

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP NILAI UJI  
KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG  
DISTABILISASI MENGGUNAKAN SEMEN PADA KONDISI  
RENDAMAN**

(Skripsi)

Oleh:

**DINDHA AMALIA SYANANTA**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

**2016**

## ABSTRAK

### PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP NILAI UJI KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG DISTABILISASI MENGGUNAKAN SEMEN PADA KONDISI RENDAMAN

Oleh  
DINDHA AMALIA SYANANTA

Tanah di Indonesia sebagian besar merupakan tanah lempung dan lanau, yang cenderung tidak stabil, diantaranya daya dukung dan penurunan tanah. Untuk memperbaiki tanah tersebut dibutuhkan stabilisasi tanah diantaranya menggunakan bahan tambahan (*additive*). Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk mengukur kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut. Dalam penelitian ini akan dilakukan uji kuat tekan bebas serta untuk memperbaiki mutu tanah digunakan bahan pencampur berupa semen dengan variasi pemeraman 7 hari, 14 hari dan 28 hari agar dapat mengetahui kekuatan optimal pada tanah lempung maupun lanau.

Dari pengaruh variasi waktu pemeraman terhadap nilai uji kuat tekan bebas didapat peningkatan nilai kuat tekan bebas tertinggi pada campuran semen dengan variasi waktu pemeraman 14 hari sebesar  $0,5927 \text{ kg/cm}^2$  untuk tanah lempung. Pada tanah lanau peningkatan nilai kuat tekan bebas tertinggi dengan variasi waktu pemeraman 14 hari sebesar  $0,5819 \text{ kg/cm}^2$ . Dalam kondisi optimal pengaruh campuran semen pada tanah lempung dan tanah lanau terjadi pada campuran semen 9% dengan waktu pemeraman 14 hari. Dari hasil yang didapat memperlihatkan sejalan dengan peningkatan kadar semen, terjadi peningkatan nilai  $q_u$ . Dengan bertambahnya waktu pemeraman maka nilai kuat tekan juga mengalami peningkatan.

**Kata kunci** : kuat tekan, semen, pemeraman, tanah lempung, tanah lanau

## ABSTRACT

### TIME VARIATION EFFECT ON UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH VALUE ON CLAY AND SILT STABILIZED USING CEMENT ON SOAKING CONDITION

BY  
DINDHA AMALIA SYANANTA

Soil in Indonesia are mostly clay and silt, which tend to be unstable, such as the soil support, compressive strength of soil and land subsidence. To improve the land needed including soil stabilization using additional materials (additive). Unconfined Compression Test is a method that done in the laboratory to measure compression until the soil separates from its grains and to measure the soil stretch from that press. In this research to improve the quality of the soil used materials like cement mixer with a variety of curing 7 days, 14 days and 28 days in order to determine the optimum strength in clay and silt.

From the effect of variations in curing time on compressive strength test values obtained increase in the compressive strength at the highest cement mix with a variety of curing time of 14 days at  $0.5927 \text{ kg / cm}^2$  for clay. On the silt soil increase in the compressive strength with the highest free 14-day curing time variation of  $0.5819 \text{ kg / cm}^2$ . Under optimal conditions the influence of a mixture of cement on clay and silt soil occurred in 9% of cement mix with a curing time of 14 days. From the results obtained show consistent with an increase in cement content, an increase in the value of  $q_u$ . With increasing curing time then the compressive strength also increased.

**Keywords:** compressive strength, cement, curing, clay, silt

**PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN TERHADAP NILAI UJI  
KUAT TEKAN BEBAS PADA TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG  
DISTABILISASI MENGGUNAKAN SEMEN PADA KONDISI  
RENDAMAN**

Oleh

**DINDHA AMALIA SYANANTA**

**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 : **PENGARUH VARIASI WAKTU PEMERAMAN  
TERHADAP NILAI UJI KUAT TEKAN BEBAS  
PADA TANAH LEMPUNG DAN LANAU YANG  
DISTABILISASI MENGGUNAKAN SEMEN PADA  
KONDISI RENDAMAN**

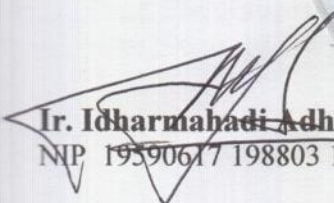
Nama Mahasiswa : **Dindha Amalia Syananta**

No. Pokok Mahasiswa : 1115011022

Jurusan : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



  
**Ir. Idharmahadi Adha, M.T.**  
NIP 19590617 198803 1 003

  
**Ir. Setyanto, M.T.**  
NIP 19550830 198403 1 001

2. Ketua Jurusan



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

**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Idharmahadi Adha, M.T.**

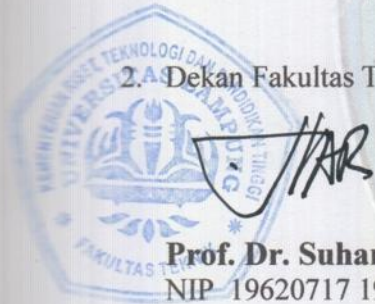
Sekretaris : **Ir. Setyanto, M.T.**

Penguji  
Bukan Pembimbing : **Iswan, S.T., M.T.**

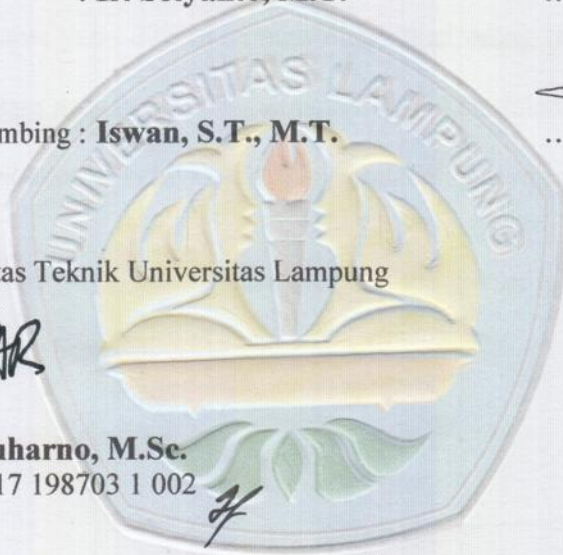


Handwritten signatures of the examiners: Ir. Idharmahadi Adha, M.T. (black ink), Ir. Setyanto, M.T. (blue ink), and Iswan, S.T., M.T. (black ink).

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



**Prof. Dr. Suharno, M.Sc.**  
NIP. 19620717 198703 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 Februari 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, Februari 2016



Penulis

**Dindha Amalia Syananta**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Dindha Amalia Syananta lahir di Bandar Lampung, pada tanggal 24 Mei 1993, merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Syakib Arsalan, S.E. dan Ernani Asmarantaka, S.E. Penulis memiliki dua orang saudara perempuan bernama Nicky Pradipta Syananta dan Fieta Prescilia Syananta serta saudara laki-laki bernama Kamaruzzaman Al Farizi.

Penulis menempuh pendidikan di TK Pertiwi Bandar Lampung dan dilanjutkan menempung pendidikan dasar di SDN 2 Teladan Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2005. Pendidikan tingkat pertama ditempuh di SMPN 2 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2008. Kemudian melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN 2 Bandar Lampung yang diselesaikan pada tahun 2011.

Penulis diterima menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2011 lewat jalur SNMPTN. Selama menjadi mahasiswi, penulis pernah menjadi asisten dosen untuk mata kuliah Mekanika Tanah I tahun akademik 2015/2016.



## MOTO

*"Pendidikan merupakan senjata paling ampuh yang bisa kamu gunakan untuk merubah dunia"*  
(Nelson Mandela)

*"Bermimpilah setinggi langit, jika engkau jatuh... engkau akan jatuh di antara bintang - bintang"*  
(Ir. Soekarno)

*"Kemenangan yang indah-indahnya dan sesukar-sukarnya yang boleh direbut oleh manusia ialah menundukkan diri sendiri."*  
(Ibu Kartini)

*"Ridho Allah berada pada ridho kedua orang tuanya, dan murka Allah (akibat murka kedua orang tuanya"*  
(HR. At-Tarmizi)

*"Kekhawatiran tidak menyelesaikan apapun"*

*"It's not about having time, it's about making time"*

*"Doubt kills more dreams than failure ever will"*  
(Suzy Kassem)

*"Success is liking what you do, and liking how you do it"*  
(Maya Angelou)

*"Choose to be optimistic, it feels better"*

## SANWACANA

*Alhamdulillah Robbil 'Alamin*, puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi dengan judul **Pengaruh Variasi Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Uji Kuat Tekan Bebas Pada Tanah Lempung Dan Lanau Yang Distabilisasi Menggunakan Semen Pada Kondisi Rendaman** dapat terselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada program reguler Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

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

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

1. Prof. Drs. Suharno, M.sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
2. Dr. Gatot Eko Susilo, S.T., M.sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Ir. Idharmahadi Adha, M.T. selaku Dosen Pembimbing I skripsi.

4. Ir. Setyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing II skripsi.
5. Iswan S.T., M.T. selaku Dosen Penguji skripsi.
6. Ir. Laksmi Irianti, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademis.
7. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
8. Kedua orang tua penulis Syakib Arsalan, S.E dan Ernani Asmarantaka, S.E yang telah memberikan restu dan doanya serta Teteh-tetehku dan Adikku (Nicky Pradipta Syananta, Fieta Prescilia Syananta dan Kamaruzzaman Al Farizi) yang selalu memberi warna dan do'a di kehidupan penulis.
9. Wanita Perkasa ku Wenny Dwi Tiara, S.T dan Chrissa Nabila
10. Sahabat terbaik (om9p) Aini, Zuryati, Trisa, Sinta, Funika, Ivone, Baya, Annisa, Fildza.
11. Sahabat Tercinta Finda, Ika, Tyo, Ester, Bogi, Uffa, Ivan, Danu, Agung, Ganang, Dedi, Cincun.
12. Keluarga Sonora Lampung yang selalu menghibur dan memberi warna.
13. Rekan-rekan yang telah banyak membantu penulis Ibeng, Sofuan, Bravo, Putra, Hafiz, Alward.
14. Pria yang sedang dalam kehidupan penulis Dicky Dwianggara.
15. Teknisi di laboratorium (Mas Pardin, Mas Miswanto, Mas Budi, Mas Bayu, Mas Andi).
16. Seluruh keluarga besar Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung, khususnya angkatan 2011.

Serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini. Penulis sangat berharap karya kecil ini dapat bermanfaat bagi pembaca, terutama bagi penulis sendiri.

Bandar Lampung,      Februari 2016

Penulis,

**Dindha Amalia Syananta**

## DAFTAR ISI

### Halaman

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

SANWACANA

DAFTAR ISI..... i

DAFTAR TABEL..... iii

DAFTAR GAMBAR..... v

### I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang ..... 1

B. Rumusan Masalah..... 3

C. Batasan Masalah ..... 4

D. Tujuan Penelitian ..... 4

### II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanah..... 6

B. Klasifikasi Tanah ..... 8

C. Tanah Lempung ..... 15

D. Tanah Lanau..... 18

E. Semen..... 19

F. Kuat Tekan..... 25

**III. METODE PENELITIAN**

A. Bahan Penelitian .....	27
B. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan Semen .....	27
C. Pelaksanaan Pengujian.....	28
D. Pengujian Kuat Tekan Bebas .....	42
E. Waktu Pemeraman.....	43
F. Analisis Data.....	44
G. Bagan Alir Penelitian....	45

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Uji Fisik.....	46
B. Klasifikasi Tanah .....	53
C. Analisa Hasil Pengujian Kuat Tekan Bebas.....	54

**V. PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	68
B. Saran .....	69

**DAFTAR PUSTAKA****LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
<b>II.1.</b> Klasifikasi Tanah Berdasarkan AASHTO .....	11
<b>II.2.</b> Sistem Klasifikasi Tanah USCS.....	13
<b>II.3.</b> Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem <i>Unfied</i> .....	14
<b>II.4.</b> Empat Senyawa Utama dari Semen Portland .....	22
<b>II.5.</b> Sifat masing-masing Komposisi Utama Semen .....	23
<b>II.6.</b> Jenis Semen Portland dengan Sifat-sifatnya .....	24
<b>IV.1.</b> Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lempung .....	47
<b>IV.2.</b> Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Lanau.....	47
<b>IV.3.</b> Hasil Uji Pemadatan <i>Modified Proctor</i> .....	51
<b>IV.4.</b> Hasil Uji UCS Pada Tanah Tanpa Campuran .....	55
<b>IV.5.</b> Hasil Uji UCS Pemeraman 7 Hari Tanah Lempung Distabilisasi Semen.....	56
<b>IV.6.</b> Hasil Uji UCS Pemeraman 14 Hari Tanah Lempung Distabilisasi Semen.....	57
<b>IV.7.</b> Hasil Uji UCS Pemeraman 28 Hari Tanah Lempung Distabilisasi Semen.....	59
<b>IV.8.</b> Hasil Uji UCS Pemeraman 7 Hari Tanah Lanau Distabilisasi Semen .....	60

<b>IV.9.</b> Hasil Uji UCS Pemeraman 14 Hari	
Tanah Lanau Distabilisasi Semen .....	62
<b>IV.10.</b> Hasil Uji UCS Pemeraman 28 Hari	
Tanah Lanau Distabilisasi Semen .....	63
<b>IV.11.</b> Hasil Nilai $q_u$ Pengujian UCS Tanah Lempung .....	64
<b>IV.12.</b> Hasil Nilai $q_u$ Pengujian UCS Tanah Lanau .....	66



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
<b>II.1.</b> Nilai Batas <i>Atterberg</i> .....	12
<b>IV.1.</b> Grafik HasilAnalisaSaringan Tanah Lempung .....	49
<b>IV.2.</b> Grafik HasilAnalisaSaringan Tanah Lanau .....	49
<b>IV.3.</b> Grafik Hubungan Nilai KAO dan Kadar Semen.....	51
<b>IV.4.</b> Grafik Hubungan Nilai Berat Volume kering dan Kadar Semen.....	52
<b>IV.5.</b> Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pemeraman 7 Hari Tanah Lempung Distabilisasi Semen.....	56
<b>IV.6.</b> Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pemeraman 14 Hari Tanah Lempung Distabilisasi Semen.....	58
<b>IV.7.</b> Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pemeraman 28 Hari Tanah Lempung Distabilisasi Semen.....	59
<b>IV.8.</b> Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pemeraman 7 Hari Tanah Lanau Distabilisasi Semen .....	61
<b>IV.9.</b> Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pemeraman 14 Hari Tanah Lanau Distabilisasi Semen .....	62
<b>IV.10.</b> Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pemeraman 28 Hari Tanah Lanau Distabilisasi Semen .....	63
<b>IV.11.</b> Grafik Hubungan Nilai $q_u$ dan Waktu Pemeraman Tanah Lempung....	65
<b>IV.12.</b> Grafik Hubungan Nilai $q_u$ dan Waktu Pemeraman Tanah Lanau .....	66

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Tanah mempunyai peranan penting dalam ilmu teknik sipil, baik sebagai material konstruksi ataupun sebagai pendukung beban. Tanah berfungsi sebagai penahan beban akibat konstruksi di atas tanah yang harus bisa memikul seluruh beban baik berupa beban hidup maupun beban mati untuk diteruskan ke dalam tanah sampai ke lapisan tanah sampai kedalaman tertentu. Tetapi pada kenyataan, tidak semua tanah memiliki sifat-sifat fisik dan mekanis yang baik. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan formasi proses ilmiah dalam pembentukan tanah, perbedaan topografi dan geologi yang membentuk lapisan tanah.

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*). Pelapukan kimiawi memerlukan air serta oksigen dan karbon dioksida. Proses kimiawi mengubah kandungan mineral pada batuan menjadi jenis mineral lain yang sangat berbeda sifatnya. (Wesley, 2012).

Tanah di Indonesia sebagian besar merupakan tanah lempung dan lanau, yang cenderung menyulitkan, diantaranya kuat tekan tanah dan penurunan tanah. 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. Lanau adalah peralihan antara lempung dan pasir, bersifat kurang plastis dibanding lempung. Hal ini sangat tidak menguntungkan bila tanah lempung digunakan sebagai tanah dasar untuk menopang suatu bangunan. (Wesley, 2012)

Uji kuat tekan bebas (*Unconfined Compression Test*) merupakan cara yang dilakukan di laboratorium untuk mengukur kuat tekan yang diberikan sampai tanah tersebut terpisah dari butiran-butirannya juga mengukur regangan tanah akibat tekanan tersebut. Dari nilai kuat tekan maksimum yang dapat diterima pada masing-masing contoh akan didapat sensitivitas tanah. Nilai sensitivitas ini mengukur bagaimana perilaku tanah jika terjadi gangguan dari luar. Percobaan kuat tekan bebas dimaksudkan terutama untuk tanah lempung atau tanah lanau.

Seperti yang diketahui, terdapat beberapa masalah yang harus dihadapi di lapangan, dimana sering dihadapkan dengan lokasi yang memiliki karakteristik tanah yang kurang baik sehingga untuk menambah kekuatan dan memperbaiki daya dukungnya perlu dilakukan upaya stabilisasi pada tanah di lokasi tersebut. Stabilisasi tanah merupakan salah satu alternatif dalam perbaikan tanah untuk meningkatkan kepadatan dan daya dukung tanah. Metoda stabilisasi yang umum digunakan, diantaranya menggunakan bahan tambahan (*additive*). Bahan campuran ini antara lainnya adalah semen, kapur,

abu sekam padi, *fly ash* dan lain-lain. Dalam penelitian ini metode stabilisasi tanah dilakukan dengan menggunakan bahan campuran. Untuk memperbaiki mutu tanah digunakan bahan pencampur berupa semen. Stabilisasi tanah-semen ini merupakan tipe yang umum, dimana pencampuran tanah dan semen biasa digunakan untuk tanah dasar pada perkerasan jalan.

Stabilisasi dengan menggunakan semen berfungsi untuk mengisi pori-pori tanah yang menyerap air di dalamnya. Semen tersebut kemudian mengikat butiran lempung dan mengeras sehingga menghasilkan struktur butiran yang lebih kuat dan stabil. Ketika semen ditambahkan pada tanah akan terjadi reaksi, yaitu proses dimana butiran semen membentuk jaringan-jaringan yang kuat. Proses tersebut membutuhkan waktu untuk mendapatkan hasil stabilisasi tanah yang optimal. Maka dalam penelitian ini akan dilakukan pemeraman dengan variasi waktu yang berbeda untuk mengetahui hasil stabilisasi tanah-semen yang baik sebelum digunakan.

Bahan pencampur yang akan digunakan diharapkan dapat mengurangi atau menghilangkan sifat-sifat tanah yang kurang baik dan kurang menguntungkan. Seperti yang diketahui bahwa semen adalah stabilisator yang sangat baik untuk peningkatan daya dukung tanah. Sedangkan tanah yang akan diuji merupakan tanah lempung dan lanau.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pemeraman terhadap nilai uji tekan bebas pada tanah lempung dan lanau yang distabilisasi menggunakan semen pada kondisi rendaman.

### **C. Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi pada beberapa masalah, yaitu :

1. Sampel tanah yang digunakan merupakan tanah lanau yang diambil dari Desa Yoso Mulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro, Provinsi Lampung, dan tanah lempung berasal dari Desa Belimbing Sari, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung.
2. Bahan pencampur yang digunakan adalah semen
3. Pengujian sifat fisik tanah lempung dan lanau yang dilakukan adalah :
  - a. Pengujian kadar air
  - b. Pengujian berat jenis
  - c. Pengujian analisa saringan
  - d. Hidrometer
  - e. Pengujian batas *atterberg*
  - f. Pengujian pemadatan tanah
4. Pengujian sifat mekanik tanah yang dilakukan adalah pengujian kuat tekan bebas pada tanah lempung dan lanau yang distabilisasi dengan semen yang diperam dengan variasi pemeraman yaitu 7 hari, 14 hari dan 28 hari dan direndam selama 4 hari.

### **D. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh semen yang disubstitusikan pada tanah lempung dan tanah lanau terhadap peningkatan kuat tekan bebas tanah ( $q_u$ ) yang telah distabilisasi terhadap tanah asli dengan menggunakan uji tekan bebas dengan variable pencampuran berbeda.

2. Untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pemeraman tanah lempung dan tanah lanau yang telah distabilisasi menggunakan semen dari variasi waktu yaitu 7 hari, 14 hari, 28 hari terhadap waktu perendaman selama 4 hari.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Tanah

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. (Wesley, 2012)

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, 1997).

Pengertian tanah menurut Bowles (1989), tanah merupakan campuran partikel-partikel yang terdiri dari salah satu atau seluruh jenis unsur-unsur sebagai berikut :

- a. Berangkal (*boulders*), merupakan potongan batu yang besar, biasanya lebih besar dari 250 mm sampai 300 mm. Untuk kisaran antara 150 mm sampai 250 mm, fragmen batuan ini disebut kerakal (*cobbles*).

- b. Kerikil (*gravel*), partikel batuan yang berukuran 5 mm sampai 150 mm.
- c. Pasir (*sand*), partikel batuan yang berukuran 0,074 mm sampai 5 mm, berkisar dari kasar (3-5 mm) sampai halus (kurang dari 1 mm).
- d. Lanau (*silt*), partikel batuan berukuran dari 0,002 mm sampai 0,074 mm. Lanau dan lempung dalam jumlah besar ditemukan dalam deposit yang disedimentasikan ke dalam danau atau di dekat garis pantai pada muara sungai.
- e. Lempung (*clay*), partikel mineral berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi pada tanah yang kohesif.
- f. Koloid (*colloids*), partikel mineral yang “diam” yang berukuran lebih kecil dari 0,001 mm.

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).

Bahan tanah tersusun atas empat komponen, yaitu bahan padat mineral, bahan padat organik, air, dan udara. Bahan padat mineral terdiri atas bijih batuan dan mineral primer, lapukan batuan dan mineral, serta mineral sekunder. Bahan padat organik terdiri atas sisa dan rombakan jasad, terutama tumbuhan, zat humik, dan jasad hidup penghuni tanah, termasuk akar tumbuhan hidup. Air mengandung berbagai zat terlarut sehingga disebut juga larutan tanah.



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

## **B. Klasifikasi Tanah**

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya.

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

Sistem klasifikasi bukan merupakan sistem identifikasi untuk menentukan sifat- sifat mekanis dan geoteknis tanah. Karenanya, klasifikasi tanah bukanlah satu- satunya cara yang digunakan sebagai dasar untuk perencanaan dan perancangan konstruksi.

Adapun sistem klasifikasi tanah yang telah umum digunakan adalah :

### **1. Sistem AASHTO (*American Association Of State Highway and Transporting Official*)**

Sistem ini 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, 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.

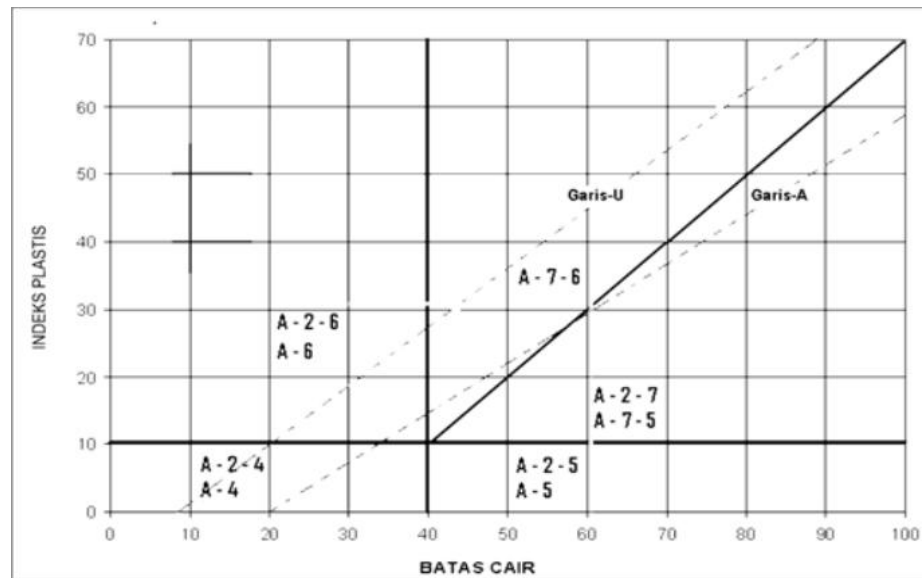
Untuk mengklasifikasikan tanah, maka data yang didapat dari percobaan laboratorium dicocokkan dengan angka-angka yang diberikan dalam Tabel 2.1. Kelompok tanah dari sebelah kiri adalah kelompok tanah baik dalam menahan beban roda, juga baik untuk lapisan dasar tanah jalan. Sedangkan semakin ke kanan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

**Tabel 2. 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			
Klasifikasi kelompok	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		Min 41 Maks 10		Maks 40 Min 11		Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau				Tanah Berlempung		
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek						

Sumber : Das, 1995.

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



**Gambar 2.1** Nilai-Nilai Batas Atterberg untuk Subkelompok Tanah. (Christady, 1992).

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

Dalam sistem ini, *Cassagrande* membagi tanah menjadi 3 (tiga) kelompok (Sukirman, 1992), yaitu :

- Tanah berbutir kasar (*coarse-grained soil*), < 50% lolos saringan No. 200.
- Tanah berbutir halus (*fine-grained soil*), > 50% lolos saringan No. 200.
- Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau dan sisa-sisa tumbuh- tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

**Tabel 2.2** Sistem Klasifikasi Tanah USCS (Bowles, 1989)

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		

Dengan :

W = *Well Graded* (tanah dengan gradasi baik),

P = *Poorly Graded* (tanah dengan gradasi buruk),

L = *Low Plasticity* (plastisitas rendah,  $LL < 50$ ),

H = *High Plasticity* (plastisitas tinggi,  $LL > 50$ ).

**Tabel 2.3** Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama	Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi	
Tanah berbutir kasar 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau	
	Pasir 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung	
		Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus
Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		
	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung		
Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	50% lempung dan lempung batas cair	ML	Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	
		CL	Lempungan organik 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	
	50% lempung dan lempung batas cair	MH	Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, lanau yang elastis	
		CH	Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" ( <i>fat clays</i> )	
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi	
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	Peat (gambut), muck, dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488	

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus : Kurang dari 5% lolos saringan No.200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan No.200 : GM, GC, SM, SC. 5% - 12% lolos saringan No.200 : Batas klasifikasi yang mempunyai simbol dobel

**Kriteria Klasifikasi**

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$

$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$  Antara 1 dan 3

Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW

Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau  $PI < 4$

Batas-batas *Atterberg* di bawah garis A atau  $PI > 7$

Bila batas *Atterberg* berada di daerah sirdar diagram plastisitas, maka dipakai simbol

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

Sumber : Christady, 1992.

### **C. Tanah Lempung**

Tanah lempung merupakan tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan, tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1993).

Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1989).

Tanah dengan butir halus sangat terikat karena unsur kimiawinya dengan air sehingga masa tanah lempung merupakan lapisan yang lemah serta mineral lempung sangat memengaruhi sifat masa tanah secara keseluruhan (Sutarman, 2013).

Lempung memiliki sifat yang khas yaitu dalam keadaan basah akan bersifat lunak serta plastis dan kohesif, mengalami peristiwa pengembangan dan penyusutan yang cepat sehingga menghasilkan perubahan volume yang besar akibat pengaruh adanya air yang bercampur.

#### **A. Mineral Lempung**

Mineral lempung berukuran sangat kecil (kurang dari 2 $\mu$ m) dan merupakan partikel yang aktif secara elektro kimiawi dan hanya dapat dilihat dengan mikroskop elektron. Mineral lempung menunjukkan karakteristik yang berhubungan dengan air dan plastisitas yang dihasilkannya. Secara kimiawi, mineral lempung merupakan ikatan hydrous aluminosilicates (aluminasilika dengan air) ditambah dengan ion metalik.



Partikel lempung berflokulasi (berkelompok) dalam satu satuan tekstur submikroskopis dan disebut domain. Domain-domain berkelompok membentuk cluster, dan cluster berkelompok membentuk ped (butir tanah yang dapat dilihat) (Sutarman,2013).

## B.Sifat Umum Mineral Lempung

### 1. Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar serta 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 yang akan hilang pada temperature 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.

### 2. Flokulasi dan Disversi

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

bahan yang mengandung asam (ion H<sup>+</sup>), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat *flokulasi*. Lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thixotropik* (*thixopic*), dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu.

### 3. Pengaruh Zat Cair

Air yang tidak murni secara kimiawi adalah fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung. Pada pengujian di Laboratorium untuk batas *Atterberg*, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. Untuk dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang didapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi maka dilakukan pemakaian air suling yang relative bebas ion.

Air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. Satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (dipolar). Fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida (Ccl<sub>4</sub>) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

### 4. Sifat-sifat Fisik Tanah

Sifat-sifat fisik tanah berhubungan erat dengan kelayakan pada banyak penggunaan tanah. Kekokohan dan kekuatan pendukung, kapasitas penyimpanan air, plastisitas semuanya secara erat berkaitan dengan kondisi fisik tanah. Hal ini berlaku pada tanah yang digunakan sebagai bahan struktural dalam pembangunan jalan raya, bendungan, dan pondasi untuk sebuah gedung,

atau untuk sistem pembuangan limbah (Hendry D. Foth, Soenartono A. S, 1994).

Untuk mendapatkan sifat-sifat fisik tanah, ada beberapa ketentuan yang harus diketahui terlebih dahulu, diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Kadar Air
- b. Berat Volume
- c. Analisa Saringan
- d. Berat Jenis
- e. Batas *Atterberg*
- f. Hidrometer

#### **D. 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 gletser), cair (pengendapan sungai), maupun oleh angin. Di wilayah-wilayah setengah kering produksi lanau biasanya cukup tinggi. Lanau yang terbentuk secara glasial (oleh gletser) dalam bahasa Inggris kadang-kadang 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 berkoheksi dan tidak plastis, sifat teknis lanau lempung batu cenderung mempunyai sifat pasir halus.

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 H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, serta berbagai gas lain hasil peluruhan tumbuhan yang akan memberikan bau khas pada tanah. Permeabilitas lanau organik sangat rendah sedangkan kompresibilitasnya sangat tinggi.

### **E. Semen**

Unsur utama pembentuk semen adalah kalsium oksida, silikat dan aluminat yang membentuk seperti pasta pengikat, ketika terhidrasi. Kalsium silikat (C<sub>3</sub>S dan C<sub>2</sub>S) merupakan unsur yang paling banyak, yaitu mencapai 70-80% dari semen, sehingga merupakan unsure yang berpengaruh besar pada sifat semen. Bila semen terkena air C<sub>3</sub>S segera terhidrasi dan menghasilkan panas. Selain

itu, C<sub>3</sub>S juga berpengaruh besar pada kecepatan pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Sebaliknya, C<sub>2</sub>S bereaksi lebih lambat dengan air, sehingga pengaruhnya pada pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari, dan kemudian memberikan kekuatan finalnya. Unsur C<sub>2</sub>S juga membuat semen tahan terhadap serangan bahan kimia, selain juga mereduksi besarnya penyusutan saat pengeringan. Untuk terjadinya reaksi kimia, kedua unsur utama ini membutuhkan air berturut-turut sekitar 24% dan 21% dari beratnya. Namun, saat terjadinya hidrasi, C<sub>3</sub>S membebaskan kalsium hidroksida hampir tiga kali lebih banyak dari yang dibebaskan oleh C<sub>2</sub>S. Karena itu, jika C<sub>3</sub>S mempunyai presentasi lebih tinggi, maka akan dihasilkan proses pengerasan yang cepat pada pembentukan kekuatan awalnya yang disertai dengan panas hidrasi yang tinggi. Sebaliknya, persen C<sub>2</sub>S yang lebih tinggi menghasilkan proses pengerasan yang lambat, panas hidrasi yang rendah, namun mempunyai ketahanan terhadap serangan kimia yang lebih baik. (Tjokrodimuljo, 1996)

Semen merupakan bahan stabilisasi yang baik karena kemampuannya mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Fungsi semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen dikelompokkan ke dalam 2 (dua) jenis yaitu semen hidrolis dan non-hidrolis. Semen hidrolis adalah suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air, sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.

Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur (CaO), silikat

(SiO<sub>2</sub>), alumunia (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), ferro oksida (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), magnesit (MgO), serta oksida lain dalam jumlah kecil (Lea and Desch, 1940).

Bila dibandingkan dengan stabilisasi tanah-kapur, stabilisasi tanah-semen lebih mahal. Keuntungan dari penggunaan semen untuk stabilisasi adalah semen memberikan ikatan yang lebih kuat diantara partikel-partikel tanah. Semua komponen kimia untuk berkembangnya ikatan kasilium silika dan aminium terdapat didalam semen, dan tidak ada kontribusi kimiawi yang dibutuhkan dari tanahnya, oleh karena itu stabilisasi semen tidak bergantung pada mineralogi tanah yang akan distabilisasi (Rollings, M.P & Rollings, R.S, 1996).

Jenis-jenis semen :

1. Semen abu atau semen *portland* adalah bubuk/*bulk* berwarna abu kebiruan-biruan, dibentuk dari bahan utama batu kapur berkadar kalsium tinggi yang diolah dalam tanur yang bersuhu dan bertekanan tinggi. Semen ini biasa digunakan sebagai perekat untuk memplester. Semen ini bedasarkan prosentase kandungan penyusunnya terdiri dari 5 (lima) tipe, yaitu tipe I sampai dengan tipe V.
2. Semen putih (*gray cement*) adalah semen yang lebih murni dari abu dan digunakan untuk pekerjaan penyelesaian (*finishing*) seperti sebagai *filler* atau pengisi. Semen jenis ini dibuat dari bahan utama kalsit (*calcite*) *limestone* murni
3. *Oil well cement* atau semen sumur minyak adalah semen khusus yang digunakan dalam proses pengeboran minyak bumi atau gas alam, baik di darat maupun di lepas pantai.
4. *Mixed & fly ash cement* adalah campuran semen dengan *pozzolan* buatan

(fly ash). *Pozzolan* buatan (fly ash) merupakan hasil sampingan dari pembakaran batubara yang mengandung *amorphous* silika, aluminium oksida, besi oksida dan oksida lainnya dalam berbagai variasi jumlah. Semen ini digunakan sebagai campuran untuk membuat beton sehingga menjadilebih keras.

Definisi semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silika-silika kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan yaitu gypsum (SII 0013-1981). Empat senyawa kimia yang utama dari semen portland antara lain Trikalsium Silikat ( $C_3S$ ), Dikalsium Silikat ( $C_2S$ ), Trikalsium Aluminat ( $C_3A$ ), Tetrakalsium Aluminoferrit ( $C_4AF$ ).

Melihat sifat yang berbeda dari masing-masing komponen ini kita dapat membuat bermacam jenis semen hanya dengan mengubah kadar masing-masing komponennya.

**Tabel 2.4** Empat Senyawa Utama dari Semen Portland

Nama oksida utama	Rumus empiris	Rumus oksida	Notasi pendek	Kadar rata-rata (%)
Trikalsium Silikat	$Ca_3SiO_5$	$3CaO.SiO_2$	$C_3S$	50
Dikalsium Silikat	$Ca_2SiO_4$	$2CaO.SiO_2$	$C_2S$	25
Trikalsium Aluminat	$Ca_3Al_2O_6$	$3CaO.Al_2O_3$	$C_3A$	12
Tetrakalsium Aluminoferrit	$2CaAlFeO_5$	$4CaO.Al_2O_3Fe_2O_3$	$C_4AF$	8
Kalsium Sulfat Dihidrat (Gypsum)		$CaSO_4.2H_2O$	$CSH_2$	3,5

Sumber : Nugraha, P dan Antoni, 2007

**Tabel 2.5** Sifat Masing-Masing Komposisi Utama Semen

Bahan	Kecepatan hidrasi	Panas hidrasi (Joule/gram)	Andil terhadap kekuatan	Susut
C <sub>3</sub> S	cepat	503 - tinggi	>> dalam 28 hari	sedang
C <sub>2</sub> S	lambat	260 - rendah	> setelah 28 hari	sedang
C <sub>3</sub> A	sangat cepat	867 - sangat tinggi	> dalam 1 hari	besar
C <sub>4</sub> AF	cepat	419 - sedang	sedikit	kecil

Sumber : Nugraha, P dan Antoni, 2007

Misalnya kita ingin mendapatkan semen yang mempunyai kekuatan awal yang tinggi maka kita perlu menambah kadar C<sub>3</sub>S. ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen berbagai tipe pada Tabel 7.

1. Tipe I adalah semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti pada tipe lain.
2. Tipe II adalah semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Untuk mencegah serangan sulfat maka pada semen tipe ini, senyawa C<sub>3</sub>A harus dikurangi. Semen tipe ini biasa digunakan pada bangunan seperti pelabuhan, pondasi, bangunan-bangunan yang berhubungan dengan rawa, dan saluran-saluran air buangan.
3. Tipe III adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi. Pada semen tipe ini kuat tekan pada umur 3 hari mendekati dengan umur 7 hari pada semen tipe I. Untuk mempercepat proses hidrasi maka semen tipe ini dibuat lebih halus dengan *specific surface* tidak kurang dari 2800 cm<sup>2</sup>/gr. Proporsi senyawa C<sub>3</sub>S dibuat lebih besar dan proporsi senyawa C<sub>2</sub>S lebih kecil. Semen tipe ini biasa digunakan pada bangunan-bangunan seperti pembuatan beton pracetak,



perbaikan *pavment*, dan pembeconan di daerah cuaca dingin.

4. Tipe IV adalah semen portland yang dalam penggunaannya menurut persyaratan panas hidrasi yang rendah. Untuk mengurangi panas hidrasi yang terjadi, maka semen tipe ini senyawa  $C_3S$  dan  $C_3A$  dikurangi. Semen tipe ini memiliki kuat tekan yang lebih rendah dari semen tipe I. Semen tipe ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan seperti konstruksi DAM, *basement*, dan pembeconan pada daerah bercuaca panas.
5. Tipe V adalah semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan yang sangat tahan terhadap sulfat. Penggunaan semen tipe ini sama dengan pada semen tipe II dengan kontaminasi sulfat yang lebih pekat.

**Tabel 2.6** Jenis Semen Portland dengan Sifat-Sifatnya

Tipe semen	Sifat pemakaian	Kadar senyawa (%)				Kehalusan blaine ( $m^2/kg$ )	Kuat 1 hari ( $kg/cm^2$ )	Panas hidrasi (J/g)
		$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$			
I	Umum	50	24	11	8	350	1000	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	350	900	250
III	Kekuatan awal tinggi	60	13	9	8	450	2000	500
IV	Panas hidrasi rendah	25	50	5	12	300	450	210
V	Tahan sulfat	40	40	9	9	350	900	250

Sumber : Nugraha, P dan Antoni, 2007

Pengikatan (*set*) adalah perubahan bentuk dari bentuk cair menjadi bentuk padat, tetapi masih belum mempunyai kekuatan. Pengikatan ini terjadi akibat reaksi hidrasi yang terjadi pada permukaan butir semen, terutama butir trikalsium aluminat. Dengan penambahan gypsum, waktu pengikatan dapat diatur karena gypsum memodifikasi hidrasi awal. Pengerasan (*hardening*) adalah pertumbuhan kekuatan dari beton atau mortar setelah bentuknya menjadi padat.

Semen bila dicampur dengan air akan menghasilkan pasta yang plastis dan lecek (*workable*). Namun setelah selang beberapa waktu, pasta akan mulai menjadi kaku dan sukar dikerjakan. Inilah yang disebut pengikatan awal (*initial set*). Selanjutnya pasta akan meningkat kekakuannya sehingga didapatkan padatan yang utuh. Ini disebut pengikatan akhir (*final set*). Proses berlanjut hingga pasta mempunyai kekuatan, disebut pengerasan (*hardening*). Pada umumnya waktu pengikatan awal minimum adalah 45 menit, sedangkan waktu pengikatan akhir adalah 6 - 10 jam.

## **F. Kuat Tekan**

### 1. Definisi Kuat Tekan Tanah

Kuat tekan bebas adalah harga tegangan aksial maksimum yang dapat ditahan oleh benda uji silindris (dalam hal ini sampel tanah lempung) sebelum mengalami keruntuhan geser atau pada saat regangan aksial mencapai 20%.

Derajat kepekaan/sensitivitas ( $S_t$ ) adalah rasio antara kuat tekan bebas dalam kondisi asli (*undisturbed*) dan dalam kondisi teremas (*remolded*).

$$S_t = \frac{q_u (\text{undisturbed})}{q_u (\text{remolded})}$$

Dimana :

$S_t$  : Derajat kepekaan

$q_u$  (undisturbed) : Kuat tekan bebas dalam kondisi asli

$q_u$  (remolded) : Kuat tekan bebas dalam kondisi teremas

## 2. Teori Kuat Tekan

Nilai kuat tekan bebas (*unconfined compressive strength*) didapat dari pembacaan proving ring dial yang maksimum.

$$q_u = \frac{k \cdot R}{A}$$

dengan :

$q_u$  : Kuat tekan bebas

$k$  : Kalibrasi proving ring

$R$  : Pembacaan maksimum

$A$  : Luas penampang contoh tanah pada saat pembacaan  $R$

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

1. Sampel tanah yang akan diuji menggunakan tanah lempung dari desa Belimbing Sari, Kecamatan Jabung, Lampung Timur.
2. Sampel tanah lanau yang akan diuji diambil dari Desa Yoso Mulyo, Kecamatan Metro Timur, Kota Metro, Lampung
3. Semen Portland yang digunakan yaitu semen baturaja dalam kemasan 50 kg/zak.

#### **B. Metode Pencampuran Sampel Tanah dengan Semen**

Metode pencampuran untuk masing-masing prosentase semen adalah :

1. Masing-masing sampel tanah yang telah ditumbuk (butir aslinya tidak pecah) dan lolos saringan No.4 (4,75 mm) dicampur dengan semen. Prosentase campuran semen yaitu 3%, 6%, 9%, dan 12%.
2. Pencampuran dilakukan dengan cara menimbang masing-masing sampel material, yaitu tanah lempung, tanah lanau dan semen sesuai kadar yang sudah ditentukan. Kemudian mencampurkan masing-masing sampel tanah dengan semen kedalam pan besar dengan mengaduknya secara perlahan sambil menambahkan air sedikit demi sedikit sesuai dengan nilai KAO yang dibutuhkan.
3. Dilakukan pencampuran masing-masing sampel tanah dan semen menggunakan prosentase variasi kadar semen yang sudah ditentukan. Lalu dibuat masing-

masing 3 (tiga) sampel pemeraman, yaitu 7 hari, 14 hari dan 28 hari dengan total 24 sampel. Setelah itu dilakukan perendaman selama 4 hari dan yang terakhir melakukan pengujian kuat tekan bebas.

### **C. Pelaksanaan Pengujian**

Pelaksanaan pengujian dilakukan dalam 2 tahap. Pelaksanaan pengujian yang pertama dilakukan yaitu pengujian sifat fisik tanah lempung dan lanau tanpa campuran semen dan pelaksanaan pengujian yang kedua yaitu pengujian kuat tekan bebas pada tanah lempung dan lanau dengan campuran semen. Tahap pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

#### **A. Pengujian Sifat Fisik Tanah**

##### **1. Kadar air (*Moisture Content*)**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air suatu sampel tanah, yaitu perbandingan antara berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat butir kering tanah tersebut . Pengujian berdasarkan ASTM D 2216-98.

Bahan – bahan :

- 1) Sampel tanah yang akan diuji seberat 30 – 50 gram sebanyak 2 sampel
- 2) Air Secukupnya

Peralatan yang digunakan :

- 1) *Container* sebanyak 3 buah
- 2) *Oven*
- 3) Neraca dengan ketelitian 0,01 gram
- 4) *Desicator*

Perhitungan :

- Berat air ( $W_w$ ) =  $W_{cs} - W_{ds}$
- Berat tanah kering ( $W_s$ ) =  $W_{ds} - W_c$
- Kadar air ( ) =  $\frac{W_w}{W_s} \times 100\%$

Dimana :

$W_c$  = Berat cawan yang akan digunakan

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

$W_{ds}$  = Berat cawan yang berisi tanah yang sudah ada di oven

Perbedaan kadar air diantara ketiga sampel tersebut maksimum sebesar 5% dengan nilai rata-rata.

Langkah kerja :

- a. Menimbang ketiga container beserta tutupnya dalam keadaan bersih dan kering, memberi nomor atau tanda untuk memudahkan dalam membedakan sampel.
- b. Memasukkan sampel tanah yang akan diuji kedalam container dan segera menutupnya
- c. Menimbang container yang telah berisi sampel tanah
- d. Membuka tutup container dan masukkan container kedalam oven dengan suhu  $105^\circ$  selama 24 jam
- e. Memasukkan container tersebut kedalam desicator untuk menghindari penyerapan uap air dari udara selama proses pendinginan berlangsung
- f. Menimbang container beserta tanah yang telah kering

## 2. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Percobaan ini dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel

tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Pengujian berdasarkan ASTM D 854-02.

Bahan-bahan :

- 1) Sampel tanah lempung seberat 30 – 50 gram sebanyak 2 sampel.
- 2) Air Suling.

Peralatan :

- 1) Labu Ukur 100 ml / picnometer.
- 2) *Thermometer* dengan ketelitian 0,01 ° C.
- 3) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 4) *Boiler* (tungku pemanas) atau *Hot plate*.

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)

Langkah kerja :

- a. Menimbang picnometer kosong dalam keadaan bersih dan kering, termasuk tutup picnometer.
- b. Memasukan sampel tanah kedalam picnometer
- c. Menimbang picnometer beserta tanah kering
- d. Menambahkan air sebanyak 2/3 volume picnometer kedalam picnometer yang berisi tanah, kemudian didihkan diatas tungku pemanas (*boiler*) agar

- menghilangkan udara didalam butir-butir tanah
- e. Mendinginkan picnometer hingga temperature picnometer sama dengan temperature ruangan
  - f. Menambahkan air kedalam picnometer hingga mencapai garis batas picnometer dan ditutup rapat
  - g. Menimbang picnometer yang berisi tanah dan air
  - h. Mengukur temperatur air dalam picnometer
  - i. Membersihkan isi picnometer dari sampel tanah
  - j. Memasukan air kedalam picnometer hingga mencapai batas garis picnometer dan tutup kemudian ditimbang

### **3. Analisis Saringan (*Sieve Analysis*)**

Tujuan pengujian analisis saringan adalah untuk mengetahui persentasi butiran tanah dan susunan butiran tanah (gradasi) dari suatu jenis tanah yang tertahan di atas saringan No. 200 ( $\varnothing$  0,075 mm). Pengujian berdasarkan ASTM D 422.

Bahan-bahan :

- 1) Tanah asli yang telah dikeringkan dengan oven sebanyak 500 gram.
- 2) Air bersih atau air suling 1500 cc.

Peralatan :

- 1) Saringan (*sieve*) 1 set.
- 2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 2) Mesin penggetar (*sieve shaker*).
- 3) Kuas halus.
- 4) Oven.
- 5) Pan.

Perhitungan :



- 1) Berat masing-masing saringan ( $W_{ci}$ ).
- 2) Berat masing-masing saringan beserta sampel tanah yang tertahan di atas saringan ( $W_{bi}$ ).
- 3) Berat tanah yang tertahan ( $W_{ai}$ ) =  $W_{bi} - W_{ci}$ .
- 4) Jumlah seluruh berat tanah yang tertahan di atas saringan ( $\sum W_{ai} \approx W_{tot.}$ )
- 5) Presentase berat tanah yang tertahan diatas masing-masing saringan ( $P_i$ )

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

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

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

$$q_{(i+1)} = q_i - p_{(i+1)}$$

Dimana :  $i = 1$  (saringan yang dipakai dari saringan dengan diameter maksimum sampai saringan nomor 200).

Langkah kerja :

- a. Menimbang sampel yang akan diuji sebanyak 500 gram kemudian mencucinya diatas saringan No. 200 sampai bersih, sehingga yang tertinggal diatas saringan hanya butiran tanah kasar.
- b. Mengeringkan sisa tanah yang tertahan diatas saringan No. 200 dalam oven pada suhu  $110^\circ\text{C}$  selama 24 jam.
- c. Mengeluarkan sampel tanah kemudian biarkan sampai sampel tanah tidak panas.
- d. Meletakkan susunan saringan diatas mesin penggetar, kemudian memasukkan sampel tanah kedalam susunan saringan paling atas dan menutupnya paling rapat.
- e. Menghidupkan mesin penggetar selama  $\pm 5$  menit, setelah itu dimatikan dan didiamkan selama 5 menit agar debu-debu mengendap.
- f. Menimbang masing-masing sampel yang tertahan pada saringan kemudian menghitung presentasenya terhadap berat total sampel uji.

#### 4. Analisis Hidrometer (*Hidrometer Analysis Test*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah untuk tanah yang tidak mengandung butir tertahan saringan No. 10 (tidak ada butiran yang lebih besar dari 2 mm). Pemeriksaan dilakukan dengan analisa sedimen dengan hidrometer, sedangkan ukuran butir-butir yang tertahan saringan No. 200 (0,075 mm) dilakukan dengan menggunakan saringan.

Bahan-bahan :

- 1) Tanah yang lolos saringan No.200 sebanyak 1400 gram.
- 2) Air Bersih.

Peralatan :

- 1) *ASTM soil hydrometer (151 H)*
- 2) Satu set alat saringan
- 3) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- 4) Thermometer
- 5) Gelas silinder dengan kapasitas 1000 cc
- 6) Cawan porselen (mortar)
- 7) Alat pengaduk suspensi
- 8) *Stopwatch*
- 9) Air destilasi
- 10) *Sieve shaker*
- 11) *Mixer*

Langkah Kerja :

- a. Untuk tanah yang tidak mengandung butir lebih dari 2 mm, tanah lembab yang diperoleh dari lapangan dapat langsung digunakan sebagai benda uji tanpa dikeringkan,

- b. Menaruh contoh tanah dalam tabung gelas (beaker kapasitas 250 cc). Menuangkan sebanyak  $\pm 125$  cc larutan air + reagent yang telah disiapkan. Mencampur dan mengaduk sampai seluruh tanah tercampur dengan air. Membiarkan tanah terendam selama sekurang-kurangnya 16 jam.
- c. Menuangkan campuran tersebut dalam alat pengaduk (stirring apparatus). Jangan ada butir tanah yang tertinggal atau hilang dengan membilas air (air destilasi) dan menuangkan air bilasan ke alat. Bila perlu tambahkan air, sehingga volumenya sekitar lebih dari separuh penuh. Memutar alat pengaduk selama lebih dari satu menit.
- d. Segera memindahkan suspensi ke gelas silinder pengendap. Jangan ada tanah yang tertinggal dengan membilas dan menuangkan air bilasan ke silinder. Menambahkan air destilasi sehingga volumenya mencapai  $1000 \text{ cm}^3$ .
- e. Menutup gelas isi suspensi dengan tutup karet (atau dengan telapak tangan). Mengocok suspensi dengan membolak-balik vertikal ke atas dan ke bawah selama 1 menit, sehingga butir-butir tanah melayang merata dalam air. Menggerakkan membolak-balik gelas harus sekitar 60 kali. Langsung meletakkan silinder berdiri di atas meja bersamaan dengan berdirinya silinder, menjalankan stopwatch dan merupakan waktu permulaan pengendapan T 0 menit.
- f. Melakukan pembacaan hidrometer pada T 0 menit; 2 menit; 5 menit; 15 menit; 30 menit dan 60 menit (setelah T 0 menit), dengan cara sebagai berikut. Kirakira 20 atau 25 detik sebelum setiap saat pelaksanaan pembacaan, mengambil

- hidrometer dan silinder ke dua, mencelupkan dengan hati-hati dan perlahan-lahan dalam suspensi sampai mencapai kedalaman sekitar taksiran skala yang terbaca, kemudian melepaskan (jangan sampai timbul guncangan). Kemudian pada satunya, membaca skala yang ditunjuk oleh puncak miniskus muka air = R1 (pembacaan dalam koreksi).
- g. Setelah pembacaan hidrometer terakhir selesai dilaksanakan (T 60 menit), menuangkan suspensi ke atas saringan No. 200 seluruhnya, jangan sampai ada butir yang tertinggal, mencuci dengan air (air bersih) sampai air yang mengalir di bawah saringan menjadi jernih dan tidak ada lagi butir halus yang tertinggal.
  - h. Memindahkan butir-butir tanah yang tertinggal pada suatu tempat. Kemudian mengeringkan dalam oven. (dalam temperatur  $105^{\circ}\text{C} - 110^{\circ}\text{C}$ ).
  - i. Mendinginkan dan menimbang serta mencatat massa tanah kering yang diperoleh = B1 gram.
  - j. Menyaring tanah dengan menggunakan sejumlah saringan yang tersebut pada bagian alat dan bahan nomor 2.
  - k. Menimbang dan mencatat massa bagian tanah yang tertinggal di tiap saringan. Memeriksa bahwa seharusnya jumlah massa dari masing-masing bagian sama atau dekat dengan massa sebelum disaring

##### **5. Batas Cair (*Liquid Limit*)**

Tujuan pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada batas antara keadaan plastis dan keadaan cair. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Bahan-bahan :

- 1) Sampel tanah yang telah dikeringkan di udara atau oven.
- 2) Air bersih atau air suling sebanyak 300 cc.

Peralatan :

- 1) Alat batas cair (mangkuk *cassagrande*).
- 2) Alat pembuat alur (*grooving tool*) ASTM untuk tanah yang lebih plastis.
- 3) Alat pembuat alur (*grooving tool*) *Cassagrande* untuk tanah yang kurang plastis
- 4) Spatula.
- 5) Gelas ukur 100 cc.
- 6) *Container* 4 buah.
- 7) Plat kaca.
- 8) *Porseline dish* (mangkuk porselin)
- 9) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 10) Oven.
- 11) Ayakan No.40 ( $\phi$  0,42 mm)

Perhitungan :

- 1) Menghitung kadar air (w) masing-masing sampel sesuai dengan jumlah ketukan
- 2) Membuat hubungan antara kadar air dan jumlah ketukan pada grafik semi logaritma, yaitu sumbu x sebagai jumlah pukulan dan sumbu y sebagai kadar air.
- 3) Menarik garis lurus dari keempat titik yang tergambar.
- 4) Menentukan nilai batas cair pada ketukan ke-25 atau  $x = \log 25$

Langkah kerja :

- a. Mengayak sampel tanah dengan saringan No.40.
- b. Mengatur tinggi jatuh mangkuk *Cassagrande* sebesar 10mm (1cm) yaitu membandingkan dengan tebal ujung tangkai pembuat alur (*grooving tool*) ASTM yang tepat masuk antara dasar mangkuk dan alas

- c. Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No.40 sebanyak 150 gram – 200gram, letakan diatas plat kaca atau masukan kedalam porcelain dish.
- d. Memberikan air sedikit demi sedikit dan mengaduknya sampai merata dengan alat spatula sehingga terbentuk adonan atau pasta homogen.
- e. Memasukan adonan tanah kedalam mangkuk *Cassagrande* dengan spatula. Kemudian meratakan permukaannya dengan alas (mangkuk dalam posisi menyentuh alas)
- f. Membuat alur tepat ditengah mangkuk *Cassagrande* dengan jalan membagi dua benda uji dalam mangkuk tersebut. Gunakan *grooving tool* dengan posisi tegak lurus permukaan mangkuk.
- g. Memutar tuas pemutar mangkuk *Cassagrande* dengan kecepatan 2 putaran per detik (dalam 1 detik mangkuk dua kali jatuh) sampai kedua sisi tanah bertemu sepanjang  $\frac{1}{2}$ " (13mm) sambil menghitung jumlah putaran atau jumlah pukulan.
- h. Jika jumlah pukulan :
- i. Harap diperhatikan :
- j. Mengambil adonan tanah dibagian tengah mangkuk *Cassagrande* kira-kira sebesar ibu jari, kemudian memasukan kedalam container dan ditutup rapat serta ditimbang.
- k. Melakukan langkah kerja 4 sampai langkah kerja 10 sehingga diperoleh 4 (empat) keadaan adonan yang jumlah pukulannya 2 dibawah 25 dan 2 diatas 25 (contoh: 17, 22, 28, 35). Minimal 4 macam kadar air dan jumlah pukulan yang berbeda.
- l. Kurang dari 10 kali, berarti tanah terlalu banyak air. Keringkan adonan tanah dengan mengaduk terus menerus diatas plat kaca. Ulangi langkah kerja 5 sampai langkah kerja 7

## 6. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Tujuannya adalah untuk menentukan kadar air suatu jenis tanah pada keadaan batas antara keadaan plastis dan keadaan semi padat. Pengujian berdasarkan ASTM D 4318-00.

Bahan – bahan :

- 1) Sampel tanah sebanyak 100 gram yang telah dikeringkan
- 2) Air bersih atau suling sebanyak 50 cc

Peralatan :

- 1) Plat kaca.
- 2) Spatula.
- 3) Gelas ukur 100 cc.
- 4) *Container* 3 buah.
- 5) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram.
- 6) *Oven*.

Perhitungan :

- 1) Nilai batas plastik (PL) adalah kadar air rata-rata dari ketiga benda uji
- 2) Plastik Indek (PI) adalah harga rata-rata dari ketiga sampel tanah yang diuji, dengan rumus:

$$PI = LL - PL$$

Langkah Kerja :

- a. Mengambil sampel tanah yang lolos saringan No. 40, sebanyak kira-kira 20 gram di atas plat kaca.
- b. Menambah air pada tanah yang telah disiapkan pada langkah no 1 dan campur hingga benar-benar homogen.

- c. Mengambil sedikit sampel tanah tersebut dan giling ditelapak tangan hingga menjadi bulatan seperti kelereng, kemudian giling bulatan tersebut diatas plat kaca sehingga membentuk batangan-batanga kecil dengan diameter 3 mm. Percobaan penggilingan dilakukan dengan seksama hingga diperoleh batangan-batangan kecil sampel tanah yang retak/patah pada diameter 3 mm.
- d. Memasukan sampel tanah yang retak/patah pada diameter 3 mm kedalam cawan yang sudah disiapkan dan menimbang berat cawan yang berisi sampel tanah tersebut.
- e. Memasukan cawan yang berisi sampel tanah tersebut kedalam oven selama 24 jam dengan suhu kira-kira 110°C.
- f. Menimbang sampel tanah yang sudah di oven

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

Uji pemadatan ini dilakukan dengan megacu pada ASTM D 698. Pengujian ini dilakukan untuk menentukan hubungan antara kadar air dan kepadatan tanah dengan cara memadatkan sampel dalam cetakan silinder berukuran tertentu dengan menggunakan alat penumbuk 2,5 kg dan tinggi jatuh 30 cm.

Adapun langkah kerja pengujian pemadatan tanah, antara lain :

- 1) Penambahan air :
  - a. Mengambil tanah sebanyak 12,5 kg dengan menggunakan karung goni lalu dijemur.
  - b. Setelah kering tanah yang masih menggumpal dihancurkan dengan tangan.
  - c. Butiran tanah yang telah terpisah diayak menggunakan saringan No.4.
  - d. Butiran tanah yang lolos saringan No.4 dipindahkan atas 5 bagian, masing-masing 2,5 kg, masukkan masing-masing bagian kedalam plastic dan ikat rapat-rapat.



- e. Mengambil sebagian butiran tanah yang mewakili sampel tanah untuk menentukan kadar air awal.
- f. Mengambil tanah seberat 2,5 kg, menambahkan air sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan tanah sampai merata. Bila tanah yang diaduk telah merata, kepalkan dengan tangan. Bila tangan dibuka tanah tidak hancur dan tidak lengket ditangan.
- g. Setelah dapat campuran tanah, mencatat berapa cc air yang ditambahkan untuk setiap 2,5 kg tanah, penambahan air dilakukan dengan selisih 3%.
- h. Penambahan air untuk setiap sampel tanah dalam plastik dapat dihitung dengan rumus :

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

W = Berat tanah

Wb = Kadar air yang dibutuhkan

Penambahan air :

$$W_w = W_{wb} - W_{wa}$$

- i. Sesuai perhitungan, lalu melakukan penambahan air setiap 2,5 kg sampel diatas papan dan mengaduknya sampai rata dengan tembok pengaduk.
- 2) Pemadatan Tanah
- a. Menimbang mold standar beserta alas.
  - b. Memasang coller pada mold, lalu meletakkannya diatas papan.
  - c. Mengambil salah satu sampel yang telah ditambahkan air sesuai dengan penambahannya.
  - d. Dengan *modified proctor*, tanah dibagi 5 bagian. Bagian pertama dimasukkan kedalam mold, ditumbuk 25 kali sampai merata. Dengan cara yang sama dilakukan pula untuk bagian kedua, ketiga, keempat dan kelima sehingga bagian

- kelima.
- e. Melepaskan *collar* dan meratakan permukaan tanah pada mold dengan menggunakan pisau pemotong.
  - f. Menimbang mold berikut alas dan tanah didalamnya.
  - g. Mengeluarkan tanah dari mold dengan ekstruder, ambil bagian tanah dengan menggunakan container untuk pemeriksaan kadar air (w).
  - h. Mengulangi langkah kerja a sampai g untuk sampel lainnya, maka akan didapatkan 5 data pemadatan tanah.

Perhitungan kadar air :

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

Perhitungan berat isi :

- 1) Berat mold = Wm (gr)
- 2) Berat mold + sampel = Wms (gr)
- 3) Berat tanah (W) = Wms - Wm (gr)
- 4) Volume mold = V (cm<sup>3</sup>)
- 5) Berat volume = W/V (gr/cm<sup>3</sup>)
- 6) Kadar air (w)
- 7) Berat volume kering :

$$\gamma_d = \frac{W}{100+w} \times 100 \text{ (gr / cm}^3\text{)}$$

8) Berat volume *zero air void*

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

#### D. Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kekuatan tekan bebas (tanpa ada tekanan horizontal atau tekanan samping)  $q_u$ , dalam keadaan asli maupun buatan, dan juga untuk mengetahui derajat kepekaan tanah, *sensitivity* (ST). Dalam pengujian ini akan dilakukan 2 (dua) sampel tanah yaitu tanah lempung dan tanah lanau yang akan dicampur dengan semen, dengan prosentase campuran pada masing-masing sampel tanah 3%, 6%, 9%, dan 12% dengan variasi pemeraman 7 hari, 14 hari dan 28 hari, pada kondisi rendaman selama 4 hari. Hal ini dilakukan untuk memperoleh ketelitian dan keakuratan data dari masing-masing percobaan.

a. Bahan-bahan:

- 1) Sampel tanah asli (*undisturbed sample*) yang diambil melalui tabung contoh atau sumur percobaan.
- 2) Sampel tanah buatan (*remoulded sample*) yang dibuat dari sampel tanah asli sesudah percobaan.

b. Peralatan yang digunakan:

- 1) Alat *Unconfined Compression Test*
- 2) Cetakan tabung belah atau cetakan tabung penuh
- 3) *Extruder*
- 4) Pisau pemotong
- 5) Dial deformasi
- 6) Trimer

- 7) Stopwatch
- 8) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
- 9) *Container*

c. Prosedur kerja

- 1) Mengeluarkan sampel tanah dari tabung contoh dan memasukkan cetakan dengan menekan pada sampel tanah, sehingga cetakan terisi penuh.
- 2) Meratakan kedua permukaan tanah pada tabung dengan pisau pemotong dan mengeluarkannya dengan *extruder*.
- 3) Menimbang sampel tanah yang akan digunakan untuk menentukan berat volume.
- 4) Meletakkan sampel tanah diatas plat penekan bawah.
- 5) Mengatur ketinggian plat atas dengan tepat menyentuh permukaan atas sampel tanah.
- 6) Mengatur dial beban dan dial deformasi pada posisi nol.
- 7) Menghidupkan mesin (cara *electrical*). Kecepatan regangan diambil  $\frac{1}{2}$  - 2% per menit dari tinggi sampel tanah.
- 8) Mencatat hasil pembacaan dial pada regangan 0,5%, 1%, 2% dan seterusnya sampai tanah mengalami keruntuhan.
- 9) Menghentikan percobaan, jika regangan sudah mencapai 20%.

**E. Waktu Pemeraman**

Waktu pemeraman adalah waktu perawatan sampel uji tanah setelah distabilisasi dengan bahan campuran dan dipadatkan dengan alat pemadat. Pada waktu pemeraman tersebut terjadi reaksi hidrasi (penyerapan air) pada campuran dan terjadi ikatan antara bahan partikel-partikel tanah oleh bahan pencampur seperti

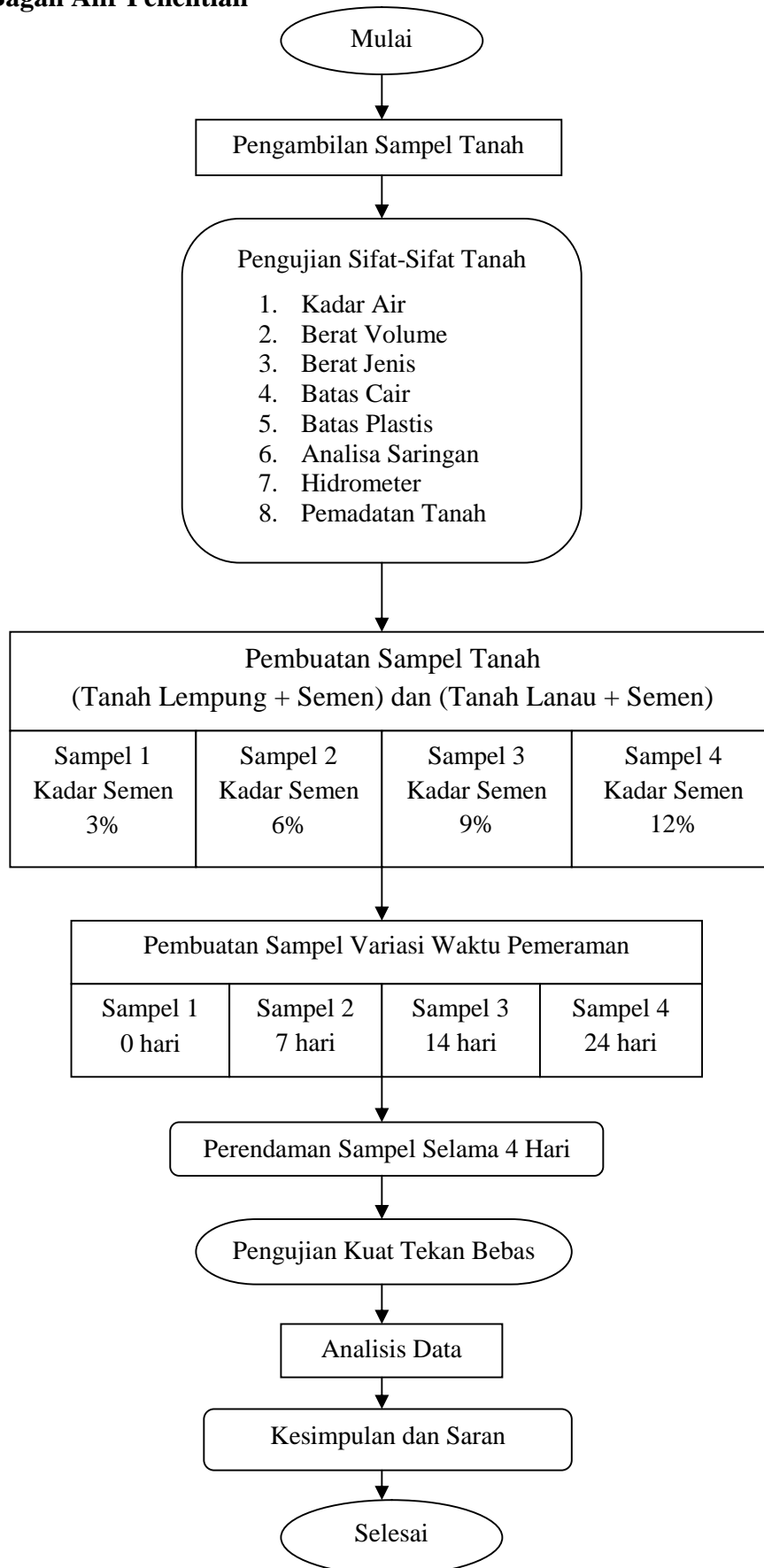
semen, kapur, *fly ash*, ISS 2500, TRX 300, abu gunung merapi dan lain-lain. Sehingga partikel-partikel tanah lebih menyatu dan nilai daya dukung tanah pun meningkat.

Pada penelitian ini, stabilisasi tanah dengan bahan campuran semen pada waktu variasi pemeraman yaitu 7 hari, 14 hari, dan 28 hari. Dari variasi tersebut akan diamati nilai uji kuat tekan bebas, sehingga akan diketahui lamanya waktu pemeraman efektif untuk tanah semen yang akan digunakan.

#### **F. Analisis Data**

Hasil data yang diperoleh dan didapatkan dari penelitian yang dilakukan diolah, kemudian hasil dari penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel dan dibuat grafik.

### G. Bagan Alir Penelitian



## V. PENUTUP

### A. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Tanah yang berasal dari Desa Belimbing Sari, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung secara umum dikategorikan tanah berbutir halus dengan plastisitas tinggi. Sedang untuk tanah yang berasal dari Desa Yoso Mulyo, Kota Metro, Provinsi Lampung digolongkan tanah berbutir halus dan lanau berlempung.
2. Dari hasil pengujian pemadatan *modified proctor* untuk masing-masing sampel tanah lempung dan tanah lanau yang di stabilisasi dengan variasi campuran semen yang berbeda dapat disimpulkan dengan bertambahnya kadar semen menyebabkan berkurangnya kadar air optimum tanah dan meningkatkan berat isi kering tanah yang disebabkan terisinya rongga pori tanah oleh semen.
3. Variasi tanah lempung maupun tanah lanau dengan campuran semen 12% menghasilkan kenaikan nilai  $q_u$  tertinggi dengan masa pemeraman yang sama, namun tidak ekonomis. Sedangkan tanah dengan campuran semen 9% terbukti lebih efektif dan ekonomis karena selisih kenaikan nilai  $q_u$  campuran

semen 12% tidak menghasilkan kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan selisih kenaikan nilai  $q_u$  campuran semen 9%.

4. Dari pengujian kuat tekan bebas baik campuran tanah lempung dan semen maupun tanah lanau dan semen setelah pemeraman menunjukkan kenaikan nilai  $q_u$ , semakin lama waktu pemeraman semakin besar kenaikan nilai  $q_u$ . Pemeraman 28 hari menghasilkan nilai  $q_u$  tertinggi, namun selisih kenaikan nilai  $q_u$  pemeraman 28 hari tidak menghasilkan kenaikan yang signifikan dari pemeraman 14 hari, oleh karena itu waktu pemeraman tanah dengan campuran semen yang efektif adalah 14 hari.
5. Penambahan kadar semen dan penambahan masa pemeraman hampir selalu diikuti oleh penambahan kekuatan.
6. Nilai kuat tekan bebas yang optimal adalah nilai  $q_u$  yang menghasilkan selisih kenaikan terbesar, bukanlah yang memiliki nilai  $q_u$  tertinggi.
7. Dari seluruh hasil uji kuat tekan bebas tanah lempung maupun tanah lanau dapat disimpulkan bahwa tanah dengan campuran semen 9% setelah melewati waktu pemeraman 14 hari memiliki hasil uji kuat tekan bebas yang efektif dan ekonomis.

## **B. Saran**

1. Setelah pengambilan sampel dilokasi, sebaiknya sampel segera dilakukan pemodelannya karena makin lama maka kadar air akan semakin berkurang.
2. Untuk uji dengan menggunakan sampel yang mengalami perlakuan sama hendaknya diperhatikan dengan teliti ukuran diameter sampel, tinggi sampel dan kadar airnya karena apabila terlalu jauh akan menghasilkan data yang kurang akurat



3. Penyimpanan semen sebaiknya diperhatikan, jangan biarkan dalam keadaan terbuka dan diletakkan langsung bersentuhan dengan lantai setelah pemakaian karena semen akan bereaksi dengan suhu dan udara sehingga akan mudah mengeras.
4. Waktu pelaksanaan stabilisasi tanah-semen tidak boleh lama karena proses pengerasan tanah-semen sangat cepat sehingga tanah dapat mudah pecah akibat pemadatan.
5. Perlu dilakukan uji fisik tanah dengan bahan stabilisasi tanah dengan campuran semen diikuti dengan uji CBR agar dapat mengetahui pengaruh semen untuk perbaikan tanah.
6. Agar lebih teliti pada saat pembuatan sampel dan pada saat pembacaan dial agar mendapatkan data yang akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adha, I., 2008. *Penuntun Praktikum Mekanika Tanah*.
- Bowles, J.E. 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Craig, R.F., 1987, “*Mekanika Tanah*, Edisi Keempat”, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah. (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid I  
Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hendarsin, L. S. 2000. *Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Politeknik  
Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil. Bandung.
- Hendry D. Foth, Soenartono A. S. 1994. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Penerbit Erlangga,  
Jakarta
- Lea, FM. Desch, CH. 1940. *The Chemistry of Cement and Concrete*. Edward Arnold and  
Co. London.
- Nugraha, P. dan Antoni, 2007, *Teknologi Beton Dari Material Pembuatan, ke Beton  
Kinerja Tinggi*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- Rahmayasa, D., 2013. *Studi Daya Dukung Stabilisasi Tanah Lempung Lunak  
Menggunakan Campuran Abu Ampas Tebu Dan Semen*. Universitas  
Lampung. Lampung.

- Rollings, M.P. & Rollings, R.S., 1996. *Geotechnical Materials in Contruction*. The McGraw-Hill Companies. United States America.
- Schoeder, 1997. *Pengertian Tanah Menurut Ahli*
- Sukirman, S. 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Penerbit Nova. Bandung
- Sutarman, E. 2013. *Konsep Dan Aplikasi Mekanika Tanah*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Sutedjo, M. 1988. *Pengantar Ilmu Tanah*. Bina Aksara Jakarta.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. 1987. *Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Tjokrodimuljo, K., 1996. *Teknologi Beton*. Buku Ajar. Penerbit Nafiri. Yogyakarta.
- Universitas Lampung. 2012. *Format Penukisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Wesley, L.D. 2012. *Mekanika Tanah untuk Tanah Endapan dan Residu*, Andi Yogyakarta.
- Widiastuty, F. 2013. *Pengaruh Waktu Pemeraman (Curing Time) Stabilitas Tanah Lempung Lunak Menggunakan Abu Ampas Tebu (Bagasse Ash)*. Universitas Lampung. Lampung.
- Willy, A., 2015. *Korelasi Kuat Tekan Dan Kuat Geser Pada Tanah Lempung Yang Disubsitusi Dengan Variasi Campuran Pasir*. Universitas Lampung. Lampung.