

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP
DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG
DISTABILISASI MENGGUNAKAN KAPUR PADA KONDISI
RENDAMAN (*SOAKED CBR*)**

(Skripsi)

**Oleh
F. AFRIE ADI SAPUTRA**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2017**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN KAPUR PADA KONDISI RENDAMAN (*SOAKED CBR*)

Oleh

Fransiskus Afrie Adi Saputra

Lapisan tanah merupakan lapisan paling bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban dari konstruksi di atasnya. Namun tidak selamanya lapisan tanah dasar mampu berfungsi dengan baik sebagai daya dukung. Metoda stabilisasi tanah dengan bahan additive kapur merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam perencanaan pada suatu konstruksi tanah yang tidak setabil. Penelitian ini bertujuan mengetahui sifat-sifat fisis tanah lempung di daerah Sidodadi Asri, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan dan jenis tanah lanau di daerah Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro, dan juga untuk mengetahui peningkatan nilai daya dukung kedua jenis tanah tersebut dengan pemeraman 7,14,28 hari.

Dari hasil pengujian sifat fisis dan mekanis sampel tanah asli dapat disimpulkan bahwa tanah yang diambil dari desa Sidodadi Asri di klasifikasikan sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi, sedangkan tanah yang berasal berasal dari desa yosomulyo adalah tanah lanau berplastisitas rendah. Dan pada pengujian CBR pada kondisi rendaman dengan kadar kapur ideal menunjukkan bahwa peningkatan nilai CBR pada masing-masing jenis tanah seiring bertambahnya durasi pemeraman dari 2,8%, 4%, 6,4% dan 10,2% pada tanah lempung dan 2,2%, 3%, 3,6% dan 6% pada tanah lanau. Hal ini menunjukkan bahwa campuran kapur ideal pada penambahan durasi pemeraman memberikan efek positif terhadap peningkatan daya dukung tanah atau nilai CBR.

Kata Kunci : Kapur , Stabilisasi, Tanah Lempung dan Lanau , CBR Rendaman.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF CURING TIME VARIATION TOWARDS BEARING CAPACITY CLAY AND SILT SOIL STABILIZED BY USING LIME IN SOAKED CONDITION (SOAKED CBR)

BY

Fransiskus Afrie Adi Saputra

The soil layer is the bottom layer that has function to forward the load from construction on it. But not always the basic soil layer is able has function properly as the bearing capacity. The soil stabilization method with lime additive is an alternative that can be used in planning on a unstable soil construction. The aim of this research is to know the physical characters of clay soil in Sidodadi Asri area, Jati Agung subdistrict, South Lampung regency and the type of silt soil in Yosomulyo area, East Metro District, Metro City. And also to know the increase of the bearing capacity of both types of soil with variation of curing time of 7, 14 and 28 days.

From the result of the physical character research and mechanical of original soil samples obtained so it can be concluded that land taken from Sidodadi Asri village classified as clay with high plasticity, while the soil from yosomulyo village is clay with low plasticity. And on the CBR test in the ideal soaking conditions with ideal lime content showed that the increase of CBR value in each soil type along with the increase of the curing duration of 2.8%, 4%, 6.4% and 10.2% in clay and 2, 2%, 3%, 3.6% and 6% in silt soils. This suggests that the ideal lime composite in addition to the curing duration gives a positive effect to increase bearing capacity soil or CBR value.

Keywords: Lime, Stabilization, Clay and Silt Soil, Soaked CBR.

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP
DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG
DISTABILISASI MENGGUNAKAN KAPUR PADA KONDISI
RENDAMAN (*SOAKED CBR*)**

Oleh

FRANSISKUS AFRIE ADI SAPUTRA

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Teknik Sipil
Fakutas Teknik Universitas Lampung**



**FAKUTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Skripsi : **PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP DAYA DUKUNG TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN KAPUR PADA KONDISI RENDAMAN (*SOAKED CBR*)**

Nama Mahasiswa : **Fransiskus Afrie Adi Saputra**

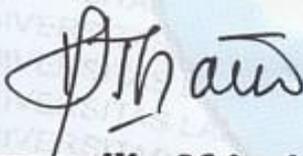
Nomor Pokok Mahasiswa : 1015011045

Program Studi : Teknik Sipil

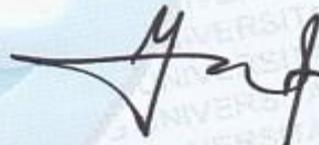
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**



Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.
NIP 19650510 199303 2 008



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

2. **Ketua Jurusan**



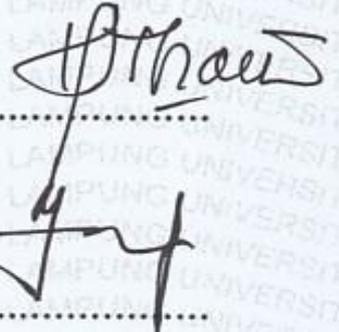
Gatot Eko S, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

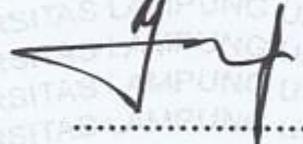
Ketua

: Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A.



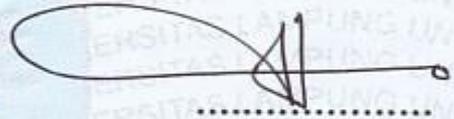
Sekretaris

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



Penguji

Bukan Pembimbing : Ir. Setyanto, M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. DR. Suharno, M.Sc.

NIP 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 September 2017

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fransiskus Afrie Adi Saputra

NPM : 1015011045

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 29 September 2017

Yang membuat pernyataan,



F. Afrie Adi Saputra
NPM. 1015011045

MOTTO

Be humble in yhis life, that God may raise you up in the next.

(St. Stephen of Hungary)

Sesungguhnya aku menyertai engkau dan aku akan melindungi engkau kemanapun engkau pergi, dan aku akan membawa engkau kembali ke negeri ini sebab aku tidak akan meninggalkan engkau, melainkan tetap melakukan apa yang kujanjikan kepadamu.

(Kejadian 28:15)

Cari tahu seberapa banyak yang telah Tuhan berikan kepada anda dan dari itu ambilah apa yang anda butuhkan; sisanya dibutuhkan oleh orang lain

(St. Augustine)

“Tuhan adalah kekuatan ku dan perisaiku;

Kepadanya hatiku percaya”

(MZM. 28:7a)

Bersikaplah kukuh seperti batu karang yang tidak putus-putus-nya dipukul ombak. Ia tidak saja tetap berdiri kukuh, bahkan ia menenteramkan amarah ombak dan gelombang itu.

(Marcus Aurelius)

PERSEMBAHAN

**PUJI SYUKUR KU PANJATKAN KEHADIRAT TUHAN YANG MAHA ESA
YANG TELAH MEMBERIKAN BERKAT DAN ANUGERAHNYA KEPADAKU.**

**SEBAGAI PERWUJUDAN RASA KASIH SAYANG, CINTA,
DAN HORMATKU SECARA TULUS,
AKU MEMPERSEMBAHKAN KARYA INI KEPADA:**

BAPAK DAN IBUKU TERKASIH

F.X WIDIARTO DAN TH. HERSYANI

**KELUARGA BESAR YANG TELAH MEMBERIKAN DUKUNGAN DAN DOA
SERTA HARAPAN DIMASA DEPAN**

**TEMAN-TEMAN TERCINTA TEKNIK SIPIL ANGGKATAN 2010
UNIVERSITAS LAMPUNG**

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 2 april 1992. Penulis merupakan putra dari pasangan Bapak F.X Widiarto dan Ibu Th. Hersiyani, anak pertama dan terakhir .

Dengan kasih karunia Tuhan Yesus penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar Negeri 1 Sidodadi Asri, Sekolah Menengah Pertama Lentera Harapan Jati Agung dan Sekolah Menengah Atas Lentera Harapan Jati Agung. Terakhir Penulis tercatat sebagai mahasiswa Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN pada tahun 2010. Penulis melakukan Kerja Praktek pada Proyek Pembangunan Hotel Mercure Lampung Paket Pekerjaan *Secant Pile* yang terletak di Jalan Raden Intan No. 88 Tanjung Karang Bandar Lampung. Penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sumber Makmur, Kecamatan Unit Dua, Kabupaten Tulang Bawang selama 40 hari dengan tema “Pemberdayaan Masyarakat”, penulis mengambil skripsi dengan judul “Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Kapur Pada Kondisi Rendaman (*Soaked Cbr*)”. Saat menjadi mahasiswa penulis aktif dalam mengikuti organisasi kampus, organisasi yang diikuti adalah FKMK (Forum Komunikasi Mahasiswa Kristen) Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Unit Kegiatan Mahasiswa Khatolik Fakultas Teknik Universitas Lampung dan Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Universitas Lampung .

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan YME yang telah melimpahkan berkat dan kasih karunia nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan yang diharapkan.

Judul skripsi yang penulis buat adalah “*Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Kapur Pada Kondisi Rendaman (Soaked Cbr)*”. 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. Ayahanda F.X Widiarto dan Ibunda tercinta Th. Hersiyani 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.

2. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Gatot Eko Susilo, M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Ibu Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A selaku pembimbing Utama yang telah memberikan gagasan, bimbingan dan saran dalam penulisan skripsi ini.
5. Bapak Iswan, S.T., M.T. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan gagasan, bimbingan dan saran dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak Ir. Setyanto, M.T. yang telah memberikan koreksi dan saran demi kesempurnaan penulisan skripsi ini.
7. Bapak Ir. M. Jafri, M.T. selaku dosen Pembimbing Akademis yang telah memberikan bimbingan, pengarahan kepada penulis dalam menjalankan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung atas ilmu bidang sipil yang telah diberikan selama perkuliahan.
9. 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.
10. Teman se-angkatan 2010 dan terutama teman-teman pinggiran Dian setiawan, Muhammad Aldani, Rizki Abadian Nur, Dedi Dwi pujiyanto, Rifki

Ananda Saputro , Humaidi Adi , Sapto Nugroho, dan seluruh keluarga besar 2010 lainnya yang berjuang bersama dalam suka duka.

11. Untuk keluarga sekaligus kakak yang saya banggakan angkatan 2008 khususnya abang Chandra ricson S, Immanuel KPA, Antonius Situmorang, teman-teman angkatan 2009, 2011 dan 2012 . Abang-abang dan teman-teman sekalian terima kasih atas dorongan dan support selama ini.
12. Adik – adik, keluarga, sekaligus teman yang saya banggakan angkatan 2012 khususnya riski taha, Restu , Pras, Lutfi, yota , entong dan beberapa orang dari angkatan 2014 fadel, pandu , dan yang lainnya dalam memberikan dukungan teknis dan moril selama penulis berada di almamater tercinta.
13. Untuk para pengabdian kampus Mas Roni dan Mas Yanto yang membantu baik spirit dan moril.
14. Untuk Yu Ani, Mak Macan, Mak viking, Tete 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 TUHAN YME membalas segala kebaikan dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 29 September 2017
Penulis

F. Afrie Adi Saputra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	i
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR NOTASI	v
I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	4
C. Batasan Masalah.....	5
D. Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Tanah.....	7
1. Pengertian Tanah	7
2. Klasifikasi Tanah.....	9
B. Tanah Lempung	10
1. Definisi Tanah Lempung.....	10
2. Mineral Lempung	11
3. Sifat Tanah Lempung	12
4. Jenis Tanah Lempung.....	13

5. Sifat Kembang Susut.....	14
C. Tanah Lanau	15
1. Definisi Tanah Lanau	15
2. Sifat Tanah Lanau	16
3. Jenis Tanah Lanau.....	16
D. Kapur	17
1. Definisi Kapur	17
2. Sifat Kapur	18
3. Jenis Kapur	18
4. Pemanfaatan Bahan Kapur.....	19
E. Tinjauan Penelitian terdahulu.....	19
III. METODE PENELITIAN	
A. Sampel Tanah.....	26
B. Perlatan	26
C. Benda Uji.....	27
D. Metode Pencampuran Sampel Tanah Dengan Kapur.....	28
E. Pelaksanaan Pengujian	29
F. Urutan Prosedur Penelitian	30
G. Analisis Hasil Penelitian	32
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. pengujian tanah asli	35
1. Pengujian Kadar Air ().....	36
2. Pengujian Berat Jenis (Gs)	36
3. Pengujian Batas Atterberg.....	37

4. Pengujian Analisa Saringan	39
5. Pengujian Pemadatan Tanah	42
6. Pengujian CBR	44
B. Hasil Pengujian Sampel Tanah Dengan Campuran Kapur 12%	
Dengan Variasi Pemeraman Dan Perendaman (Soaked CBR)	47
1. Sample tanah asli + kapur 12 % dari desa sidodadi asri	47
2. Sample Tanah asli + kapur 12% dari desa yosomulyo.....	48
3. Perbandingan Hasil Uji CBR tanah yang di ambil dari desa Sidodadi Asri Dengan Yosomulyo.....	49
C. Perbandingan nilai CBR Tanah yang di stabilisasi dengan kapur dan bahan campuran lain dengan perlakuan yang berbeda.....	50
V. PENUTUP	
A. Kesimpulan	54
A. Saran	55

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Unsur yang Penting Penyusun Kulit Bumi dan Batuan	8
Tabel 2. Kode Pada Mold Untuk Masing-Masing Kadar kapur dan Variasi Pemeraman Serta Metode Pemadatan Untuk Lempung	32
Tabel 3. Kode Pada Mold Untuk Masing-Masing Kadar kapur dan Variasi Pemeraman Serta Metode Pemadatan Untuk Lanau.....	32
Tabel 4. Hasil Pengujian Batas Atterberg	37
Tabel 5. Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah dari desa Sidodadi Asri .	39
Tabel 6. Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah dari desa Sidodadi Asri .	41
Tabel 7. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli Dari Desa Sidodadi Asri	45
Tabel 8. Hasil Pengujian Sampel Tanah Asli Dari Desa Yosomulyo.....	46
Tabel 9. Hasil Pengujian CBR Tanah desa Sidodadi Asri yang distabilisasi per Periode Durasi Waktu Pemeraman dan perendaman	47
Tabel 10. Hasil Pengujian CBR Tanah desa Yosomulyo yang distabilisasi per Periode Durasi Waktu Pemeraman dan perendaman	48
Tabel 11. Variasi benda uji dan jenis pengujian di laboratorium	49

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Hubungan antara variasi benda uji dan nilai CBR laboratorium rendaman	21
Gambar 2. Hubungan antara variasi benda uji dan nilai pengembangan	21
Gambar 3. Grafik nilai CBR tanah Campuran	25
Gambar 4. Hasil nilai DDT tanah Campuran.....	25
Gambar 5. Grafik Hasil Uji initial consumption of lime (ICL) ASTM D6276-99a.	28
Gambar 6. Diagram Alir Penelitian	34
Gambar 7. Rentang (Range) dari Batas Cair (LL) dan Indeks Plastisitas (PI) Berdasarkan Sistem AASHTO.....	38
Gambar 8. Grafik Hasil Analisa Saringan Tanah dari desa Sidodadi Asri.	40
Gambar 9. Grafik Hasil Analisa Saringan Tanah Lanau.....	42
Gambar 10. Grafik modified proctor tanah dari desa Sidodadi Asri	43
Gambar 11. Grafik modified proctor tanah dari Desa Yosomulyo	43
Gambar 12. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah dari Desa Sidodadi Asri yang diStabilisasi menggunakan kapur 12% dengan pemeraman dan perendaman.	47
Gambar 13. Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah dari desa Yosomulyo yang distabilisasi menggunakan kapur 12% dengan pemeraman dan perendaman.	48
Gambar 14. Perbandingan Hasil Pengujian Nilai CBR Tanah Stabilisasi menggunakan kapur 12% dengan pemeraman dan perendaman pada tanah dari desa Sidodadi Asri dan Yosomulyo	49
Gambar 15. Hasil uji laboratorium oleh Widianti,A.....	52

DAFTAR NOTASI

	= Kadar Air
G _s	= Berat Jenis
LL	= Batas Cair
PI	= Indeks Plastisitas
PL	= Batas Plastis
q	= Persentase Berat Tanah yang Lolos Saringan
W _w	= Berat Air
W _c	= Berat <i>Container</i>
W _{cs}	= Berat <i>Container</i> + Sampel Tanah Sebelum dioven
W _{ds}	= Berat <i>Container</i> + Sampel Tanah Setelah dioven
W _n	= Kadar Air Pada Ketukan ke-n
W ₁	= Berat <i>Picnometer</i>
W ₂	= Berat <i>Picnometer</i> + Tanah Kering
W ₃	= Berat <i>Picnometer</i> + Tanah Kering + Air
W ₄	= Berat <i>Picnometer</i> + Air
W _{ci}	= Berat Saringan
W _{bi}	= Berat Saringan + Tanah Tertahan
W _{ai}	= Berat Tanah Tertahan

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Kata tanah seperti banyak kata umumnya mempunyai beberapa pengertian. Pengertian tradisional, tanah adalah medium alami untuk pertanaman dan merupakan daratan. Salah satu cabang ilmu pengetahuan yang mempelajari tentang tanah adalah geoteknik, dimana cabang ilmu ini sangat penting bagi seorang insinyur sipil pada saat diperlukan struktur tanah untuk mendesain suatu bangunan. Ada beberapa cara bagi orang sipil untuk mengetahui karakteristik tanah, baik struktur tanah yang ada dipermukaan bumi maupun di dalam bumi. Yang lebih menariknya lagi ada pengaruh dari air permukaan atau mata air yang mempengaruhi sifat dan karakteristik tanah tersebut.

Tanah di Indonesia sebagian besar merupakan tanah lempung dan lanau, kebanyakan tanah-tanah tersebut cenderung memiliki nilai kuat tekan tanah yang rendah. Tanah lempung merupakan jenis tanah yang berbutir halus yang

mempunyai nilai daya dukung yang rendah dan sangat sensitif terhadap perubahan kadar air, yaitu mudah terjadi perubahan volume dan kembang susut. Sedangkan tanah lanau adalah peralihan antara tanah lempung dan pasir, tanah lanau bersifat kurang plastis dibandingkan dengan tanah lempung.

Pada suatu perencanaan konstruksi (jalan, jembatan, gedung, dsb), lapisan tanah merupakan lapisan paling bawah yang berfungsi untuk meneruskan beban dari konstruksi di atasnya. Sifat-sifat tanah dasar dikelompokkan berdasarkan plastisitas dan ukuran butirnya. Daya dukung tanah dapat diperkirakan dengan mempergunakan hasil klasifikasi pembebanan plat uji ataupun dari pemeriksaan CBR (Sukirman, S 1992). Virisdiyanto (1999), melaporkan bahwa penambahan pasir dan semen atau kapur pada tanah lempung ekspansif, menunjukkan perbaikan sifat fisis dan sifat teknis tanah lempung berupa turunnya nilai indeks plastisitas, potensi dan tekanan pengembangan, dan meningkatnya nilai CBR dan kuat tekan bebas tanah. Durabilitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perilaku stabilisasi tanah. Faktor lain yang berpengaruh adalah *soil plasticity, permeability, strength, endurance, thermal properties, volume change* dan *particle deformation* (Kezdi, 1979).

Namun tidak selamanya lapisan tanah dasar mampu berfungsi dengan baik sebagai daya dukung. Hanya lapisan tanah dengan klasifikasi baik dan stabil akan mampu berfungsi sebagai daya dukung dan memenuhi persyaratan teknis. Pada suatu daerah, dimana akan dibangun sebuah konstruksi berada pada suatu kondisi lapisan tanah yang tidak stabil, maka metoda stabilisasi tanah dengan bahan *additive* tertentu merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan dalam perencanaan.

Berbagai penelitian telah dilakukan terhadap berbagai bahan *additive* yang digunakan dalam proses stabilisasi tanah, seperti semen, kapur, *fly ash*, *bitumen*, bahan kimia dan berbagai jenis material limbah industri, seperti bubuk logam (Hosiya dan Mandal, 1984), campuran abu terbang dan geosta (Hapsoro, 1996). Menurut Kezdi (1979), semen merupakan salah bahan *additive* yang sangat baik digunakan dan pada kadar air tertentu, dapat berfungsi sebagai *stabilizing agents* yang baik untuk mendapatkan suatu lapis perkerasan yang berfungsi sebagai lapis pondasi. Namun, pada suatu daerah tertentu, semen merupakan bahan yang mempunyai harga cukup tinggi dan berfluktuasi sesuai dengan perkembangan harga pasar, sehingga diperlukan bahan alternatif lain yang dapat digunakan sebagai bahan *additive*. Salah satu material dari alam yang dapat digunakan untuk metoda stabilisasi tanah adalah kapur. Kapur dapat berupa *quick lime* atau *slaked* dan *limewash*. Lapisan tanah dasar yang di stabilisasi dengan tanah kapur, dapat berfungsi merubah sifat plastisitas (batas cair dan indeks plastisitas) berkurang, meningkatkan kekuatan dan durabilitas, mengurangi resapan air dan pengembangan tanah (Kezdi, 1979).

Pada mekanisme metoda stabilisasi tanah dengan kapur untuk waktu yang singkat, maka akan terjadi dua proses pengikatan sementasi, yaitu reaksi hidrasi (*hydration*) dan reaksi flokulasi (*flocculation*). Pada proses reaksi hidrasi, kapur akan bereaksi dengan air di dalam tanah lempung, sehingga menimbulkan dampak pengurangan kadar air pada tanah yang akan meningkatkan kadar air optimum. Pada proses reaksi flokulasi, kapur yang bereaksi dengan tanah lempung mengakibatkan beberapa kation dan unsur natrium (Na) pada permukaan tanah lempung akan diganti oleh calcium (Ca)

dari kapur. Akibat reaksi flokulasi ini, maka struktur mineral tanah lempung akan saling mengikat dan plastisitas tanah akan berkurang. Untuk waktu yang lama, Calcium (Ca) secara bertahap akan mengganti unsur silika (Si) pada tanah lempung, walaupun jumlah silika (Si) yang terganti tidak dapat melebihi silika (Si) pada mineral lempung. Bila proses pengikatan ini berlangsung lama, maka secara bertahap akan dapat meningkatkan kekuatan tanah.

Untuk mengetahui pengaruh daya dukung terhadap lapis pondasi stabilisasi tanah dengan kapur, maka perlu dilakukan pengujian terhadap daya dukung lapisan tersebut, dengan menggunakan beberapa periode siklus akibat genangan air.

B. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui sifat-sifat fisis tanah lempung di daerah Sidodadi Asri, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan dan jenis tanah lanau di daerah Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro.
2. Mengetahui peningkatan nilai daya dukung tanah lempung berplastisitas tinggi dan tanah lanau berplastisitas rendah yang telah dicampur kapur dengan melakukan uji CBR(*California Bearing Ratio*) pada kondisi rendaman (*Soaked CBR*)
3. Mengetahui pengaruh pencampuran kadar kapur ideal berdasarkan teori *ICL (initial consumption of lime)* dalam pencampuran kapur.

4. Mengetahui pengaruh variasi waktu pemeraman tanah yang telah distabilisasi menggunakan kapur.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada beberapa masalah, yaitu :

1. Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah yang diambil dari Desa Yoso Mulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro, Lampung, dan tanah yang berasal dari daerah Sidodadi Asri, kecamatan Jati Agung, kabupaen Lampung Selatan, Lampung.
2. Bahan pencampur yang digunakan adalah kapur
3. Pengujian sifat fisik tanah asli dan tanah campuran yang dilakukan adalah :
 - a. Pengujian kadar air
 - b. Pengujian berat jenis
 - c. Pengujian batas – batas *Atterberg*
 - d. Pengujian analisis saringan
 - e. Pengujian pemadatan tanah
4. Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah pengujian CBR pada kondisi rendaman pada tanah lempung dan lanau pada kondisi tanah asli dan yang distabilisasi dengan kapur.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui sebaik mana manfaat penggunaan kapur untuk meningkatkan daya dukung tanah, dengan metode CBR pada kondisi rendaman (*Soaked CBR*), sehingga dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam pemecahan masalah stabilisasi tanah di lapangan.
2. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh variasi pemeraman terhadap tanah lempung dan tanah lanau yang distabilisasi dengan kapur.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan kepada ilmu pengetahuan tentang sifat – sifat fisik dan mekanik tanah lempung dan tanah lanau.
4. Sebagai bahan untuk penelitian lanjutan dalam bidang teknologi material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah

1. Pengertian Tanah

Terdapat banyak pengertian tentang tanah, diantaranya sebagai berikut:

- a. Menurut Laurence D. Wesley (1994), tanah dibentuk oleh pelapukan fisika dan kimiawi pada batuan. Pelapukan fisika terdiri atas dua jenis. Jenis pertama adalah penghancuran yang disebabkan oleh pembasahan dan pengeringan terus menerus ataupun pengaruh salju dan es. Jenis kedua adalah pengikisan akibat air, angin ataupun sungai es (*glacier*). Proses ini menghasilkan butir yang kecil sampai yang besar, namun komposisinya masih tetap sama dengan batuan asalnya. Pelapukan kimiawi memerlukan air serta oksigen dan karbon dioksida. Proses kimiawi mengubah kandungan mineral pada batuan menjadi jenis mineral lain yang sangat berbeda sifatnya.
- b. Menurut Verhoef (1994), tanah adalah kumpulan dari bagian-bagian yang padat dan tidak terikat antara satu dengan yang lain (diantaranya mungkin material organik) rongga-rongga diantara material tersebut berisi udara dan air.

- c. Menurut Afriani (2014), ahli geologi berpendapat bahwa unsur penting dalam penyusunan kulit bumi sama dengan unsur yang terkandung di dalam batuan. Ada 8 unsur penting sebagai penyusun kulit bumi (98,5%) seperti O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K dan Mg dan 1,5% nya terdiri dari C, S, P, H, Pb, Zn, Ni, Cu, Ti, Mn, dll dan persentasinya di tunjukan dalam tabel berikut,

Tabel 1. Unsur yang Penting Penyusun Kulit Bumi dan Batuan

Unsur-unsur	Persentasi	Oksida	Persentasi
O	46,6	SiO ₂	59,3
Si	27,7	Al ₂ O ₃	15,4
Al	8,1	Fe ₂ O ₃ + FeO	6,9
Fe	5,0	CaO	5,1
Ca	3,6	N ₂ O	3,8
Na	2,8	K ₂ O	3,1
K	2,6	MgO	3,5
Mg	2,1	H ₂ O	1,3
	98,5		98,4

Berdasarkan definisi-definisi di atas, dapat disimpulkan bahwa tanah merupakan material yang terdiri dari agregat atau butiran mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia), merupakan hasil dari pelapukan bebatuan yang telah berlangsung sejak lama.

Sedangkan pengertian tanah menurut Bowles (1984), tanah adalah campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis berikut:

- a. Berangkal (*boulders*) adalah potongan batuan yang besar, biasanya lebih besar dari 250 sampai dengan 300 mm, sedangkan untuk ukuran 150 mm sampai 250 mm, disebut dengan kerakal (*cobbles/pebbles*).

- b. Kerikil (*gravel*) adalah partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai dengan 150 mm.
- c. Pasir (*sand*) adalah partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai dengan 5 mm.
- d. Lanau (*silt*) adalah partikel batuan yang berukuran dari 0,002 mm sampai dengan 0,0074 mm.
- e. Lempung (*clay*) adalah partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm.
- f. Koloid (*colloids*) adalah partikel mineral yang diam dan berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

2. Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah secara umum adalah pengelompokan berbagai jenis tanah ke dalam kelompok yang sesuai dengan sifat teknik dan karakteristiknya. Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem yang mengatur jenis-jenis tanah yang berbeda-beda, tetapi mempunyai sifat-sifat yang serupa kedalam kelompok-kelompok dan subkelompok berdasarkan pemakaiannya. Dengan adanya sistem klasifikasi ini akan menjelaskan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang sangat bervariasi tanpa penjelasan yang rinci. Klasifikasi ini pada umumnya di dasarkan sifat-sifat indeks tanah yang sederhana seperti distribusi ukuran butiran dan plastisitas. Namun semuanya tidak memberikan penjelasan yang tegas tentang kemungkinan pemakaiannya. Sistem klasifikasi tanah

dimaksudkan untuk memberikan informasi tentang karakteristik dan sifat-sifat fisik tanah serta mengelompokkannya sesuai dengan perilaku umum dari tanah tersebut. Tanah-tanah yang dikelompokkan dalam urutan berdasarkan suatu kondisi fisik tertentu. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk menentukan kesesuaian terhadap pemakaian tertentu, serta untuk menginformasikan tentang keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah lainnya dalam bentuk berupa data dasar. seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Terdapat dua sistem klasifikasi tanah yang umum digunakan untuk mengelompokkan tanah yaitu Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) dan Sistem Klasifikasi Tanah *Unified* (USCS). Kedua sistem tersebut memperhitungkan distribusi ukuran butiran dan batas-batas *Atterberg*.

B. Tanah Lempung

1. Definisi Tanah Lempung

Definisi tanah lempung menurut beberapa ahli adalah sebagai berikut :

- a. Tanah lempung merupakan deposit yang mempunyai partikel berukuran lebih kecil atau sama dengan 0,002 mm dalam jumlah lebih dari 50%; (Bowles, 1984)
- b. Tanah lempung merupakan tanah yang terdiri dari partikel-partikel tertentu yang menghasilkan sifat plastis apabila dalam kondisi atau keadaan basah. (Das, 1995).

- c. Tanah lempung merupakan tanah dengan ukuran mikrokonis sampai dengan sub mikrokonis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan. Tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering, bersifat plastis pada kadar air sedang, sedangkan pada keadaan air yang lebih tinggi tanah lempung akan bersifat lebih lengket (kohesif) dan sangat lunak. (Terzaghi, 1987).
- d. Sifat – sifat yang dimiliki dari tanah lempung yaitu antara lain ukuran butiran halus lebih kecil dari 0,002 mm, permeabilitas rendah, kenaikan air kapiler tinggi, bersifat sangat kohesif, kadar kembang susut yang tinggi dan proses konsolidasi lambat. Dengan adanya pengetahuan mengenai mineral tanah tersebut, pemahaman mengenai perilaku tanah lempung dapat diamati. (Hardiyatmo, 1992).

2. Mineral Lempung

Mineral-mineral lempung merupakan produk pelapukan batuan yang terbentuk dari penguraian kimiawi mineral-mineral silikat lainnya dan selanjutnya terangkut ke lokasi pengendapan oleh berbagai kekuatan.

Mineral-mineral lempung digolongkan ke dalam golongan besar yaitu :

a. *Kaolinite*

Kaolinite merupakan anggota kelompok *kaolinite serpentin*, yaitu *hidrus alumino silikat* dengan rumus kimia $Al_2 Si_2O_5(OH)_4$. Kekokohan sifat struktur dari partikel *kaolinite* menyebabkan sifat-

sifat plastisitas dan daya pengembangan atau menyusut *kaolinite* menjadi rendah.

b. *Illite*

Illite dengan rumus kimia $K_yAl_2(Fe_2Mg_2Mg_3)(Si_{4y}Al_y)O_{10}(OH)_2$ 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*.

c. *Montmorilonite*

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

3. Sifat Tanah Lempung

Sifat-sifat yang dimiliki tanah lempung diantaranya adalah sebagai berikut (Hardiyatmo, 1992) :

- a. Ukuran butir halus, yaitu kurang dari 0,002 mm.
- b. Permeabilitas rendah.
- c. Kenaikan air kapiler tinggi.
- d. Bersifat sangat kohesif.
- e. Kadar kembang susut tinggi.
- f. Proses konsolidasi lambat.

4. Jenis Tanah Lempung

Berdasarkan tempat pengendapan dan asalnya, lempung dibagi dalam beberapa jenis :

a. Lempung Residual

Lempung residual adalah lempung yang terdapat pada tempat dimana lempung itu terjadi dan belum berpindah tempat sejak terbentuknya. Sifat lempung jenis ini adalah berbutir kasar dan masih bercampur dengan batuan asal yang belum mengalami pelapukan, tidak plastis. Semakin digali semakin banyak terdapat batuan asalnya yang masih kasar dan belum lapuk.

b. Lempung Illuvial

Lempung illuvial adalah lempung yang sudah terangkut dan mengendap pada suatu tempat yang tidak jauh dari tempat asalnya seperti di kaki bukit. Lempung ini memiliki sifat yang mirip dengan lempung residual, hanya saja lempung illuvial tidak ditemukan lagi batuan dasarnya.

c. Lempung Alluvial

Lempung alluvial adalah lempung yang diendapkan oleh air sungai di sekitar atau di sepanjang sungai. Pasir akan mengendap di dekat sungai, sedangkan lempung akan mengendap jauh dari tempat asalnya

d. Lempung Rawa

Lempung rawa adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa. Jenis lempung ini dicirikan oleh warnanya yang hitam. Apabila terdapat di dekat laut akan mengandung garam.

5. Sifat Kembang Susut

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

- a. Tipe dan jumlah mineral yang ada di dalam tanah.
- b. Kadar air.
- c. Susunan tanah.
- d. Konsentrasi garam dalam air pori.
- e. Sementasi.
- f. Adanya bahan organik, dll.

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

C. Tanah Lanau

1. Definisi Tanah Lanau

Tanah lanau biasanya terbentuk dari pecahnya kristal kuarsa berukuran pasir. Beberapa pustaka berbahasa Indonesia menyebut objek ini sebagai debu. Lanau dapat membentuk endapan yang mengapung di permukaan air maupun yang tenggelam. Pemecahan secara alami melibatkan pelapukan batuan dan regolit secara kimiawi maupun pelapukan secara fisik melalui embun beku (*frost haloclasty*). Proses utama melibatkan abrasi, baik padat (oleh *glacier*), cair (pengendapan sungai), maupun oleh angin. Di wilayah-wilayah setengah kering produksi lanau biasanya cukup tinggi. Lanau yang terbentuk secara glasial dalam bahasa Inggris terkadang disebut *rock flour* atau *stone dust*. Secara komposisi mineral, lanau tersusun dari kuarsa feldspar. Sifat fisika tanah lanau umumnya terletak diantara sifat tanah lempung dan pasir.

Tanah lanau didefinisikan sebagai golongan partikel yang berukuran antara 0,002 mm sampai dengan 0,005 mm. Di sini tanah diklasifikasikan sebagai lanau hanya berdasarkan pada ukurannya saja. Belum tentu tanah dengan ukuran partikel lanau tersebut juga mengandung mineral-mineral lanau (*clay mineral*). Pada kenyataannya, ukuran lempung dan lanau sering kali tumpang tindih, karena keduanya memiliki bangunan kimiawi yang berbeda. Lanau tepung batu yang mempunyai karakteristik tidak

berkohesi dan tidak plastis, sifat teknis lanau lempung batu cenderung mempunyai sifat pasir halus.

2. Sifat Tanah Lanau

Secara umum tanah lanau mempunyai sifat yang kurang baik yaitu mempunyai kuat geser rendah setelah dikenai beban, kapasitas tinggi, permeabilitas rendah dan kerapatan relatif rendah dan sulit dipadatkan (Terzaghi,1987).

3. Jenis Tanah Lanau

Adapun jenis-jenis tanah lanau, yaitu :

- a. Lanau anorganik (*inorganic slit*) merupakan tanah berbutir halus dengan plastisitas kecil atau sama sekali tidak ada. Jenis yang plastisitasnya paling kecil biasanya mengandung butiran kuarsa sedimen, yang kadang-kadang disebut tepung batuan (*rock flour*), sedangkan yang sangat plastis mengandung partikel berwujud serpihan dan dikenal sebagai lanau plastis
- b. Lanau organik merupakan tanah agak plastis , berbutir halus dengan campuran partikel-partikel bahan organik terpisah secara halus. Warna tanah bervariasi dari abu-abu terang ke abu-abu sangat gelap, disamping itu mungkin mengandung H₂S, CO₂ , serta berbagai gas lain hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas pada tanah. Permeabilitas lanau organik sangat rendah sedangkan kompresibilitasnya sangat tinggi.

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

- a. Mengandung 30% pasir, 40% butiran-butiran ukuran lanau, dan 30% butiran-butiran ukuran lempung.
- b. Butiran yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) berdasarkan ASTM standar dan berukuran 0,002 mm.
- c. Suatu bahan yang hampir seluruhnya terdiri dari pasir, tetapi ada yang mengandung sejumlah lempung.

D. Kapur

1. Definisi Kapur

Batu kapur (CaCO_3) adalah sebuah batuan sedimen terdiri dari mineral *calcite* (*calcium carbonate*). Sumber utama dari *calcite* ini adalah organisme laut. (Wikipedia, 2015). Batu kapur merupakan salah satu mineral industri yang banyak digunakan oleh sektor industri ataupun konstruksi dan pertanian, antara lain untuk bahan bangunan, batu bangunan bahan penstabil jalan raya, pengapuran untuk pertanian dll. Bahan Kapur adalah sebuah benda putih dan halus terbuat dari batu sedimen, membentuk bebatuan yang terdiri dari mineral kalsium. Biasanya kapur relatif terbentuk di laut dalam dengan kondisi bebatuan yang mengandung lempengan kalsium plates (*coccoliths*) yang dibentuk oleh mikroorganisme *coccolithophores*. (Scribd, 2012).

2. Sifat Kapur

Batu kapur mempunyai sifat yang istimewa, bila dipanasi akan berubah menjadi kapur yaitu kalsium oksida (CaO) dengan menjadi proses dekarbonasi (pengusiran CO_2), hasilnya disebut kapur atau *quick lime* yang dapat dihidrasi secara mudah menjadi kapur *hydrant* atau kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Pada proses ini air secara kimiawi bereaksi dan diikat oleh CaO menjadi Ca(OH)_2 dengan perbandingan jumlah molekul sama.

3. Jenis Kapur

Jenis-jenis kapur terdiri dari :

- a. Kapur tohor/*quick lime* yaitu hasil langsung dari pembakaran batuan kapur yang berbentuk oksida-oksida dari kalsium atau magnesium.
- b. Kapur *hydrated/hydrated lime* adalah bentuk hidroksida dari kalsium atau magnesium yang dibuat dari kapur keras yang diberi air sehingga bereaksi dan mengeluarkan panas. Digunakan terutama untuk bahan pengikat dalam adukan bangunan.
- c. Kapur hidrolik adalah CaO dan MgO yang bergabung secara kimia dengan pengotor. Oksida kapur ini terhidrasi secara mudah dengan menambahkan air ataupun membiarkannya di udara terbuka, pada reaksi ini timbul panas.

4. Pemanfaatan Bahan Kapur

Adapun pemanfaatan dari kapur diantaranya adalah :

a. Bahan bangunan

Bahan bangunan yang dimaksud adalah kapur yang dipergunakan untuk plester, adukan pasangan bata, pembuatan semen tras ataupun semen merah.

b. Bahan penstabilan jalan raya

Pemakaian kapur dalam bidang pemantapan fondasi jalan raya termasuk rawa yang dilaluinya. Kapur ini berfungsi untuk mengurangi plastisitas, mengurangi penyusutan dan pemuaiian fondasi jalan raya

E. Tinjauan Penelitian Terdahulu

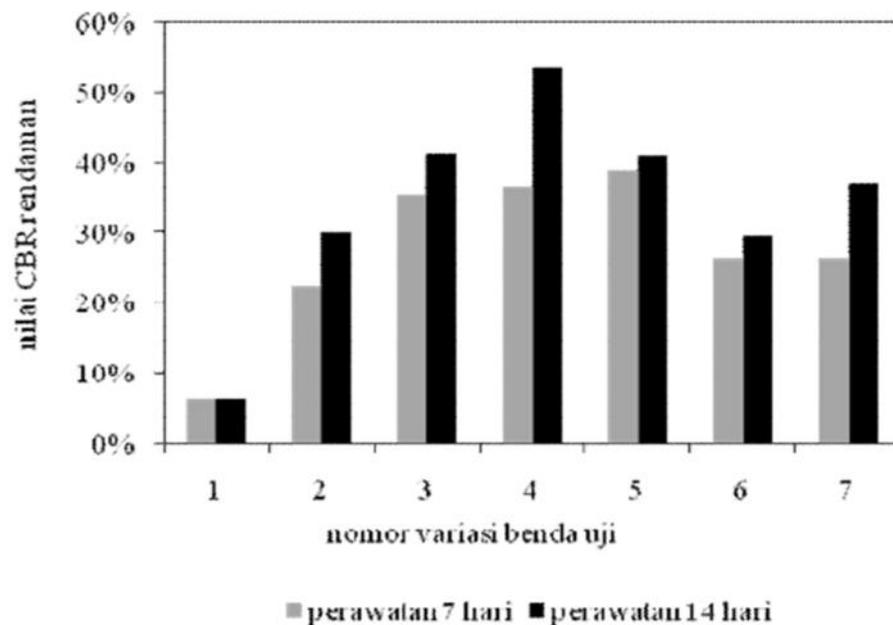
Penelitian laboratorium yang menjadi bahan pertimbangan dan acuan penelitian ini dikarenakan adanya kesamaan bahan dan sampel tanah yang digunakan, akan tetapi metode dan variasi campuran berbeda. Beberapa penelitian yang menjadi tinjauan penulis dalam penelitian ini antara lain :

a. Peningkatan Nilai Cbr Laboratorium Rendaman Tanah Dengan Campuran Kapur, Abu Sekam Padi Dan Serat Karung Plastik Oleh Widianti, A. 2009

Penelitian yang dilakukan oleh Widianti, A. 2009 mengenai peningkatan nilai cbr laboratorium rendaman tanah dengan campuran kapur, abu sekam padi dan serat karung plastik. persentase yang digunakan dalam menentukan kadar

campuran kapur berdasarkan pada hasil uji *initial consumption of lime (ICL)* sebesar 12%, Kadar abu sekam padi ditentukan melalui perbandingan 1:2 terhadap kadar kapur optimum, yaitu sebesar 24% ,dan Kadar serat karung plastik yang akan dicampurkan adalah sebesar 0,1%; 0,2%; 0,4%; 0,8% dan 1,2% dari berat kering total campuran pada kepadatan maksimum dan kadar air optimum. Berdasarkan hasil percobaan peneliti menyimpulkan bahwa Penambahan serat ke dalam tanah yang distabilisasi dengan kapur-abu sekam padi mampu meningkatkan nilai CBR rendaman hingga 867% dari nilai CBR tanah asli. Nilai pengembangan dari tanah yang distabilisasi dengan kapur, abu sekam padi dan diperkuat dengan serat plastic mengalami penurunan sebesar antara 62% hingga 100% dari nilai pengembangan tanah asli. Dan kenaikan CBR rendaman paling besar terjadi pada variasi kadar serat sebesar 0,2% dari berat total campuran.

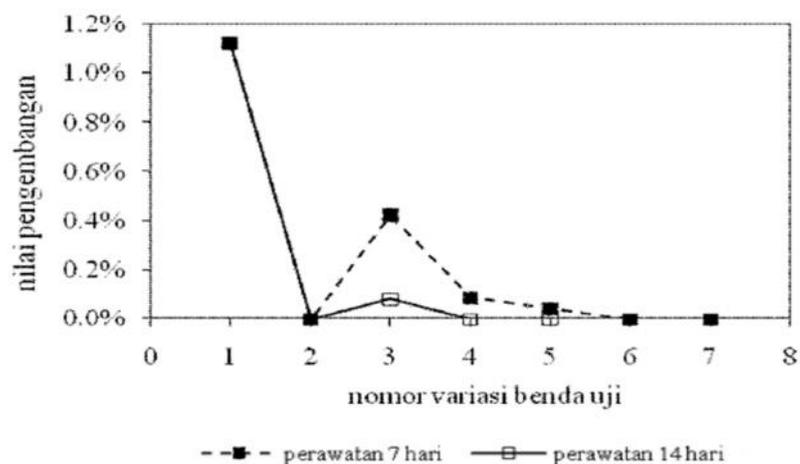
Berikut adalah grafik hasil nya =



Keterangan nomor variasi benda uji :

- 1 = tanah
- 2 = tanah + kapur + abu sekam padi
- 3 = tanah + kapur + abu sekam padi + serat Karung plastic 0,1%
- 4 = tanah + kapur + abu sekam padi + serat Karung plastic 0,2%
- 5 = tanah + kapur + abu sekam padi + serat Karung plastic 0,4%
- 6 = tanah + kapur + abu sekam padi + serat Karung plastic 0,8%
- 7 = tanah + kapur + abu sekam padi + serat Karung plastic 1,2%

Gambar 1. Hubungan antara variasi benda uji dan nilai CBR laboratorium rendaman (Widianti,A.2009).



Gambar 2. Hubungan antara variasi benda uji dan nilai pengembangan (*swelling*) (Widianti,A.2009)

b. Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Kapur Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Cbr Tanah Oleh Trissiyana (2015)

Tanah merupakan salah satu elemen penting sebagai bahan bangunan pada berbagai macam pekerjaan teknik sipil, disamping itu tanah berfungsi juga untuk mendukung suatu konstruksi sipil seperti pondasi bangunan gedung. Penelitian ini menggunakan contoh tanah lempung ekspansif yang

mengandung mineral Monmorillonite dan illite diambil dari Desa Pelingkau Pangkalan Bun Kalimantan Tengah, karena tanah tersebut mempunyai kembang susut yang tinggi, sehingga merusak konstruksi di atasnya. Penelitian dilakukan di Laboratorium Dinas PU Kabupaten Kotawaringin Barat dari bulan September sampai dengan Oktober 2009. Bahan penelitian yang digunakan adalah tanah lempung ekspansif yang diambil dari Desa Pelingkau Pangkalan Bun dan kapur padam (Ca(OH)_2). Pengujian yang dilakukan, yaitu :

- (1) Pengujian Batas-batas Atterberg untuk mengetahui batas cair dan batas plastis dari tanah asli maupun tanah campuran;
- (2) Pemadatan Standart (Compaction Test) untuk mengetahui hubungan antara kadar air optimum dan kepadatan tanah maksimum;
- (3) Pengujian CBR Laboratorium untuk menentukan CBR tanah dan campuran tanah agregat yang dipadatkan dilaboratorium pada kadar air tertentu. Berdasarkan hasil dan analisa penelitian tanah asli maupun campuran tanah lempung ekspansif + kapur dapat diuraikan beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Tanah Asli Tanah asli yang diuji dengan Atterberg Limit Test mempunyai nilai Liquid Limit Test mempunyai Liquid Limit Test 91,20%, Plastic Limit 42.49%, Plastic Limit 42.49%, Plasticity Index 48.71% merupakan tanah lempung ekspansif karena $\text{PI} > 32$.

2. Tanah Campuran Dari prosentase campuran tanah + kapur 2.5%, 5%, 7.5%, 10%, 12.5%, yang diuji dengan Atterberg Limit Test dan Compaction Test, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- a) Nilai Indeks Plastisitas menunjukkan penurunan hingga 79.59% dari nilai IP tanah asli sebesar 48.71 sampai 9.94 pada campuran tanah asli + 12.5% kapur. Dari hasil uji hipotesis untuk Indeks Plastisitas dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan kapur dapat menurunkan nilai IP yang berarti tanah semakin baik karena hipotesis dapat dibuktikan.
- b) Berdasarkan percobaan kepadatan standart diperoleh kadar air optimum sebesar 24% dengan kepadatan kering 1.225 kg/cm³ pada campuran tanah + 12.5% kapur.

Dari hasil uji hipotesis untuk kepadatan dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat pengaruh penambahan kapur terhadap nilai kepadatan karena hipotesis dapat dibuktikan. Dari pengujian CBR campuran tanah + kapur dengan waktu pemeraman 0,3,7,10,14 hari diperoleh nilai maksimum pada prosentase campuran tanah + 12.5% kapur dengan waktu pemeraman 14 hari, yang dapat diuraikan sebagai berikut:

- a) Nilai CBR Desain pada campuran tanah + kapur tanpa pemeraman meningkat hingga 166.67 dari 6% sampai 16% seiring dengan meningkatnya prosentase penambahan kapur, jadi dapat disimpulkan bahwa penambahan kapur pada tanah lempung ekspansif akan meningkatkan nilai CBr tanah.
- b) Nilai CBR Desain pada tanah campuran tanah + kapur dengan waktu pemeraman semakin meningkat seiring dengan semakin lama waktu

pemeraman. Sehingga diperoleh nilai CBR Desain Optimum pada campuran tanah + 12.5% kapur dengan lama pemeraman 14 hari sebesar 30%. Jadi dapat disimpulkan bahwa waktu pemeraman pada campuran tanah lempung ekspansif dan kapur akan meningkatkan nilai CBR tanah.

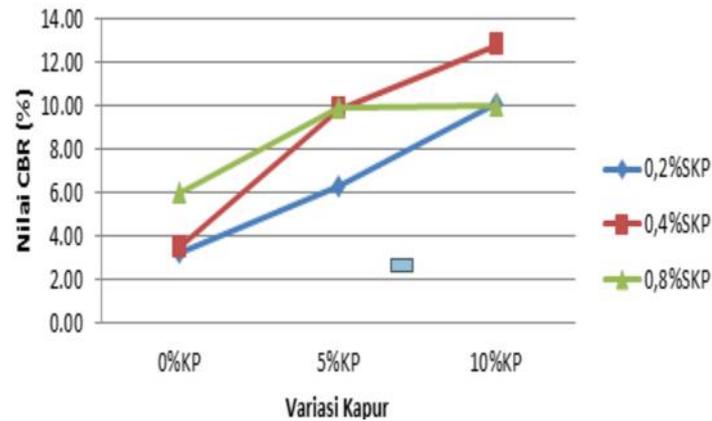
c) Dari hasil uji hipotesis untuk CBR Desain, dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan kapur dan waktu pemeraman dapat digunakan sebagai alternative untuk meningkatkan daya dukung tanah karena hipotesis dapat dibuktikan.

c. Pengaruh Serat Karung Plastik Dan Kapur Terhadap Perubahan Nilai Cbr Pada Tanah Lempung Lunak Oleh Irmanzah,R.2014

Sifat tanah lempung lunak yang memiliki *daya* dukung rendah menjadi suatu permasalahan yang dihadapi dalam proses konstruksi jalan. Kondisi tanah yang stabil sangat dibutuhkan sebagai pendukung proses suatu konstruksi.

Penambahan serat karung plastik dan kapur pada tanah lempung lunak ditujukan untuk perbaikan atau stabilisasi tanah tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisa perubahan nilai CBR tanah lempung lunak dengan penambahan bahan serat karung dan kapur. Dalam penelitian ini digunakan persentase Serat karung plastik 0,2%, 0,4%, 0,8% dan kapur 0%, 5%, 10% dari berat kering tanah lempung lunak dengan jumlah 27 sampel. Serat karung plastik diurai dan dipotongpotong dengan ukuran 1-2 cm. Pengujian dalam penelitian ini meliputi pengujian sifat fisis tanah, pemadatan standar, dan pengujian CBR tanpa rendaman. Hasil pengujian CBR dari tanah

campuran dengan variasi 0,4% serat karung dan 5% kapur adalah sebesar 12,76%. Nilai CBR tersebut mengalami peningkatan hingga 447,78% dari nilai CBR tanah asli.



Gambar 3. Grafik nilai CBR tanah Campuran (Irmanzah,R.2014)

Variasi Campuran	Nilai DDT
0% kapur + 0,2% serat karung plastik	3.87
0% kapur + 0,4% serat karung plastik	4.06
0% kapur + 0,8% serat karung plastik	5.03
5% kapur + 0,2% serat karung plastik	5.14
5% kapur + 0,4% serat karung plastik	5.97
5% kapur + 0,8% serat karung plastik	5.98
10% kapur + 0,2% serat karung plastik	6.02
10% kapur + 0,4% serat karung plastik	6.46
10% kapur + 0,8% serat karung plastik	6.01

Gambar 4. Hasil nilai DDT tanah Campuran (Irmanzah,R.2014)

III. METODE PENELITIAN

A. Sampel Tanah

Sampel tanah yang akan diuji adalah jenis tanah lempung di daerah Sidodadi asri, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan dan jenis tanah lanau di daerah Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro.

Sampel tanah yang diambil adalah sampel tanah terganggu (*disturbed soil*), yaitu tanah yang telah terganggu oleh lingkungan luar. Sampel tanah yang diambil merupakan sampel tanah yang mewakili tanah di lokasi pengambilan sampel.

Sampel tanah tersebut digunakan untuk pengujian analisis saringan, batas-batas *atterberg*, berat jenis, pemadatan (*modified proctor*), dan CBR. Sampel tanah yang diambil tidak memerlukan usaha untuk melindungi sifat dari tanah tersebut. 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 *atterberg*, uji pemadatan

tanah, uji CBR kondisi rendaman mengacu pada SNI 03-1744-2012 tentang prosedur pengujian CBR laboratorium yaitu =

1. mesin penetrasi (*loading machine*) yang dilengkapi dengan alat pengukur beban berkapasitas sekurang-kurangnya 4,45 ton dan kecepatan penetrasi sebesar 1,27 mm/menit.
2. cincin beban dengan arloji pengukurnya.
3. silinder pemadatan CBR dengan diameter bagian dalam 152,4 mm dan tinggi 116,43 mm.
4. penumbuk standar dengan diameter bidang jatuh 50,8 mm, berat 2,5 kg dan tinggi jatuh 305 mm.
5. pengukur pengembangan (*swell*), terdiri dari pelat berlubang-lubang dengan batang pengatur, tripod logam dan arloji penunjuk.
6. pelat-pelat beban dengan berat masing-masing 2,27kg, diameter 194,2mm dan berlubang di tengah dengan diameter 54,0mm.

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) dan SNI.

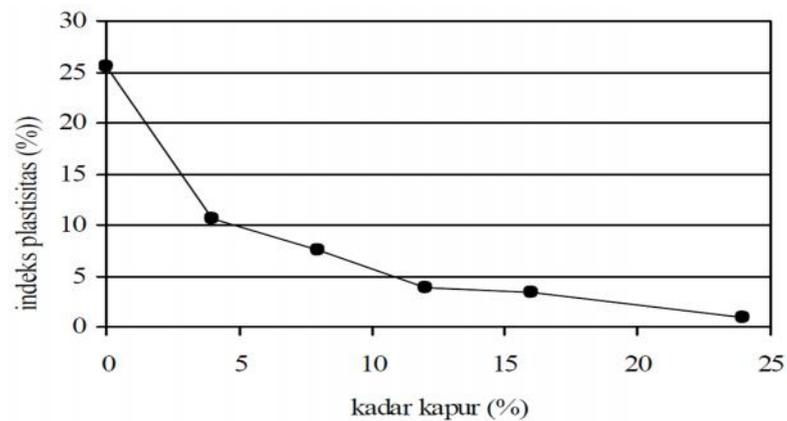
C. Benda Uji

1. Sampel tanah yang di uji pada penelitian ini yaitu tanah dengan klasifikasi lempung yang berasal dari daerah Sidodadi Asri, Kecamatan Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan dan tanah lanau didaerah Desa Yosomulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro – Provinsi Lampung.

2. Air, bisa menggunakan air dari Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
3. *Stabilizing agent* yaitu kapur, kapur yang dipakai adalah hasil pengolahan kapur yang sudah berbentuk serpihan-serpihan kecil

D. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan kapur

1. Kapur dicampur dengan tanah yang telah ditumbuk (butir aslinya tidak pecah) dan lolos saringan no. 4 (4,75 mm). Kadar kapur yang diperlukan untuk stabilisasi ditentukan dari uji *initial consumption of lime* (ICL) sebagaimana disebutkan dalam ASTM D6276-99a, yaitu dengan melakukan uji plastisitas tanah dengan tambahan kadar kapur yang bervariasi. Kadar kapur optimum ditentukan dari Indeks Plastisitas campuran yang menunjukkan nilainya mulai relatif konstan. Dari Gambar 13 didapatkan kadar kapur yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebesar 0 % dan 12%.



Gambar 5. Grafik Hasil Uji *initial consumption of lime* (ICL)

ASTM D6276-99a

2. Tanah yang sudah dicampur dengan kapur didiamkan selama 24 jam untuk mendapatkan campuran yang baik.
3. Campuran dipadatkan hingga mencapai kepadatan optimum.
4. Setelah mencapai kepadatan maksimum, tanah yang sudah dicampur dengan kapur diperam dalam kondisi kadar air optimum dengan variasi waktu pemeraman selama 7 hari, 14 hari, dan 28 hari untuk pengujian CBR rendaman (*soaked CBR*)
5. Setelah dilakukan pemeraman, tanah yang sudah dicampur dengan kapur kemudian dilakukan pengujian CBR dengan rendaman (*Soaked CBR*).

E. Pelaksanaan Pengujian

Pelaksanaan pengujian dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung. Pengujian yang dilakukan dibagi menjadi 2 bagian pengujian yaitu pengujian untuk tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan semen, adapun pengujian-pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Sampel Tanah Asli
 - a. Pengujian Berat Jenis (menggunakan standar ASTM D-854)
 - b. Pengujian Kadar Air (menggunakan standar ASTM D-2216)
 - c. Pengujian Batas *Atterberg* (menggunakan standar ASTM D-4318)
 - d. Pengujian Analisis Saringan (menggunakan standar ASTM D-422, AASHTO 88, Bowles, 1991)
 - e. Pengujian Pemadatan Tanah (menggunakan standar ASTM D-1557 untuk *Modified Proctor*)

- f. Pengujian CBR rendaman (SNI 1744-2012)
2. Pengujian pada tanah yang telah dicampur dengan kapur.
 - a. Pengujian Berat Jenis
 - b. Pengujian Kadar Air

Pada pengujian mekanik tanah campuran, setiap sampel tanah dibuat campuran dengan kapur dengan kadar kapur optimum yaitu 12% dan 0% dari berat sampel untuk kemudian dilakukan pemeraman (Benda uji yang sudah dipadatkan ditutup dengan plastik agar kadar airnya tidak berubah) kemudian dilakukan perawatan selama dengan variasi waktu pemeraman yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Setelah perawatan, cetakan yang berisi benda uji direndam selama 4 hari. Selama perendaman dicatat pembacaan arloji pengembangan (sebelum dan sesudah perendaman) sebelum dilakukan pengujian CBR dengan kecepatan penetrasi 1,27 mm/menit dan pengujian yang lainnya.

F. 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 USCS.
2. Dari data hasil pengujian pemadatan tanah (*modified proctor*) untuk sampel tanah asli dan tanah campuran, didapatkan grafik hubungan berat volume kering dan kadar air untuk mendapatkan nilai kadar air kondisi optimum pada

pemadatan dengan *modified proctor* yang akan digunakan untuk membuat sampel pada uji CBR.

3. 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.
4. Melakukan pembuatan benda uji untuk pengujian CBR dengan mencampur tanah yang telah lolos saringan no. 4 dengan kapur.
5. kadar kapur yang ditentukan yaitu 12 %.
6. Kemudian disiapkan 3 sampel untuk masing-masing campuran untuk kemudian dilakukan pemadatan dengan 5 lapisan menggunakan *modified proctor*.
7. Untuk masing-masing campuran disiapkan 3 sampel untuk dilakukan pemeraman. Dengan variasi pemeraman 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dalam proses pemeraman tempatkan tanah yang dicampur kapur dalam kantong plastik .
8. Setelah itu, material yang telah dicampur dengan kapur dan telah diperam, untuk pengujian CBR dengan memakai kadar air optimum tanah campuran dari *modified proctor*.
9. Memberi kode/nama pada *mold* untuk masing-masing sampel yang telah dipadatkan. Kode pada mold untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada tabel 5. dibawah ini :

Tabel 2. Kode Pada Mold Untuk Masing-Masing Kadar kapur dan Variasi Pemeraman Serta Metode Pemadatan Untuk Tanah Lempung.

Tanah Lempung										
Jumlah Sampel	Kadar kapur	Waktu Pemeraman								
		7			14			28		
		Jumlah Tumbukan								
		10	25	55	10	25	55	10	25	55
9	12 %									

Tabel 3. Kode Pada Mold Untuk Masing-Masing Kadar kapur dan Variasi Pemeraman Serta Metode Pemadatan Untuk Tanah Lanau.

Tanah Lanau										
Jumlah Sampel	Kadar kapur	Waktu Pemeraman								
		7			14			28		
		Jumlah Tumbukan								
		10	25	55	10	25	55	10	25	55
9	12 %									

10. Melakukan perendaman setelah pemeraman berdasarkan Waktu pemeraman yaitu selama 94 jam atau 4 hari.

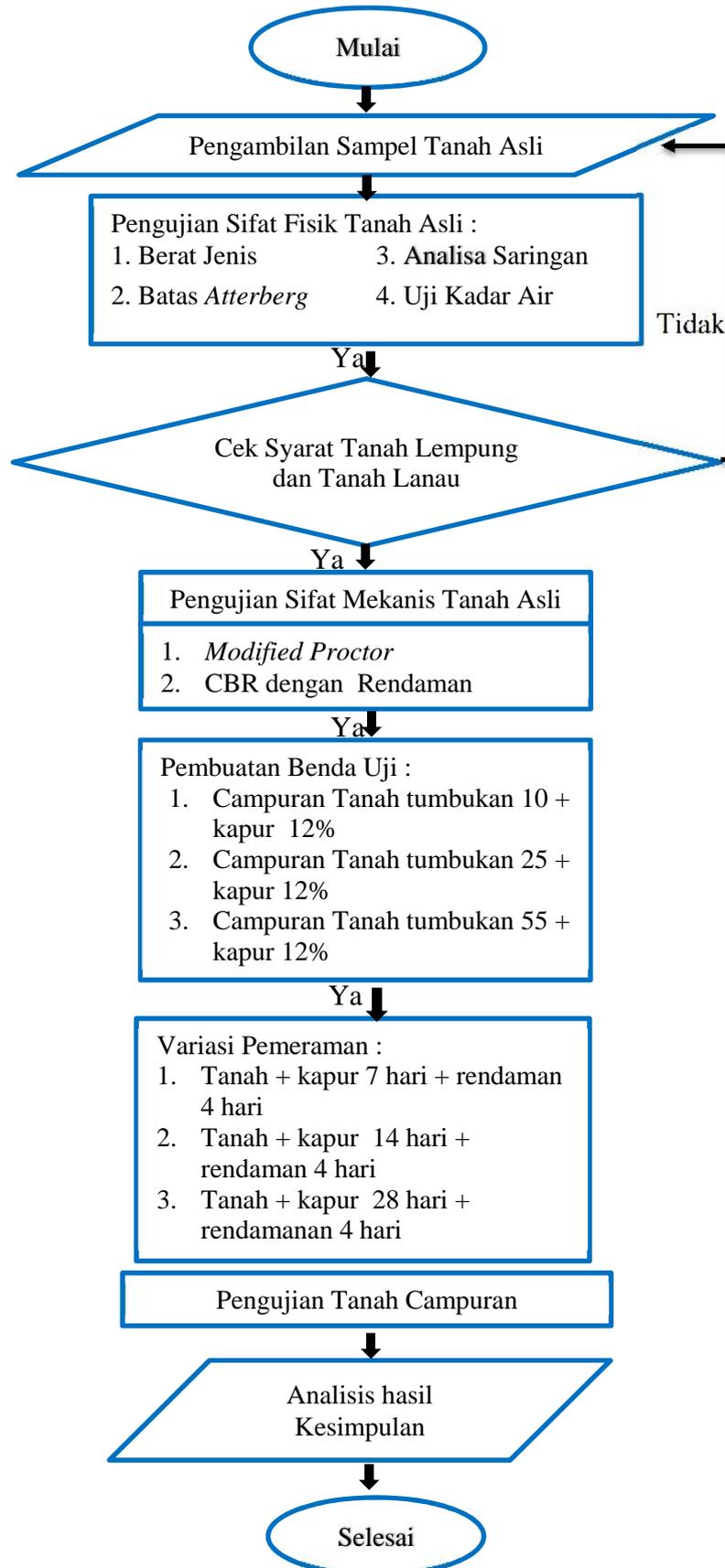
11. Melakukan pengujian CBR, batas *atterberg* dan kadar air untuk tanah campuran dengan kadar kapur 12% dan variasi waktu pemeraman.

G. Analisis Hasil Penelitian

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

1. Hasil dari pengujian sampel tanah asli yang didapat, ditampilkan dalam bentuk tabel dan digolongkan berdasarkan sistem klasifikasi AASHTO dan USCS.

2. Dari hasil pengujian sampel tanah asli, didapatkan data pengujian seperti : uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar air, uji batas *atterberg*, uji pemadatan tanah (*modified proctor*), uji CBR serta kadar air optimum untuk selanjutnya dilakukan pencampuran.
3. Analisis mengenai perubahan karakteristik pada tanah campuran kapur dengan variasi berbeda-beda dan pemadatan *modified proctor* serta diperam dengan variasi yang telah ditentukan dan dengan mengacu pada perubahan nilai dari parameter-parameter pengujian seperti pengujian CBR, pengujian kadar air dan pengujian berat jenis, sebagai berikut :
 - a. 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 dengan plastik, serta variasi metode pemadatannya..
 - b. Hasil pengujian parameter CBR, nilai kekuatan daya dukung tanah campuran akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara nilai peningkatan/penurunan nilai CBR dengan pemadatan *modified proctor* serta setelah diperam dengan variasi yang berbeda-beda. Dari tabel dan grafik nilai CBR tersebut maka akan didapatkan penjelasan mengenai perbandingan kualitas daya dukung tanah yang terjadi pada masing-masing penetrasi
 - c. Dari seluruh analisis hasil penelitian tersebut, maka akan dapat ditarik kesimpulan berdasarkan tabel dan grafik yang telah ada terhadap hasil penelitian yang didapat.



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan terhadap sampel tanah yang di ambil dari desa Sidodadi Asri dan Desa Yosomulyo, maka dapat di ambil kesimpulan :

1. Dari hasil pengujian sifat fisis sampel tanah asli di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Lampung dapat di simpulkan bahwa tanah yang di ambil dari desa Sidodadi Asri di klasifikasikan sebagai tanah lempung dengan plastisitas tinggi, sedangkan tanah yang berasal brasal dari desa yosomulyo adalah tanah lanau berplastisitas rendah.
2. Berdasarkan hasil pengujian material tanah dengan batas-batas Atterberg maka berdasarkan klasifikasi *AASHTO* memberikan gambaran bahwa tanah yang berasal dari Desa Sidodadi Asri kecamatan Jati Agung ,kabupaten lampung selatan tersebut, maka tanah ini digolongkan dalam klasifikasi A-7 pada subkelompok tanah A-7-5 (tanah berlempung) dan jika digunakan sebagai tanah dasar merupakan bagian sedang sampai buruk.
3. Berdasarkan hasil pengujian material dengan batas-batas Atterberg pada tanah dari desa yosomulyo memiliki nilai indeks plastisitas (IP) sebesar 9,1% dan

LL = 44,06% . Dengan menggunakan tabel AASHTO di golongan dalam klasifikasi A-5 (tanah berlanau) , dan bila di gunakan sebagai tanah dasar memiliki penilaian biasa sampai jelek.

4. Penggunaan kapur dengan kadar 12% (berdasarkan ICL) cukup efektif dalam meningkatkan daya dukung tanah ,baik berasal dari daerah Desa Sidodadi Asri ,kecamatan Jati Agung ,Lampung Selatan maupun dari desa Yosomulyo, Metro. Keduanya mengalami peningkatan nilai CBR yang cukup baik.
5. Pada pengujian CBR *soaked* tanah stabilisasi daerah Desa Sidodadi Asri Kecamatan Jati Agung kabupaten Lampung selatan ,dan tanah dari desa Yosomulyo, kota Metro – provinsi Lampung dengan waktu pemeraman 1, 7 , 14 dan 28 hari dan perendaman selama 4 hari, Peningkatan nilai CBR konstan terjadi seiring penambahan durasi pemeraman.

B. Saran

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

1. Untuk mengetahui efektif atau tidaknya campuran kapur 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 kapur pada jenis tanah lain.
2. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui sifat campuran kapur 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 perendaman.
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 ,misal kapur 12% + zat *Additive* lainnya.
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 dan lanau terhadap efek jangka panjangnya (*long term effect*).

DAFTAR PUSTAKA

http://id.wikipedia.org/wiki/Batu_kapur

<http://www.scribd.com/doc/76936801/Pengertian-Bahan-Kapur#scribd>

Bowles, J. 1984. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta.

Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah. (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid II. Erlangga. Jakarta.

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

Irmanzah, Reza. 2014. *Pengaruh Serat Karung Plastik Dan Kapur Terhadap Perubahan Nilai Cbr Pada Tanah Lempung Lunak*

Trissiyana. 2015. *Pengaruh Waktu Pemeraman Dengan Penambahan Kapur Sebagai Bahan Additive Pada Tanah Lempung Ekspansif Terhadap Nilai Cbr Tanah*

Ingles, O.G dan Metcalf, J.B., 1972, *Soil Stabilization Principles and Practice*, Butterworths Pty. Limited, Melbourne..

Terzaghi, K., dan Peck, R.B. 1987. *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga. Jakarta.

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

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

Pandiangan, Bravo. 2016. *Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Daya Dukung Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Semen Pada Kondisi Tanpa Rendaman (Unsoaked)*. Skripsi Universitas Lampung.Lampung

Wesley, L. D. 1977. *Mekanika Tanah*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta
sipil.studentjournal.ub.ac.id/index.php/jmts/article/view/197/166