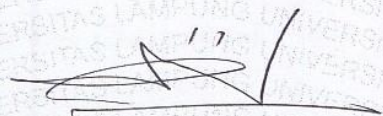
Ketua

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



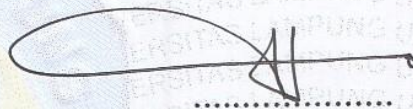
Sekretaris

: Ir. M Jafri, M.T.



Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Setyanto, M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 21 Desember 2016

SURAT PERNYATAAN

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

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

Bandar Lampung, desember 2016



[Handwritten Signature]
ARIEF UBADILLAH

RIWAYAT HIDUP



Dengan rahmat Allah SWT penulis dilahirkan di Bunga Mayang, Lampung Utara – Lampung pada tanggal 04 April 1993 yang merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Tabi'in dan Hernawati, S.pd.

Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar Negeri 1 Negara Tulang Bawang Lampung Utara – Lampung pada tahun 2005, Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama PG Bunga Mayang Lampung Utara - Lampung pada tahun 2008 dan Sekolah Menengah Atas YP Unila Bandar Lampung - Lampung tahun 2011. Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung melalui jalur UM.

Pada tahun 2014 penulis melakukan Kerja Praktek selama 3 bulan di Proyek Pembangunan Hotel Batiqa Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi pengurus HIMATEKS (Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil) Unila periode tahun 2013 – 2014. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Muara dua, kecamatan Ulu Belu, Kabupaten Tanggamus – Provinsi Lampung

MOTTO

"A man who doesn't spend time with his family can never be a real man."

Don Corleone

"Barangsiapa keluar mencari ilmu maka ia sebenarnya berjihad di jalan ALLAH sehingga dia kembali. "

Sabda Rasulullah Muhammad SAW

"Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. "

Al-Quran : Al-Insyiraah 94:5 – 6

"I don't want to be a product of my environment. I want my environment to be a product of me. "

Frank Costello

" Watch it..Analyze... take a Conclusions....Action and Finish it!! "

- Me -

Persembahan

Sebuah karya kecil buah pemikiran dan kerja keras untuk,

Ayahhandaku tercinta Tabi'in,

Ibundaku tercinta Hernawati, S.Pd,

Kedua Kakakku tersayang Aditya Nugroho, S.E, dan Meriza

Andryani, S.E,

Serta teman-teman baikku angkatan 2011.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH Subhanahu Wata'ala yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya dan Rasulullah Muhammad SAW sebagai suri tauladan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan yang diharapkan.

Judul skripsi yang penulis buat adalah "*Study Daya Dukung Tanah Lempung Lunak yang distabilisasi menggunakan campuran abu ampas tebu dan matos*". Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, hal ini disebabkan karena keterbatasan yang ada. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan guna langkah penulis berikutnya yang lebih baik. Namun terlepas dari keterbatasan tersebut, penulis mengharapkan skripsi ini akan bermanfaat bagi pembaca.

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

Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.

2. Bapak Dr. Gatot Eko Susilo, M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Iswan, S.T., M.T. selaku pembimbing Utama yang telah memberikan gagasan, bimbingan dan saran dalam penulisan skripsi ini.
4. Bapak Ir.M Jafri, M.T selaku Pembimbing Pembantu yang telah memberikan bimbingan dan saran dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Ir.Setyanto, M.T. yang telah memberikan koreksi dan saran demi kesempurnaan penulisan skripsi ini.
6. Bapak Ir.Nur Arifaini, M.S. selaku dosen Pembimbing Akademis yang telah memberikan bimbingan, pengarahan kepada penulis dalam menjalankan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.
8. Seluruh staf dan karyawan Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung, Mas Pardin, Mas Mis, Mas Yadi, Mas Bambang, dan Mas Budi serta staf lainnya Terima kasih Atas Bantuan ilmu dan bimbingannya Selama ini.
9. Ayahanda Tabi'in dan Ibunda tercinta Hernawati, S.Pd. untuk setiap tetes keringat, air mata dan selalu berdoa untuk keberhasilanku. Terima kasih atas doa dan kasih sayang yang tidak pernah hilang, serta dorongannya selama pengerjaan skripsi ini.

10. Kakak-kakaku, Aditya Nugroho,S.E, Mariza andryani,S. terima kasih untuk doa, kasih sayang, dan dukungannya yang selalu menyemangati di setiap langkahku.
11. Untuk Yuntares Putri Nawang Sari,S.T yang terkasih dan keluarga atas dukungan dan doanya selama ini.
12. Teman se-angkatan 2011 dan terutama teman-teman pinggiran Akhmad Rido Bandot,S.T., I Komang tri herdiana (ngemok), Meifra Wahyudi (hantu kali), Rizki Pribib Umar, Ahmad Jundi (young lex), septias Herson sejati(kak chan), Ferovan fistandaris (korlap kont##), Fajar putra sanjaya (antagonis),Antonius erwanda(pak rete),Adin Jesa anggara, jimi citra(smigol), Hendro parwaka(kim jong un), Ade sukut, Mayunata duha, Rian Yulianto (nay muber), rian indra kurnia (nay komgal), ade harkitnas(tengsek), Yuda IBAB ariza, Sindu Abadi sampoerna, Papah Kusnadi, Edo Rego,prayoga,ekanti,krisna biru,paksi doger seluruh keluarga besar 2011 lainnya yang berjuang bersama dalam suka duka.
13. Untuk keluarga sekaligus teman yang saya banggakan angkatan 2008, 2009,2010 dan 2012 abang-abang dan jim jim sekalian terima kasih atas dorongan dan support selama ini.
14. Adik – adik, keluarga, sekaligus teman yang saya banggakan angkatan 2013, 2014 dan beberapa angkatan orang angkatan 2015 rizki (sukro), wayan, adik kecil, halsa dan wahyu yang memberikan dukungan teknis dan moril selama penulis berada di almamater tercinta.
15. Untuk para pengabdian kampus Mas Roni dan Mas Yanto yang membantu baik spirit dan moril.

16. Untuk Yu Ani, Mak Macan, Mak viking, Tete dan Mak Judo para laskar kampus penunda lapar dan dahaga.
21. Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis berharap semoga Allah SWT membalas segala kebaikan dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua

Bandar Lampung, Desember 2016
Penulis

Arief Ubaidillah

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN

DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	ii
DAFTAR GAMBAR	iii
I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan Penelitian	4
E. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Tanah	6
B. Klasifikasi Tanah	8
1. Sistem Klasifikasi AASTHO.....	9
2. Sistem Klasifikasi <i>Unified Soil Classification System</i> (USCS) ...	12
C. Tanah Lempung	15
1. Definisi Tanah Lempung	15
2. Kriteria Tanah Lempung	15
3. Jenis Mineral Lempung	21
4. Sifat-sifat Umum Mineral Lempung..	22
D. Ampas Tebu.....	24
E. Stabilisasi Tanah Menggunakan <i>Matos</i>	26
F. <i>California Bearing Ratio (CBR Method)</i>	35
G. Tinjauan <i>Penelitian</i> Terdahulu	40

III. METODOLOGI PENELITIAN	45
A. Pengambilan Sampel	45
B. Peralatan	46
C. Benda Uji	46
D. Data Penelitian	46
E. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan <i>Matos</i>	47
F. Pelaksanaan Pengujian	48
1) Uji Kadar Air	48
2) Uji Analisa Saringan	49
3) Uji Batas <i>Atterberg</i>	50
4) Uji Berat Jenis	52
5) Uji Pemadatan Tanah <i>Proctor Modified</i>	53
6) Uji CBR	56
G. Urutan Prosedur Penelitian	58
H. Analisa Hasil Penelitian	60
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	63
I. Hasil Pengujian Kadar Air	63
II. Hasil Pengujian Berat Jenis (Gs)	64
III. Hasil Pengujian Batas <i>Atterberg</i>	64
IV. Hasil Pengujian Analisa Saringan	65
V. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah	66
VI. Hasil Pengujian CBR	66
A. Pembahasan Klasifikasi Sampel Tanah AASHTO (<i>American Association Highway and Transportation Official</i>)	68
B. Hasil Pengujian Sampel Tanah dengan Penambahan abu ampas tebu Dan <i>Matos</i>	68
1. Hasil pengujian CBR tanpa rendaman (unsoaked)	73
C. Perbandingan Nilai CBR Terhadap Bahan Stabilisasi Yang berbeda	73
1. CBR unsoaked	73

V. PENUTUP

A. Kesimpulan.....	77
B. Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Sistem Klasifikasi Tanah <i>AASHTO</i>	11
Tabel 2. Sistem Klasifikasi Tanah <i>Unified</i>	13
Tabel 3. Sistem Klasifikasi <i>Unified</i>	14
Tabel 4. Nilai indeks plastisitas dan sifat tanah.....	18
Tabel 5. kandungan lignoselulosa pada <i>bagasse</i>	25
Tabel 6. Hasil pengujian tanah dengan menggunakan <i>Matos</i> sampel tanah daerah Godean.....	31
Tabel 7. Kode pada mold untuk kadar semen dan <i>matos</i> pada variasi jumlah tumbukan	57
Tabel 8. Hasil pengujian berat jenis (Gs) tanah asli.....	62
Tabel 9. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli.....	65
Tabel 10. Hasil Pengujian CBR Tanah Asli.....	66
Tabel 11. Hasil Pengujian CBR Tanah campuran 6% Stabilisasi Per Periode Durasi Waktu Pemeraman	67
Tabel 12. Hasil Pengujian CBR Tanah campuran 9% Stabilisasi perPeriode Durasi Waktu Pemeraman.....	68
Tabel 13. Hasil Pengujian CBR Tanah campuran 12% Stabilisasi perPeriode Durasi Waktu Pemeraman.....	68
Tabel 14. Perbandingan Peningkatan Hasil Pengujian CBR Tanah dengan menggunakan campuran abu ampas tebu dan <i>matos</i>	70

Tabel 15. Perbandingan Peningkatan Hasil Pengujian CBR Tanah Stabilisasi per Periode Durasi Waktu Pemeraman.....	70
Tabel 16. Perbandingan Peningkatan Hasil Pengujian CBR Tanah Stabilisasi terhadap Nilai CBR Tanah Asli.....	72
Tabel 17. Hasil pengujian CBR tiap waktu pemeraman (<i>Matos</i>).....	72
Tabel 18. Hasil pengujian CBR tiap waktu pemeraman (<i>TX-300</i>).....	73
Tabel 19. Perbandingan Nilai CBR tiap waktu pemeraman Terhadap Bahan Stabilisasi Tanah Lainnya	73
Tabel 20. Peningkatan Nilai UCS terhadap Kadar PC.....	74
Tabel 21. Peningkatan Nilai CBR terhadap Kadar PC.....	76

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Nilai - Nilai Batas - Batas <i>Atterberg</i>	12
Gambar 2. Batas Konsistensi	17
Gambar 3. Variasi indeks plastisitas	23
Gambar 4. Matos	28
Gambar 5. Proses Pengikatan <i>Matos</i>	29
Gambar 6. Perbandingan lapis perkerasan jalan konvensional dan jalan dengan konstruksi <i>Matos (Soil Stabilizer)</i>	33
Gambar 7. Grafik hubungan kenaikan nilai CBR dengan menggunakan <i>Matos</i> , berdasarkan variasi campuran semen dan masa perawatan benda uji dari sampel tanah daerah Godean (Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UGM 2010).....	42
Gambar 8. Grafik hubungan kenaikan nilai UCS dengan menggunakan <i>Matos</i> , berdasarkan variasi campuran semen dan masa perawatan benda uji (Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UGM 2010).....	43
Gambar 9. Grafik Perbandingan Nilai UCS Stabilisasi Terhadap Tanah Semen (Teguh Widodo dan Rahmat Imron Qomsari 2011).....	44
Gambar 10. Bagan Alir Penelitian... ..	62
Gambar 11. Rentang (<i>Range</i>) dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) Berdasarkan Sistem AASHTO.....	62
Gambar 12. Diagram Plastis.....	66
Gambar 13. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah Asli.....	69
Gambar 14. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah Stabilisasi menggunakan <i>Matos</i> Tanpa Rendaman Dengan Campuran 6%.....	69
Gambar 15. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah Stabilisasi menggunakan <i>Matos</i> Tanpa Rendaman Dengan Campuran 9%.....	70

Gambar 16. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah Stabilisasi menggunakan <i>Matos</i> Tanpa Rendaman Dengan Campuran 12%	71
Gambar 17. Hasil Pengujian Nilai Perbandingan CBR Tanah Stabilisasi menggunakan <i>Matos</i> Tanpa Rendaman Dengan Campuran.....	72
Gambar 18. Grafik Perbandingan Nilai CBR Tanah Stabilisasi Tanpa Rendaman dengan Bahan Stabilisasi Lainnya.....	76

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanah berguna sebagai bahan bangunan dalam pekerjaan sipil, salah satunya pada pekerjaan jalan raya, Stabilitas konstruksi perkerasan secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Namun, tidak semua lapisan tanah dasar mampu menahan beban di atasnya, Hanya tanah yang memiliki klasifikasi baik yang mampu berfungsi sebagai daya dukung.

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.

Daya dukung suatu lapisan tanah tertentu tergantung dari kepadatan tanah yang menyusun lapisan tersebut, semakin kecil **CBR** (*california bearing test*) suatu lapisan tanah dari jenis tanah tertentu maka lapisan yang dibuat di atasnya haruslah semakin tebal. Di Indonesia, jarang ditemukan tanah yang dipadatkan dan mencapai nilai **CBR** yang tinggi. Tanah lempung lunak yang biasanya berada di dataran rendah/ pantai rata-rata memiliki nilai **CBR** yang rendah.

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 kerusakan dikarenakan sifat-sifat buruk tanah di bawahnya 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 memperbaiki mutu tanah digunakan bahan pencampur yang salah satunya adalah abu ampas tebu dengan penambahan *Matos* secara kimiawi. Abu ampas tebu merupakan hasil perubahan kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni. Dan penambahan *Matos* pada kadar tertentu dapat memperbaiki mutu tanah.

Abu ampas tebu (*baggase ash*) merupakan hasil perubahan kimiawi dari pembakaran ampas tebu murni. Abu ampas tebu ini terdiri dari garam-garam anorganik dan kaya akan *silica* (Si) yang sangat potensial digunakan dalam bidang geoteknik terutama dalam perbaikan tanah.

Adapun bahan kimia yang dapat dijadikan sebagai bahan *additive* 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* kimia untuk stabilisasi tanah ditambahkan dengan abu ampas tebu, sehingga diharapkan akan dapat disimpulkan bahwa *Matos* ini dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk stabilisasi tanah.

B. Batasan Masalah

Masalah pada penelitian ini dibatasi pada nilai daya dukung tanah lempung lunak asli sebelum dan sesudah dicampur menggunakan *Matos* sebagai *stabilizing agent* dengan penambahan *baggage ash* guna pekerjaan *Subgrade* pada konstruksi jalan dengan melaksanakan pengujian-pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung. Adapun ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah terganggu (*disturbed*) pada jenis tanah lempung lunak di daerah Desa Sukajawa, kelurahan Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, Lampung Tengah – provinsi Lampung.
2. Abu ampas tebu yang digunakan adalah abu ampas tebu yang didapat dari PT. PTP Nusantara 7 Bunga Mayang Lampung Utara.

3. Bahan *additive* yang digunakan untuk stabilisasi tanah adalah *Matos* yang berasal dari PT. Watukali Capita Ciptama Yogyakarta
4. Pengujian-pengujian yang dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung antara lain, sebagai berikut :
 - a. Pengujian pada tanah asli meliputi :
 1. Uji Kadar Air
 2. Uji Berat Jenis
 3. Uji Batas-Batas *Atterberg*
 4. Uji Analisis Saringan
 5. Uji Pemadatan tanah (*Proctor Modified*)
 - b. Pengujian pada tanah + abu ampas tebu yang distabilisasi dengan *Matos* dengan kadar air optimum melalui :
 1. Uji Pemadatan
 2. Uji CBR pemeraman (*California Bearing Ratio*)

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sifat sifat fisik sampel tanah pada lokasi penelitian
2. Mengetahui peningkatan nilai daya dukung tanah lempung yang telah ditambahkan abu ampas tebu dan distabilisasi menggunakan *Matos* terhadap tanah asli di tinjau dari nilai CBR
3. Mengetahui pengaruh durasi pemeraman pada stabilisasi tanah lempung yang ditambahkan abu ampas tebu dan distabilisasi menggunakan *Matos*.
4. Mencari salah satu alternatif bahan stabilisasi untuk tanah lempung.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

Tanah merupakan lapisan kerak bumi yang berada di lapisan paling atas, yang juga merupakan tabung reaksi alami yang menyangga seluruh kehidupan yang ada di bumi. Tanah mempunyai ciri khas dan sifat-sifat yang berbeda-beda antara tanah di suatu tempat dengan tempat yang lain. Sifat-sifat tanah itu meliputi fisika dan sifat kimia. Beberapa sifat fisika tanah antara lain tekstur, struktur dan kadar lengas tanah. Untuk sifat kimia menunjukkan sifat yang dipengaruhi oleh adanya unsur maupun senyawa yang terdapat di dalam tanah tersebut.

Tanah merupakan suatu benda alam yang tersusun dari padatan (bahan mineral dan bahan organik), cairan dan gas, yang menempati permukaan daratan, menempati ruang, dan dicirikan oleh salah satu atau kedua berikut: horison-horison, atau lapisan-lapisan, yang dapat dibedakan dari bahan asalnya sebagai hasil dari suatu proses penambahan, kehilangan, pemindahan dan transformasi energi dan materi, atau berkemampuan mendukung tanaman berakar di dalam suatu lingkungan alami (Soil Survey Staff, 1999).

Tanah adalah kumpulan butiran (agregat) mineral alami yang bisa dipisahkan oleh suatu cara mekanik bila agregat termaksud diaduk dalam air (Terzaghi, 1987).

Tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat yang tidak terikat satu dengan yang lain yang diantara terdiri dari material organik, rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air. (Verhoef, 1994).

Tanah didefinisikan sebagai suatu lapisan kerak bumi yang tidak menjadi satu dengan ketebalan beragam yang berbeda dengan bahan-bahan dibawahnya, juga tidak beku dalam hal warna, bangunan fisik, struktur susunan kimiawi, sifat biologi, proses kimiawi ataupun reaksi-reaksi (Sutedjo, 1988).

Tanah didefinisikan sebagai suatu sistem tiga fase yang mengandung air, udara dan bahan-bahan mineral dan organik serta jasad-jasad hidup, yang karena pengaruh berbagai faktor lingkungan pada permukaan bumi dan kurun waktu, membentuk berbagai hasil perubahan yang memiliki ciri-ciri morfologi yang khas (Schoeder, 1972).

Pengertian tanah menurut Bowles (1984), tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis unsur-unsur sebagai berikut :

1. Berangkal (*Boulder*) adalah potongan batuan batu besar, biasanya lebih besar dari 200mm-300mm dan untuk kisaran ukuran-ukuran 150mm-250mm, batuan ini disebut kerakal (*cobbles/pebbles*).

2. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074mm–5mm, yang berkisar dari kasar (3mm–5mm) sampai halus (< 1 mm).
3. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002mm–0,074mm.
4. Lempung (*clay*) adalah partikel yang berukuran lebih dari 0,002mm, partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi dari tanah yang kohesif.
5. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam, berukuran lebih dari 0,01mm.

B. Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tetapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi memberikan suatu bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

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. Klasifikasi tanah juga berguna untuk studi yang lebih terinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Jenis dan sifat tanah yang sangat bervariasi ditentukan oleh perbandingan banyak fraksi-fraksi (kerikil, pasir, lanau dan lempung), sifat plastisitas butir halus. Klasifikasi bermaksud membagi tanah menjadi beberapa golongan tanah dengan kondisi dan sifat yang serupa diberi simbol nama yang sama.

Ada dua cara klasifikasi yang umum yang digunakan:

1. Sistem Klasifikasi AASHTO

Sistem Klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dikembangkan pada tahun 1929 dan mengalami beberapa kali revisi hingga tahun 1945 dan dipergunakan hingga sekarang, yang diajukan oleh *Commite on Classification of Material for Subgrade and Granular Type Road of the Highway Research Board* (ASTM Standar No. D-3282, AASHTO model M145). Sistem klasifikasi ini bertujuan untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*sub-base*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

a. Ukuran butir

Kerikil : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 75 mm dan tertahan pada saringan diameter 2 mm (No.10).

Pasir : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 2 mm dan tertahan pada saringan diameter 0,0075 mm (No.200).

Lanau & lempung : bagian tanah yang lolos saringan dengan diameter 0,0075 mm (No.200).

b. Plastisitas

Nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai Indeks Plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

- c. Apabila ditemukan batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

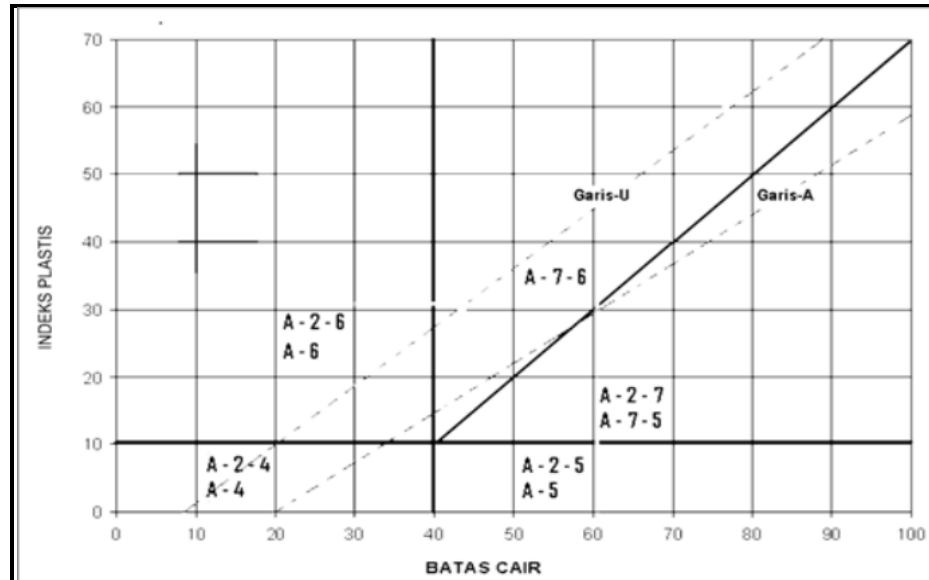
Sistem klasifikasi AASTHO membagi tanah ke dalam 7 kelompok utama yaitu A-1 sampai dengan A-7. Tanah berbutir yang 35 % atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-1, A-2, dan A-3. Tanah berbutir yang lebih dari 35 % butiran tanah tersebut lolos ayakan No. 200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5 A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung.

Untuk mengklasifikasikan tanah, maka data yang didapat dari percobaan laboratorium dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.1. Kelompok tanah dari sebelah kiri adalah kelompok tanah baik dalam menahan beban roda, juga baik untuk lapisan dasar tanah jalan. Sedangkan semakin ke kanan kualitasnya semakin berkurang

Tabel.1. Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO

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

Gambar dibawah ini menunjukkan rentang dari batas cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) untuk tanah data kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.



Gambar1. Nilai-nilai batas Atterberg untuk subkelompok tanah. (Hary Christady, 1992).

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

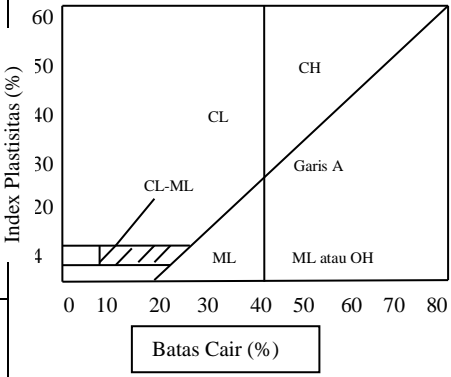
Sistem klasifikasi tanah *unified* atau *Unified Soil Classification System* (USCS) diajukan pertama kali oleh *Casagrande* dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation* (USBR) dan *United State Army Corps of Engineer* (USACE). Kemudian *American Society for Testing and Materials* (ASTM) memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah. Dalam bentuk sekarang, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik. Sistem klasifikasi USCS mengklasifikasikan tanah ke dalam dua kategori utama yaitu :

- a. Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), yaitu tanah kerikil dan pasir yang kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos saringan No.200. Simbol untuk kelompok ini adalah G untuk tanah berkerikil dan S untuk tanah berpasir. Selain itu juga dinyatakan gradasi tanah dengan simbol W untuk tanah bergradasi baik dan P untuk tanah bergradasi buruk.
- b. Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), yaitu tanah yang lebih dari 50% berat contoh tanahnya lolos dari saringan No.200. Simbol kelompok ini adalah C untuk lempung anorganik dan O untuk lanau organik. Simbol Pt digunakan untuk gambut (*peat*), dan tanah dengan kandungan organik tinggi. Plastisitas dinyatakan dengan L untuk plastisitas rendah dan H untuk plastisitas tinggi.

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		

Tabel 2.3. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi		
Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW		
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		Kerikil dengan Butiran halus	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung		
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW	
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus		
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI > 7$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair $\leq 50\%$	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 rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah					
Lanau dan lempung batas cair $\geq 50\%$	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			
			Garis A : $PI = 0.73 (LL - 20)$			
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		

Sumber : Hary Christady, 1996.

C. Tanah Lempung

1. Definisi Tanah Lempung

Tanah lempung terdiri dari berbagai golongan tekstur yang agak susah dicirikan secara umum. Sifat fisika tanah lempung umumnya terletak diantara sifat tanah pasir dan liat. Pengolahan tanah tidak terlampau berat, sifat merembeskan airnya sedang dan tidak terlalu melekat.

Tanah lempung didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran kurang dari 0,002 mm (= 2 mikron). Namun demikian, dibeberapa kasus, partikel berukuran antara 0,002 mm sampai 0,005 mm juga masih digolongkan sebagai partikel lempung. Disini tanah diklasifikasikan sebagai lempung hanya berdasarkan pada ukurannya saja. Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lempung tersebut juga mengandung mineral-mineral lempung (*clay mineral*).

2. Kriteria Tanah Lempung

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

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

Tanah Lempung mempunyai beberapa jenis, antara lain :

a. Tanah Lempung Berlanau

Lanau adalah tanah atau butiran penyusun tanah/batuan yang berukuran di antara pasir dan lempung. Sebagian besar lanau tersusun dari butiran-

butiran *quartz* yang sangat halus dan sejumlah partikel berbentuk lempengan-lempengan pipih yang merupakan pecahan dari mineral-mineral mika. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lanau adalah sebagai berikut (Das, 1991) :

- 1) Ukuran butir halus, antara 0,002 – 0,05 mm.
- 2) Bersifat kohesif.
- 3) Kenaikan air kapiler yang cukup tinggi, antara 0,76 – 7,6 m.
- 4) Permeabilitas rendah.
- 5) Potensi kembang susut rendah sampai sedang.
- 6) Proses penurunan lambat.

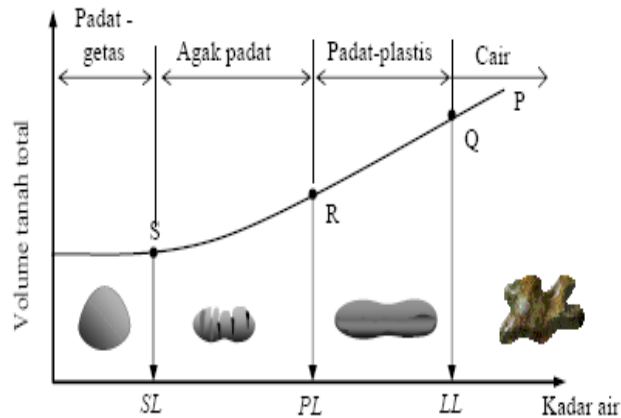
Lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung. Tanah lempung berlanau merupakan tanah yang memiliki sifat plastisitas sedang dengan Indeks Plastisitas 7-17 dan kohesif.

b. Tanah Lempung Plastisitas Rendah

Plastisitas merupakan kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak/remuk. Sifat dari plastisitas tanah lempung sangat dipengaruhi oleh besarnya kandungan air yang berada di dalamnya dan juga disebabkan adanya partikel mineral lempung dalam tanah.

Sifat dari plastisitas tanah lempung sangat dipengaruhi oleh besarnya kandungan air yang berada di dalamnya. Atas dasar air yang terkandung

didalamnya (konsistensinya) tanah dibedakan atau dipisahkan menjadi 4 keadaan dasar yaitu padat, semi padat, plastis, cair.



Gambar 2. Batas Konsistensi

Bila pada tanah yang berada pada kondisi cair (titik P) kemudian kadar airnya berkurang hingga titik Q, maka tanah menjadi lebih kaku dan tidak lagi mengalir seperti cairan. Kadar air pada titik Q ini disebut dengan batas cair (*liquid limit*) yang disimbolkan dengan LL. Bila tanah terus menjadi kering hingga titik R, tanah yang dibentuk mulai mengalami retak-retak yang mana kadar air pada batas ini disebut dengan batas plastis (*plastic limit*), PL. Rentang kadar air dimana tanah berada dalam kondisi plastis, antara titik Q dan R, disebut dengan indeks plastisitas (*plasticity index*), PI, yang dirumuskan :

$$PI = LL - PL$$

dengan,

LL = Batas Cair (*Liquid Limit*)

PL = Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Dari Nilai PI yang dihitung dengan persamaan diatas akan ditentukan berdasarkan (Atterberg, 1911). Adapun batasan mengenai indeks

plastisitas tanah ditinjau dari sifat dan kohesi, seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 4. Nilai indeks plastisitas dan sifat tanah (Hardiyatmo, 2002)

PI %	Sifat	Tanah Kohesi
0	Non Plastis	Non Kohesif
< 7	Plastisitas Rendah	Kohesi Sebagian
7 - 17	Plastisitas Sedang	Kohesif
> 17	Plastisitas Tinggi	Kohesif

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa lempung plastisitas rendah memiliki nilai indeks plastisitas (PI) < 7 % dan memiliki sifat kohesi sebagian yang disebabkan oleh mineral yang terkandung didalamnya. Dalam sistem klasifikasi *unified* (Das, 1995) tanah lempung plastisitas rendah memiliki simbol kelompok CL yaitu tanah berbutir halus 50% atau lebih, lolos ayakan No. 200 dan memiliki batas cair (LL) \leq 50 %.

c. Tanah Lempung Berpasir

Pasir merupakan partikel penyusun tanah yang sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Sifat-sifat yang dimiliki tanah pasir adalah sebagai berikut (Das, 1991):

- 1) Ukuran butiran antara 2 mm – 0,075 mm.
- 2) Bersifat non kohesif.
- 3) Kenaikan air kapiler yang rendah, antara 0,12 – 1,2 m.

- 4) Memiliki nilai koefisien permeabilitas antara 1,0 – 0,001 cm/det.
- 5) Proses penurunan sedang sampai cepat.

Klasifikasi tanah tergantung pada analisis ukuran butiran, distribusi ukuran butiran, dan batas konsistensi tanah. Perubahan klasifikasi utama dengan penambahan ataupun pengurangan persentase yang lolos saringan no.4 atau no.200 adalah alasan diperlukannya mengikutsertakan deskripsi verbal beserta simbol-simbolnya, seperti pasir berlempung, lempung berlanau, lempung berpasir dan sebagainya.

Pada tanah lempung berpasir persentase didominasi oleh partikel lempung dan pasir walaupun terkadang juga terdapat sedikit kandungan kerikil ataupun lanau. Identifikasi tanah lempung berpasir dapat ditinjau dari ukuran butiran, distribusi ukuran butiran dan observasi secara visual. Sedangkan untuk batas konsistensi tanah digunakan sebagai data pendukung identifikasi karena batas konsistensi tanah lempung berpasir disuatu daerah dengan daerah lainnya akan berbeda tergantung jenis dan jumlah mineral lempung yang terkandung di dalamnya.

Suatu tanah dapat dikatakan lempung berpasir bila lebih dari 50% mengandung butiran lebih kecil dari 0,002 mm dan sebagian besar lainnya mengandung butiran antara 2 – 0,075 mm. Pada Sistem Klasifikasi *Unified* (ASTM D 2487-66T) tanah lempung berpasir digolongkan pada tanah dengan simbol CL yang artinya tanah lempung berpasir memiliki sifat kohesi sebagian karena nilai plastisitasnya rendah ($PI < 7$).

Untuk tanah urugan dan tanah pondasi, Sistem Klasifikasi *Unified* mengklasifikasikan tanah lempung berpasir sebagai (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1988).:

- 1) Stabil atau cocok untuk inti dan selimut kedap air.
- 2) Memiliki koefisien permeabilitas.
- 3) Efektif menggunakan penggilas kaki domba dan penggilas dengan ban bertekanan untuk pemadatan di lapangan.
- 4) Berat volume kering 1,52-1,92 t/m³.
- 5) Daya dukung tanah baik sampai buruk.

Penggunaan untuk saluran dan jalan, Sistem Klasifikasi *Unified* mengklasifikasikan tanah lempung berpasir sebagai (Sosrodarsono dan Nakazawa, 1988). :

- 1) Cukup baik sampai baik sebagai pondasi jika tidak ada pembekuan.
- 2) Tidak cocok sebagai lapisan tanah dasar untuk perkerasan jalan.
- 3) Sedang sampai tinggi kemungkinan terjadi pembekuan.
- 4) Memiliki tingkat kompresibilitas dan pengembangan yang sedang.
- 5) Sifat drainase kedap air.
- 6) Alat pemadatan lapangan yang cocok digunakan penggilas kaki domba dan penggilas dengan ban bertekanan.
- 7) Berat volume kering antara 1,6 – 2 t/m³.
- 8) Memiliki nilai CBR lapangan antara 5-15 %.
- 9) Koefisien reaksi permukaan bawah 2,8 – 5,5 kg/cm³.

3. Jenis Mineral Lempung

a. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan anggota kelompok *kaolinite serpentin*, yaitu *hidrus alumino silikat* dengan rumus kimia $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$. Kekokohan sifat struktur dari partikel *kaolinite* menyebabkan sifat-sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut *kaolinite* menjadi rendah.

b. *Illite*

Illite adalah mineral bermika yang sering dikenal sebagai *mika tanha* dan merupakan mika yang berukuran lempung. Istilah *illite* dipakai untuk tanah berbutir halus, sedangkan tanah berbutir kasar disebut *mika hidrus*. Rumus kimia *illite* adalah $\text{K}_y\text{Al}_2(\text{Fe}_2\text{Mg}_2\text{Mg}_3)(\text{Si}_{4y}\text{Al}_y)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$.

c. *Montmorilonite*

Mineral ini memiliki potensi plastisitas dan mengembang atau menyusut yang tinggi sehingga bersifat plastis pada keadaan basah dan keras pada keadaan kering. Rumus kimia *montmorilonite* adalah $\text{Al}_2\text{Mg}(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$.

4. Sifat-Sifat Umum Mineral Lempung :

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

b. Aktivitas (A)

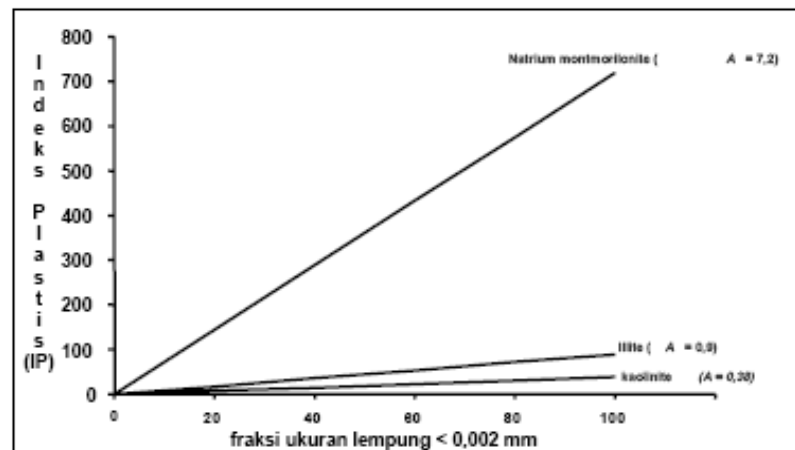
Mendefinisikan aktivitas tanah lempung sebagai perbandingan antara Indeks Plastisitas (PI) dengan presentase butiran yang lebih kecil dari 0,002 mm atau dapat pula dituliskan sebagai persamaan berikut:

$$A = \frac{PI}{\% \text{ berat fraksi berukuran lempung}}$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang dari suatu tanah lempung. Ketebalan air mengelilingi butiran tanah lempung tergantung dari macam mineralnya. Jadi dapat disimpulkan plastisitas tanah lempung tergantung dari (Kempton, 1953).

- 1) Sifat mineral lempung yang ada pada butiran
- 2) Jumlah mineral

Bila ukuran butiran semakin kecil, maka luas permukaan butiran akan semakin besar. Pada konsep *Atterberg*, jumlah air yang tertarik oleh permukaan partikel tanah akan bergantung pada jumlah partikel lempung yang ada di dalam tanah.



Gambar.3. Variasi indeks plastisitas dengan persen fraksi lempung
(Hary Christady, 2006).

Gambar di atas mengklasifikasikan mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya, yaitu :

- 1) *Montmorillonite* : Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 7,2$
- 2) *Illite*: Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,9$ dan $< 7,2$
- 3) *Kaolinite*: Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,38$ dan $< 0,9$
- 4) *Polygorskite*: Tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $< 0,38$

c. Flokulasi dan Disversi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkristal (*amorphous*) maka daya negatif netto, ion-ion H^+ di dalam air, gaya *Van der Waals*, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau

bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. Beberapa partikel yang tertarik akan membentuk flok (*flock*) yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk endapan yang sangat lepas. Flokulasi larutan dapat dinetralkan dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H⁺), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

D. AMPAS TEBU

Bagasse (ampas tebu) merupakan limbah berserat yang diperoleh dari hasil samping proses penggilingan tanaman tebu (*Saccharum officinarum*). Ampas ini sebagian besar mengandung bahan-bahan *lignoselulosa*. *Bagasse* mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3%, dan serat rata-rata 47,7%. Serat *bagasse* sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin dan tidak dapat larut dalam air. Menurut Lavarack *et al.* (2002) *bagasse* merupakan hasil samping proses pembuatan gula tebu (*sugarcane*) mengandung residu berupa serat, minimal 50% serat *bagasse* diperlukan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan 50% sisanya hanya ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomi rendah. Penimbunan *bagasse* dalam kurun waktu tertentu akan menimbulkan permasalahan bagi pabrik. Mengingat bahan ini berpotensi mudah terbakar mengotori lingkungan sekitar, dan menyita lahan yang cukup luas untuk penyimpanannya. Potensi *bagasse* di Indonesia sangat melimpah khususnya di luar pulau Jawa. Menurut Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) tahun 2008, komposisi rata-rata hasil samping industri gula di Indonesia

terdiri dari limbah cair 52,9%, blotong 3,5%, ampas tebu (*bagasse*) 32,0%, tetes tebu (*molasses*) 4,5%, dan gula 7,05% serta abu 0,1%.

Besarnya jumlah *bagasse* yang belum dimanfaatkan mendorong para peneliti untuk mengembangkan potensi *bagasse* agar memiliki nilai ekonomi. Berikut kandungan lignoselulosa pada *bagasse* (Howard, *et al.* 2003):

Tabel 5. kandungan lignoselulosa pada *bagasse*

Nama Bahan	Jumlah (%)
Selulosa	33.4
Hemiselulosa	30
Lignin	18.9

(sumber: Howard *et al.* 2003)

Selulosa merupakan polimer linier dari D-glukosa yang terikat pada ikatan 1,4 glikosidik dan sangat erat berasosiasi dengan hemiselulosa dan lignin. Hemiselulosa merupakan salah satu penyusun dinding sel tumbuhan yang terdiri dari kumpulan beberapa unit gula atau heteropolisakarida dan dikelompokkan berdasarkan residu gula utama sebagai penyusunnya seperti xilan, mannan, galactan dan glucan (Fengel dan Wegener, 1995). Menurut Perez dkk, (2002), hemiselulosa mempunyai berat molekul rendah dibandingkan dengan selulosa dan terdiri dari D-xilosa, D-mannosa, D-galaktosa, D-glukosa, L-arabinosa, 4-0-metil glukoronat, D-galakturonat dan asam D-glukoronat. Lignin merupakan polimer aromatic yang berasosiasi dengan polisakarida pada dinding sel sekunder tanaman. Pada umumnya, lignin mengandung tiga jenis alkohol aromatik yaitu coniferyl, sinapyl dan p-coumaryl (Howard dkk, 2003).

Pada proses penggilingan ampas tebu, terdapat lima kali proses penggilingan dari batang tebu hingga dihasilkan ampas tebu. Pada penggilingan pertama dan kedua di hasilkan nira mentah yang berwarna kuning kecoklatan. Kemudian pada penggilingan proses ketiga, keempat dan kelima menghasilkan nira dengan volume yang tidak sama. Setelah proses penggilingan awal, yaitu penggilingan pertama

dan kedua dihasilkan ampas tebu basah. Untuk mendapat nira yang optimal, pada hasil penggilingan ampas kedua harus ditambahkan susu kapur 3Be yang berfungsi sebagai senyawa yang mampu menyerap nira dari ampas tebu sehingga pada penggilingan ketiga nira masih dapat diserap meskipun volume nya lebih sedikit dari penggilingan kedua. Pada penggilingan berikutnya hingga kelima ditambahkan susu kapur 3Be dengan volume yang berbeda beda tergantung sedikit banyaknya nira yang masih dihasilkan.

Tiap produksi pabrik gula selalu menghasilkan limbah yang berupa limbah padat, cair dan gas, yaitu ampas tebu (*bagasse*), abu boiler dan blotong (*filter cake*). Ampas tebu merupakan hasil limbah padat yang berasal dari pemerasan batang tebu ini banyak mengandung serat dan gabus. Pembungan ampas tebu dapat membawa masalah sebab ampas tebu bersifat meruah sehingga memerlukan area penyimpanan yang luas. Ampas mudah terbakar karena ampas banyak mengandung air, gula, serat, dan mikroba sehingga bila tertumpuk akan termentasi dan melepaskan panas, Untuk mengatasi kelebihan ampas tebu adalah dengan membakarnya untuk mengurangi ampas tebu, pembakaran ampas tebu inilah yang menghasilkan ampas tebu.

E. 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/cm³ 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 0,05 mm. Lapisan ini memiliki kekuatan yang luar biasa, kira-kira 200.000 kg untuk setiap 1 mm², untuk memindahkan lapisan air ini, dibutuhkan energi yang besar. Sifat air yang melekat ini agak berbeda dengan air biasa yang kita ketahui. 1 cc = 1 gram pada suhu 40°C untuk air normal, tetapi air ini adalah 1 cc = 1,4 gram.

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

Pada saat penggunaan *Matos*, kita harus melarutkannya ke dalam air pada tingkat kelarutan (*molaritas*) 10%. Beragamnya komponen *Matos*.

memperlemah fungsi negatif dari humus dan akan menurunkan kadar humus itu sendiri. Kemudian, *kation kalsium* (Ca⁺⁺) pada semen dapat menempel langsung dipermukaan tanah.



Gambar 4. Matos

Matos menghilangkan efek penghambatan ikatan ion, sehingga partikel tanah menjadi lebih mudah bermuatan ion negatif (anion), sehingga *kation* Ca^{++} dapat mengikat langsung dengan mudah pada partikel tanah dan membantu menyuplai lebih banyak ion pengganti dan membentuk senyawa asam *aluminium silica* sehingga membentuk struktur sarang lebah tiga dimensi diantara partikel tanah. Kalau pencampuran semen yang mengandung *sulfur* (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 intensif akan bertambah banyak dan membesar yang nantinya membentuk rongga-rongga micron yang bias menyerap air (*porositas*), sehingga tidak akan terjadi keretakan.

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

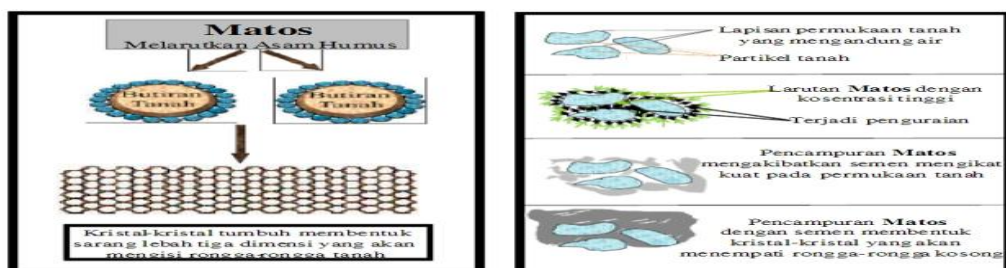
ditambahkan ke dalam tanah dan aduk lagi untuk memastikan campuran telah dicampur secara menyeluruh.

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



Gambar 5. Proses Pengikatan *Matos*

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

Tabel 6. Hasil pengujian tanah dengan menggunakan *Matos* sampel tanah daerah Godean.

No	Pengujian	Persentase Variasi Campuran Portland Cement					
		0	1	2	3	4	5
1	Kadar Air Tanah Asli (%)	12.02	-	-	-	-	-
2	Gravitasi Khas (<i>Specific Gravity</i>)	2.671	2.795	2.815	2.824	2.842	2.855
3	Gradasi Butiran						
	- Clay (%)	0	0	0	0	0	0
	- Silt (%)	21.31	17.04	16.94	16.63	13.58	10.57
	- Sand (%)	78.69	82.96	83.06	83.37	86.42	89.43
4	Batas-batas Konsistensi						
	- Liquid Limit (%)	NON PLASTIS					
	- Plastic Limit (%)						
	- Shrinkage Limit (%)						
	- Indeks Plastisitas (IP) (%)						
5	Compaction Test						
	- Berat Isi Kering (δd) t/m^3	1.563	1.745	1.795	1.622	1.869	1.906
	- Kadar Air Optimum (OMC) (%)	20.18	19.86	18.13	18.76	14.76	13.27
6	California Bearing Ratio (CBR)						
	- CBR Umur Benda Uji 1 Hari (%)	12.62	35.25	48.38	70	82.5	98.98
	- CBR Umur Benda Uji 7 Hari (%)	12.62	70.51	91.62	117.68	126.44	133.62
	- CBR Umur Benda Uji 14 Hari (%)	12.62	93.16	106.46	133.92	146.19	165.5

Sumber : Laboratorium Mekanika Tanah Program Diploma Teknik Sipil UGM,

2010

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 di atasnya (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 6. 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^{++} , menetralkan 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

F. *California Bearing Ratio (CBR Method)*

Metode perencanaan perkerasan jalan yang umum dipakai adalah cara-cara empiris dan yang biasa dikenal adalah cara CBR (*California Bearing 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 inch) ke dalam tanah untuk mencapai penurunan (penetrasi) tertentu dengan beban yang diperlukan pada penekanan piston terhadap material batu pecah di California pada penetrasi yang sama (Canonica, 1991).

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

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

1. Penetrasi 0,1'' (0,254 cm)

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P1}{1000} \times 100\%$$

2. Penetrasi 0,2'' (0,508 cm)

$$\text{CBR (\%)} = \frac{P2}{1500} \times 100\%$$

dengan :

P1 : tekanan uji pada penetrasi 0,1'' (g/cm^3).

P2 : tekanan uji pada penetrasi 0,2'' (g/cm^3).

Dari kedua nilai perhitungan tersebut digunakan nilai terbesar.

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

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

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

1. Jenis Jenis CBR

a) CBR Lapangan

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

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

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

b) CBR Lapangan Rendaman

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

Pemeriksaan dilakukan dengan mengambil contoh tanah dalam *mold* yang ditekan masuk ke dalam tanah mencapai kedalaman yang diinginkan. *Mold* berisi contoh tanah dikeluarkan dan direndam dalam air selama beberapa hari sambil di ukur pengembangannya (*swelling*). Setelah pengembangan tak lagi terjadi baru dilaksanakan pemeriksaan besarnya CBR.

c) CBR Rencana Titik

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

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

Pemeriksaan CBR laboratorium dilaksanakan dengan dua macam metode yaitu CBR laboratorium rendaman (*soaked design* CBR) dan CBR laboratorium tanpa rendaman (*unsoaked design* CBR) (Sukirman, 1992).

Hal yang membedakan pada dua macam metode tersebut adalah contoh tanah atau benda uji sebelum dilakukan pemeriksaan CBR.

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

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

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

2. Pengujian Kekuatan dengan CBR

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

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

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

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.

G. Tinjauan Penelitian Terdahulu

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

1. Stabilisasi tanah menggunakan *Matos* melalui uji UCS

Penelitian yang dilakukan oleh Teguh Widodo (Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta) dan rahmat Imron Qosari (Alumni Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Janabadra Yogyakarta) mengenai Efektifitas Penambahan *Matos* Pada Stabilisasi Semen Tanah Berbutir Halus. Pada penelitian ini sampel tanah yang digunakan merupakan sampel tanah yang diambil dari Dukuh Perengdawe, Desa Balecatur, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman.

Dengan hasil yaitu peningkatan nilai UCS tanah-semen-*Matos* terhadap nilai UCS tanah-semen adalah 9,47% (penambahan semen 4%), 13,58 (penambahan semen 8%), dan 17,25 % (penambahan semen 12%).

2. Stabilisasi Tanah Menggunakan Abu Ampas Tebu

1. Dengan penambahan bahan campuran berupa abu ampas tebu dan kapur berpengaruh terhadap karakteristik tanah lempung ekspansif di Kec,Ngasem Bojonegoro, antara lain: Nilai *specific gravity* mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli, yaitu sebesar 2,211 pada penambahan 8% abu ampas tebu dan kadar kapur 4%.

Nilai batas cair mengalami penurunan dibandingkan dengan tanah asli dari 104% menjadi 60,71% dengan tambahan kadar abu ampas tebu 8% dan kadar kapur 4%.

Untuk nilai batas plastis dan batas susut tanah mengalami peningkatan dibandingkan tanah asli, yaitu sebesar 50,72% pada campuran dengan kadar kapur 4% untuk batas plastis dan 47,74% pada campuran dengan kadar kapur 8% untuk batas susutnya.

Sedangkan untuk nilai indeks plastisitasnya mengalami penurunan dibandingkan tanah asli, yaitu sebesar 9,99% pada campuran dengan kadar kapur 4%.

Nilai kadar air optimum mengalami peningkatan dibandingkan tanah asli dan nilai berat isi kering maksimum mengalami penurunan pada pemadatan.

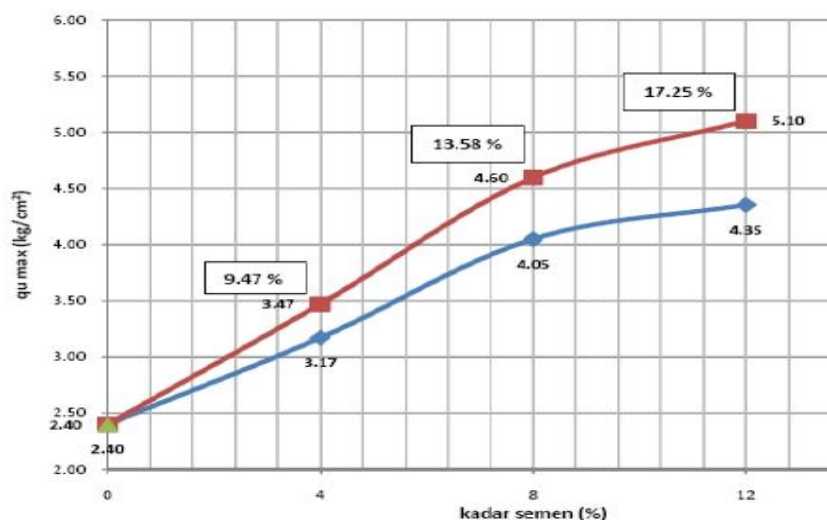
3. Penelitian Lain Yang Menggunakan *Matos*

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian pada jurnal teknik oleh Teguh Widodo dan Rahmat Imron Qomsari 2011 mengenai Efektifitas Penambahan *Matos* Pada Stabilisasi Temen Tanah Berbutir Halus didapat peningkatan nilai UCS seperti pada Tabel dibawah ini :

Tabel 7. Peningkatan Nilai UCS terhadap Kadar PC

Kadar Campuran PC	Nilai UCS
0	2,4 kg/cm ²
4	9,47 kg/cm ²
8	13,58 kg/cm ²
12	17,25 kg/cm ²

Dan grafik perbandingan nilai UCS tanah semen dan tanah semen yang telah distabilisasi dengan *Matos* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 7. Grafik Perbandingan Nilai UCS Stabilisasi Terhadap Tanah Semen (Teguh Widodo dan Rahmat Imron Qomsari 2011)

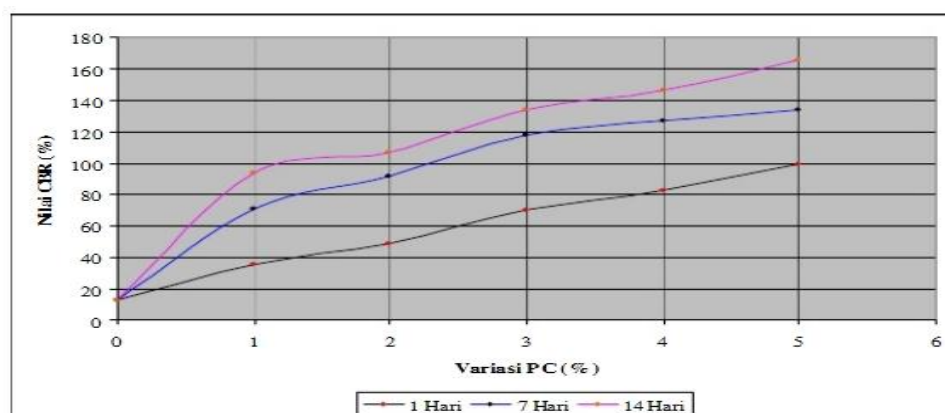
Pada hasil laporan pemeriksaan tanah proyek perkerasan *Matos Soil Stabilizer* yang dilakukan oleh Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UGM, 2010 didapat hasil peningkatan nilai CBR setiap penambahan kadar campuran PC terhadap tanah asli yang berasal dari Desa Jering, Godean, Kulon Progo, DI Yogyakarta seperti terlihat pada Tabel dibawah ini :

Tabel 8. Peningkatan Nilai CBR terhadap Kadar PC

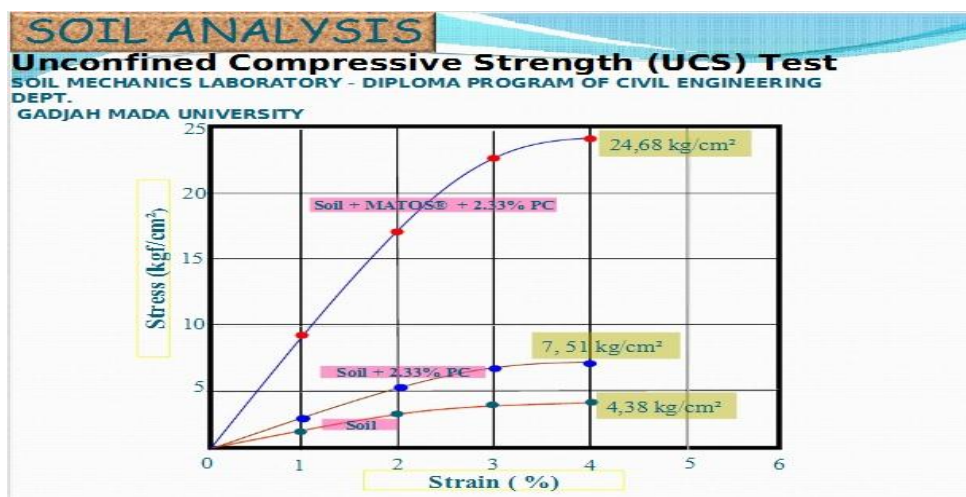
Pengujian	Persentase Kadar Campuran <i>Portland Cement</i>					
	0	1	2	3	4	5
CBR Umur Benda Uji 1 Hari	12,62	35,25	48,38	70	82,5	98,98
CBR Umur Benda Uji 7 Hari	12,62	70,51	91,62	117,68	126,44	233,62
CBR Umur Benda Uji 14 Hari	12,62	93,16	106,46	133,92	146,19	165,5

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

Dan grafik perbandingan nilai CBR tanah tanah asli yang berasal dari Desa Jering, Godean, Kulon Progo, DI Yogyakarta yang telah distabilisasi



Gambar 8. Grafik hubungan kenaikan nilai CBR dengan menggunakan Matos, berdasarkan variasi campuran semen dan masa perawatan benda uji dari sampel tanah daerah Godean (Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil UGM 2010).



Gambar 9. Grafik hubungan kenaikan nilai UCS dengan menggunakan Matos, berdasarkan variasi campuran semen dan masa perawatan benda uji (Laboratorium Mekanika Tanah Program Diploma Teknik Sipil UGM 2010)

Hal ini menunjukkan bahwa setiap penambahan kadar *Portland Cement* akan meningkatkan nilai kekuatan atau daya dukung tanah baik dari uji UCS maupun uji CBR, demikian halnya setiap peningkatan durasi perawatan benda uji terstabilisasi akan semakin meningkatkan kekuatan atau daya dukung tanah tersebut jika ditinjau terhadap nilai uji CBR dan UCS.

III. METODE PENELITIAN

A. Pengambilan Sampel

Pekerjaan lapangan yang dilakukan adalah pengambilan sampel tanah. Sampel tanah yang diambil yaitu tanah terganggu (*disturb soil*) dan tanah tidak terganggu (*undisturb soil*). Akan tetapi dalam penelitian ini cukup dengan pengambilan sampel dengan cara *disturb soil* (tanah terganggu) yaitu pada jenis tanah lempung lunak di Desa Sukajawa, kelurahan Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, Lampung Tengah – provinsi Lampung. Sampel tanah diambil di beberapa titik pada lokasi pengambilan sampel, hal ini dilakukan agar sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel.

Sampel tanah yang diambil tidak perlu adanya usaha yang dilakukan untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. Sampel tanah tersebut digunakan untuk pengujian analisis saringan, batas-batas konsistensi, pemadatan (*proctor modified*) dan CBR. Pengambilan sampel tanah terganggu (*disturb*) cukup dimasukkan kedalam karung plastik atau pembungkus lainnya.

B. Peralatan

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

C. Benda Uji

1. Sampel tanah yang di uji pada penelitian ini yaitu tanah lunak dengan klasifikasi lempung lunak yang berasal dari Desa Sukajawa, kelurahan Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, lampung tengah – provinsi Lampung.
2. Air yang berasal dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
3. Abu ampas tebu (*bagasse ash*) yang didapat dari PTP Nusantara 7 bunga mayang lampung utara.
4. *Stabilizing agent* yaitu *Matos*.

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 :

1. Nilai Kadar Air
2. Nilai Uji Analisa Saringan

3. Nilai Berat Jenis
 4. Nilai Batas *Atterberg*
 5. Nilai Uji Pemadatan Tanah (*proctor modified*)
 6. 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 + *bagasse ash* + *Matos* dan air pada kadar air optimum. Data 2 yang akan didapat dari penelitian ini berupa :

1. Nilai CBR (pemeraman)

E. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan *Matos*

Metode pencampuran tanah asli dengan *Matos* adalah :

1. Abu ampas tebu dicampur dengan sampel tanah yang telah ditumbuk (butir aslinya tidak pecah) dan lolos saringan No. 4 (4,75 mm) dengan persentase abu ampas tebu 6,%, 9% dan 12%.
2. *Matos* dilarutkan dengan air pada kadar air optimum lalu dicampur pada tanah + abu ampas tebu dengan kadar campuran *Matos* 1 kg untuk 1m³ tanah asli.
3. Tanah + abu ampas tebu yang sudah tercampur *Matos* dipadatkan lalu diperam selama 1 hari lalu dilakukan pengujian CBR, dan seterusnya berturut turut untuk pemeraman sampai 7, 14, 21 dan 28 hari.

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 tanpa tambahan zat *additive* (data 1) dan tanah yang telah ditambahkan zat *additive* atau yang telah distabilisasi (data 2), adapun pengujian untuk tanah yang ditambahkan zat *additive* tersebut adalah uji CBR.

1. Uji Kadar Air

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

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-2216, yaitu :

- a. Menimbang cawan yang akan digunakan dan memasukkan benda uji kedalam cawan dan menimbangnyanya.
- 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 :

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

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

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

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).

Adapun cara kerja berdasarkan ASTM D-422, yaitu :

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

Perhitungan :

- a) Berat masing-masing saringan (W_{ci})

- b) Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan (W_{bi})
- c) Berat tanah yang tertahan (W_{ai}) = $W_{bi} - W_{ci}$
- d) Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan ($\sum W_{ai} \approx W_{tot}$)
- e) Persentase berat tanah yang tertahan di atas masing-masing saringan (P_i)

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

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

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

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

Dimana :

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

3. Uji Batas Atterberg

Pada Uji Batas Atterberg ini dilakukan dua pengujian, yaitu :

- a. Batas Cair (*Liquid Limit*)

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

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

1. Mengayak sampel tanah yang sudah dihancurkan dengan menggunakan saringan No. 40.
2. Mengatur tinggi jatuh mangkuk Casagrande setinggi 10 mm.

3. Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No. 40, kemudian diberi air sedikit demi sedikit dan aduk hingga merata, kemudian dimasukkan kedalam mangkuk casagrande dan meratakan permukaan adonan sehingga sejajar dengan alas.
4. Membuat alur tepat ditengah-tengah dengan membagi benda uji dalam mangkuk cassagrande tersebut dengan menggunakan *grooving tool*.
5. Memutar tuas pemutar sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang 13 mm sambil menghitung jumlah ketukan dengan jumlah ketukan harus berada diantara 10 – 40 kali.
6. Mengambil sebagian benda uji di bagian tengah mangkuk untuk pemeriksaan kadar air dan melakukan langkah kerja yang sama untuk benda uji dengan keadaan adonan benda uji yang berbeda sehingga diperoleh 4 macam benda uji dengan jumlah ketukan yang berbeda yaitu 2 buah dibawah 25 ketukan dan 2 buah di atas 25 ketukan.

Perhitungan :

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

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 *picnometer* dan tanah kering (gram)

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

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

5. Uji Pemadatan Tanah (*Proctor Modified*)

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

Adapun langkah kerja pengujian pemadatan tanah, antara lain :

a. Penambahan air

1. Mengambil tanah sebanyak 15 kg dengan menggunakan karung goni lalu dijemur.
2. Setelah kering tanah yang masih menggumpal dihancurkan dengan tangan.
3. Butiran tanah yang telah terpisah diayak dengan saringan No. 4.
4. Butiran tanah yang lolos saringan No. 4 dipindahkan atas 6 bagian, masing-masing 2.5 kg, masukkan masing-masing bagian kedalam plastik dan ikat rapat-rapat.

5. Mengambil sebagian butiran tanah yang mewakili sampel tanah untuk menentukan kadar air awal.
6. Mengambil tanah seberat 2.5 kg, menambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan tanah sampai merata. Bila tanah yang diaduk telah merata, dikepalkan dengan tangan. Bila tangan dibuka, tanah tidak hancur dan tidak lengket ditangan. Setelah dapat campuran tanah, mencatat berapa cc air yang ditambahkan untuk setiap 2.5 kg tanah.
7. Penambahan air untuk setiap sampel tanah dalam plastik dapat dihitung dengan rumus :

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

Dimana :

W = Berat tanah

Wb = Kadar air yang dibutuhkan

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

8. Sesuai perhitungan, lalu melakukan penambahan air setiap 2.5 kg sampel diatas pan dan mengaduknya sampai rata dengan tembok pengaduk.
- b. Pematatan tanah
1. Menimbang *mold* standar beserta alas.
 2. Memasang *collar* pada *mold*, lalu meletakkannya di atas papan.
 3. Mengambil salah satu sampel yang telah ditambahkan air sesuai dengan penambahannya.
 4. Dengan *proctor modified*, tanah dibagi kedalam 5 bagian. Bagian pertama dimasukkan kedalam *mold*, ditumbuk 25 kali sampai merata.

Lakukan untuk bagian kedua, ketiga, keempat, dan kelima, sehingga bagian kelima mengisi sebagian collar (berada sedikit diatas tinggi Mold).

5. Melepaskan *collar* dan meratakan permukaan tanah pada *mold* dengan menggunakan pisau pemotong.
6. Menimbang *mold* berikut alas dan tanah didalamnya.
7. Mengeluarkan tanah dari *mold* dengan extruder, ambil bagian tanah (atas dan bawah) dengan menggunakan 2 container untuk pemeriksaan kadar air (ω).
8. Mengulangi langkah kerja b.2 sampai b.7 untuk sampel tanah lainnya, maka akan didapatkan 6 data pepadatan tanah.

Perhitungan :

- Kadar air :

a) Berat cawan + berat tanah basah = W_1 (gr)

b) Berat cawan + berat tanah kering = W_2 (gr)

c) Berat air = $W_1 - W_2$ (gr)

d) Berat cawan = W_c (gr)

e) Berat tanah kering = $W_2 - W_c$ (gr)

f) Kadar air (ω) = $\frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c}$ (%)

- Berat isi :

a) Berat *mold* = W_m (gr)

b) Berat *mold* + sampel = W_{ms} (gr)

c) Berat tanah (W) = $W_{ms} - W_m$ (gr)

- d) Volume *mold* = $V \text{ (cm}^3\text{)}$
- e) Berat volume = $W/V \text{ (gr/cm}^3\text{)}$
- f) Kadar air (w)
- g) Berat volume kering (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \times 100 \quad (\text{gr/cm}^3)$$
- h) Berat volume *zero air void* (γ_z)

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

6. Uji CBR (*California Bearing Ratio*)

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

Adapun langkah kerja pengujian CBR ini, antara lain :

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

- b. Menentukan penambahan air dengan rumus :

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

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 abu ampas tebu dengan tanah yang telah diperam selama 24 jam.

- e. Mencampur serbuk *Matos* yang telah dilarutkan oleh air pada kadar air optimum dengan tanah yang telah ditambahkan abu ampas tebu.
- f. Memasukkan sampel kedalam *modal* lalu menumbuk secara merata. Melakukan penumbukan sampel dalam *modal* 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 *modal* lalu menimbang *modal* berikut sampel tersebut.
- h. Mengambil sebagian sampel yang tidak terpakai untuk memeriksa kadar air.
- i. Setelah itu proses pemeraman dilakukan pengujian CBR.

Perhitungan :

1. Berat *modal* = W_m (gram)
2. Berat *modal* + sampel = W_{ms} (gram)
3. Berat sampel (W_s) = $W_{ms} - W_m$ (gram)
4. Volume *modal* = V
5. Berat Volume = W_s / V (gr/cm³)
6. Kadar air = ω
7. Berat volume kering (γ_d)

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

8. Harga CBR :

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

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

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.
 - i) 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.
 - c. Tentukan berat dari sampel laboratorium yang akan digunakan untuk penentuan CBR.
 - d. Perhitungan penentuan kadar *matos* / sampel tanah :

$$\text{MDD} = 1396 \text{ kg/m}^3 ;$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Sampel Laboratorium} &= (5 \text{ kg} \times 1 \text{ kg/m}^3) : 1396 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 0,00347222 \text{ kg} \\
 &= 3.5817 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

- j) 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.
- k) 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.
- l) Tambahkan kadar abu ampas tebu dan aplikasikan pada sampel, lalu *matos* larutkan ke dalam air pada kadar air optimum dan aplikasikan pada sampel, lalu tempatkan tanah perlakuan *matos* dalam kantong plastik dalam kondisi lepas dan peram selama 24 jam.
- m) Memberi kode/nama pada mold untuk masing-masing sampel yang akan digunakan untuk proses pemadatan. Kode pada mold untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel 11. di bawah ini :

Tabel 10. Kode pada mold untuk kadar abu ampas tebu dan *matos* pada variasi jumlah tumbukan

Kadar Abu ampas tebu	Kadar <i>Matos</i>	Jumlah Sampel	Jumlah Tumbukan		
			10x	25x	55x
			Kode Mold	Kode Mold	Kode Mold
6,%, 9%, 12%.	3,5817 gr	3	1A	1B	1C

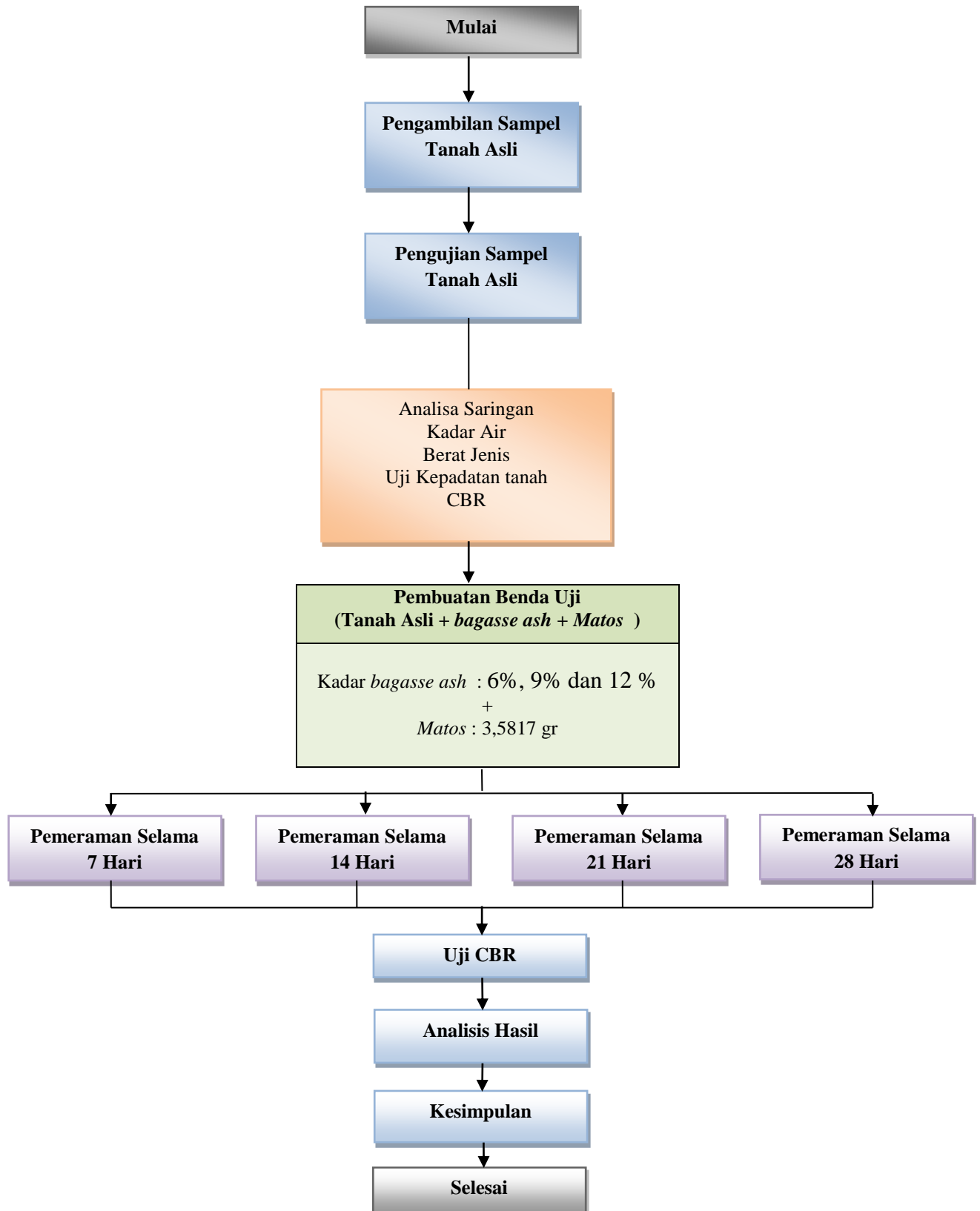
- n) Padatkan sampel tanah yang telah mengalami perlakuan dalam cetakan CBR dalam 5 lapisan pemadatan.
- o) Lakukan uji CBR pada pemeraman selama 7, 14, 21 dan 28 hari guna membandingkan pengaruh waktu pemeraman.

H. Analisis Hasil Penelitian

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

1. Hasil dari pengujian sampel tanah asli yang didapat, ditampilkan dalam bentuk tabel dan digolongkan berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO. Dari hasil pengujian sampel tanah asli, didapatkan data pengujian seperti : uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas *atterberg*, uji pemadatan tanah, uji CBR serta kadar air optimum untuk selanjutnya dilakukan pencampuran.
2. Dari hasil pengujian CBR terhadap campuran kadar *matos* 3,5817 gr pada penambahan abu ampas tebu 6%, 9% dan 12 % setelah waktu pemeraman selama 7, 14, 21 dan 28 hari ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.
3. Hasil pengujian parameter CBR, nilai kekuatan daya dukung campuran akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara nilai peningkatan/penurunan nilai CBR dalam kondisi pemeraman selama 7, 14, 21 dan 28 hari. Dari tabel dan grafik nilai CBR tersebut maka akan didapatkan penjelasan mengenai perbandingan kualitas daya dukung tanah yang terjadi pada masing-masing penetrasi.

4. Dari hasil pengujian berat jenis didapatkan hasil pengujian yang ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari tabel dan grafik nilai berat jenis tersebut maka akan didapatkan penjelasan perbandingan antara berat jenis tanah asli dan tanah yang telah dicampur oleh abu ampas tebu dan distabilisasi dengan *matos*.
5. Dari hasil pengujian laboratorium untuk parameter batas-batas konsistensi yang terdiri dari 3 parameter yaitu batas plastis (PL), batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI), yang kemudian dipaparkan hasilnya bentuk tabel dan grafik. Dari tabel dan grafik nilai batas cair dan batas plastis tersebut maka akan didapatkan penjelasan perbandingan antara tanah asli dan tanah yang telah dicampur oleh abu ampas tebu dan distabilisasi dengan *matos* dengan nilai batas cair dan batas plastisnya (batas *atterberg*)
6. Dari seluruh analisis hasil penelitian tersebut, maka akan dapat ditarik kesimpulan berdasarkan tabel dan grafik yang telah ada terhadap hasil penelitian yang didapat.



Gambar 10 . Bagan Alir Penelitian

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sampel tanah lempung lunak yang distabilisasi menggunakan *Matos* maka diperoleh beberapa kesimpulan :

1. Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah yang berasal dari daerah Desa Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, lampung tengah – provinsi Lampung yang merupakan jenis tanah lempung lunak.
2. Berdasarkan hasil pengujian material tanah, maka berdasarkan klasifikasi *AASHTO* memberikan gambaran bahwa tanah yang berasal dari Desa Sukajawa, kelurahan Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, lampung tengah – provinsi Lampung tersebut maka tanah ini digolongkan dalam klasifikasi A-7 pada kelompok tanah A-7-5 (tanah berlempung) dan jika digunakan sebagai tanah dasar merupakan bagian sedang sampai buruk.
3. Penggunaan *Matos* sangat efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah lempung plastisitas tinggi yang berasal dari daerah Desa Sukajawa, kelurahan Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, lampung tengah – provinsi Lampung.

4. Pada pengujian CBR *unsoaked* tanah stabilisasi daerah Desa Sukajawa, kelurahan Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, Lampung Tengah – provinsi Lampung dengan waktu pemeraman tanpa perendaman, 1, 7, 14, 21 dan 28 hari. Peningkatan nilai CBR konstan terjadi seiring penambahan durasi pemeraman.
5. Pemakaian campuran *Matos* sebagai bahan stabilisasi terhadap tanah lempung plastisitas tinggi di daerah Desa Sukajawa, kelurahan Sukajawa, kecamatan Bumi Ratu Nuban, Lampung Tengah – provinsi Lampung menjadi alternatif yang lebih baik dari 2 bahan stabilisasi tanah lainnya yaitu *ISS 2500* dan *TX-300* dilihat dari daya dukung tanah melalui peningkatan dan nilai CBR *unsoaked*.
6. pada pemakaian campuran abu ampas tebu 6%, 9%, dan 12% yang paling efektif dan paling baik dalam peningkatan CBR adalah pada campuran abu ampas tebu yang bernilai 6% .

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya mengenai stabilisasi tanah dengan menggunakan *Matos*, disarankan beberapa hal dibawah ini untuk dipertimbangkan :

1. Untuk mengetahui efektif atau tidaknya campuran *Matos* 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 *Matos* pada jenis tanah lain.

2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sifat campuran *Matos* dengan perilaku dan perlakuan yang berbeda.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui nilai CBR optimum yang didapat pada jenis tanah dan daerah yang sama dengan penambahan durasi waktu pemeraman.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai minimum CBR dan PI untuk aplikasi *Subgrade* sesuai dengan ketentuan Bina Marga dengan penambahan perlakuan pemeraman plus perendaman.
5. Diperlukan penelitian dengan jenis pemodelan sampel agar diperoleh hasil yang lebih bervariasi dan akurat sesuai dengan kondisi perlakuan stabilisasi tanah di lapangan.
6. Penelitian yang lebih luas dan komprehensif masih diperlukan. Khususnya, untuk meningkatkan jaminan stabilitas tanah lempung plastisitas tinggi terhadap efek jangka panjangnya (*long term effect*).
7. Perlu dilakukan penelitian mengenai komposisi zat yang terkandung dalam *Matos*, karena kandungan zat ini sangat dirahasiakan oleh produsen. Guna mengetahui kandungan yang bekerja pada proses stabilisasi tanah dengan penambahan Abu ampas tebu.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprinal A.R, Ricky A. 2013. *Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan TX-300*. Skripsi Universitas Lampung. Lampung
- Bowless. J. E. 1989. *Sifat – sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah*. Edisi Kedua. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah*. Gramedia Pustaka Umum. Jilid I Jakarta.
- Laboratorium Mekanika Tanah 2010. Program Diploma Teknik Sipil UGM
- PT. Watukali Capita Ciptama. *Matos Book*. PT. Watukali Capita Ciptama. Yogyakarta.
- PT. Watukali Capita Ciptama. <http://matos.co.id/IN/>
- Revando, A. 2012 . *Study daya dukung tanah lempung lunak menggunakan matos*. Skripsi Universitas Lampung.Lampung
- Smith, M. J. 1992. *Mekanika Tanah*. Edisi Keempat. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Sutedjo, M. 1988. *Pengantar Ilmu Tanah*. Bina Aksara Jakarta.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/197/166

Rinny, Aniessa. 2010. *Pengujian Dampak Variasi Waktu Perendaman Terhadap Daya Dukung dan Pengembangan Tanah Lempung Lunak yang Distabilisasi Menggunakan Ionic Soil Stabilizer 2500*. Skripsi Universitas Lampung. Lampung.

Aprinal A.R, Ricky A. 2013. *Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lempung Lunak Menggunakan TX-300*. Skripsi Universitas Lampung. Lampung.

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

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

Laboratorium Mekanika Tanah 2010. Teknik Sipil UGM