

# **STABILISASI PADA LEMPUNG LOSARI DENGAN KAPUR DAN SEMEN**

## **T E S I S**

Sebagai salah satu syarat  
untuk menyelesaikan program Strata-2  
pada Institut Teknologi Bandung

oleh :

**I D R U S**  
**NIM : 25089026**



**BIDANG STUDI GEOTEKNIK  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS PASCA SARJANA  
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG  
1 9 9 1**

# **STABILISASI PADA LEMPUNG LOSARI DENGAN KAPUR DAN SEMEN**

oleh :

**I D R U S**  
**NIM : 25089026**

Disetujui :



**DR. Ir. ILYAS SURATMAN**  

---

**Pembimbing**

**Bandung, September 1991**



*Untuk yang tercinta  
Detriku, Anisah, Ogie & Faris*

Stabilisasi kapur dan semen dengan melakukan pengujian pemadatan standar yang dilanjutkan dengan pengujian C.B.R terendam serta uji kuat tekan bebas dimaksudkan untuk melihat kenaikan kekuatan lempung Losari dalam menahan daya dukungnya. Hal tersebut ditujukan pada stabilisasi yang sifatnya dangkal dari permukaan tubuh jalan (subbase) jalan kereta api dimana contoh tanah diambil. Hasil uji C.B.R terendam yang optimum pada stabilisasi kapur didapat dengan memberikan 6% berat kapur/ semen dari berat lempung kering. Hasil uji kuat tekan bebas akan meningkat dengan meningkatnya pemberian kapur / semen serta meningkatnya usia percontoh.

Upaya penerapan hasil optimasi campuran lempung kapur atau lempung semen pada lapisan tubuh jalan yang lebih dalam lagi (maksimum 4 meter) , direncanakan dengan membuat lubang kolom (dengan hand boring) dan diisi dengan campuran lempung kapur atau lempung semen optimum yang terlebih dulu dilakukan pemadatan hingga mencapai kepadatan yang maksimum. Pengujian dari disain ini di laboratorium dilakukan dengan pengujian triaxial dan konsolidasi dengan memodifikasi percontoh tidak terganggu dibagian tengahnya dengan kolom lempung kapur / semen. Sehingga hasil parameter yang didapat dari kedua pengujian tersebut adalah hasil gabungan dari tanah asli (undisturbed) dengan kolom lempung kapur / semen ditengahnya.

## ABSTRACT

Soil stabilization using lime and cement by testing it with standard compaction, soaked CBR test and unconfined compression test was carried out to see the increased of Losari clay strength which in turn will increase its bearing capacity. Soil stabilization was carried out by taking out clay samples from vicinity of ground surface. The purpose of this stabilization was to improve the soil for the sub base of railway track.

The optimum result of soaked CBR test was found by mixing the soil with 6% lime or cement of its dry weight. It was also found that the unconfined compressive strength would increase by mixing the soil with lime or cement and the strength of the samples increased as the curing time.

The optimization of clay stabilization using lime and cement was also applied for clays located in the deeper ground (maximum 4 meters). It was planned by making column (using hand boring) filled with optimum clay lime or clay cement compacted up to maximum dry density. The laboratory tests of triaxial and consolidation test was carried out by using modified undisturbed samples which we put a column of clay lime or clay cement in the center of the samples. The parameter results of both tests were a combination of undisturbed samples and the clay lime or clay cement column which we put it on the center of the samples.

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah s.w.t , bahwa dengan izin serta rahmatNYA Tesis yang merupakan salah satu persyaratan dalam menempuh program Pasca Sarjana pada program studi Geoteknik jurusan Teknik Sipil di Institut Teknologi Bandung, telah dapat diselesaikan.

Tesis dengan judul " Stabilisasi Pada Lempung Losari Dengan Kapur Dan Semen " ini selesai adalah terutama berkat bimbingan dan petunjuk Bapak DR.Ir.Ilyas Suratman selaku pembimbing utama , untuk itu kepada beliau penulis ucapkan terima kasih.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan pula kepada kepada :

1. Prof.DR.Ir., Roosseno , Rektor I.S.T.N Jakarta.
2. DR.Ir. Suhardjito Pradoto, Pengelola Program S2 jurusan Teknik Sipil dan selaku penguji.
3. Ir. Syarifudin Nasution M.Eng , Kepala Laboratorium Mekanika Tanah I.T.B dan selaku penguji.
4. DR.Ir.Sri Legowo , sebagai penasehat akademis penulis.
5. Ir. Rachmadi, M.Sc Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan Teknik PERUMKA Pusat, Bandung.
6. Staf dan Karyawan Laboratorium Mekanika Tanah PERUMKA , Cikudapateuh Bandung.
7. Kedua orang tua penulis yang telah banyak memberikan doa restu , dorongan moril selama penulisan.



8. Istri dan ketiga putra-putri penulis yang telah memberikan doa serta dorongan semangat dalam mengikuti pendidikan di I.T.B.

9. Semua rekan-rekan penulis di program studi Geoteknik yang tidak dapat disebutkan satu persatu .

Senoga segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis akan mendapat imbalan yang setimpal oleh Allah s.w.t.

Akhir kata penulis berharap agar tesis ini dapat bermanfaat untuk keperluan kita semua. Segala kekurangan dalam penulisan ini kiranya akan dapat dijadikan perhatian bagi penulis berikutnya guna menjadikannya lebih dekat dari kesempurnaan.

Bandung , Agustus 1991

Penulis,

( I d r u s )

# DAFTAR ISI

Halaman

|                       |                                                                     |     |
|-----------------------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| ABSTRAK .....         |                                                                     | i   |
| KATA PENGANTAR .....  |                                                                     | iii |
| DAFTAR ISI .....      |                                                                     | v   |
| DAFTAR TABEL .....    |                                                                     | vii |
| DAFTAR GAMBAR .....   |                                                                     | ix  |
| DAFTAR LAMPIRAN ..... |                                                                     | xii |
|                       |                                                                     |     |
| Bab I.                | PENDAHULUAN .....                                                   | 1   |
| I.1.                  | Umum .....                                                          | 1   |
| I.2.                  | Latar Belakang Penelitian .....                                     | 2   |
| I.3.                  | Tujuan Penelitian .....                                             | 4   |
| I.4.                  | Ruang Lingkup Penelitian .....                                      | 4   |
|                       |                                                                     |     |
| Bab II.               | STUDI LITERATUR TENTANG LEMPUNG DAN STABILISASI KAPUR / SEMEN ..... | 7   |
| II.1.                 | Umum .....                                                          | 7   |
| II.2.                 | Analisis Kuantitatif Mineral Lempung Dengan Difraksi Sinar X .....  | 9   |
| II.2.1.               | Difraksi sinar x .....                                              | 9   |
| II.2.2.               | Pengamatan difraksi sinar x .....                                   | 10  |
| II.2.3.               | Analisis kualitatif pola sinar x ...                                | 12  |
| II.3.                 | Sifat-Sifat Rekayasa Dari Mineral Lempung .....                     | 15  |
| II.3.1.               | Batas-batas atterberg .....                                         | 15  |
| II.3.2.               | Bentuk dan ukuran partikel .....                                    | 17  |
| II.3.3.               | Karakteristik perubahan volume .....                                | 17  |
| II.3.4.               | Permeabilitas .....                                                 | 17  |
| II.3.5.               | Kuat geser .....                                                    | 18  |
| II.3.6.               | Kompresibilitas .....                                               | 19  |
| II.4.                 | Studi Pemilihan Metoda Stabilisasi ..                               | 20  |
| II.5.                 | Stabilisasi kapur .....                                             | 21  |
| II.5.1.               | Kapur .....                                                         | 22  |
| II.5.2.               | Tanah .....                                                         | 23  |
| II.5.3.               | Air .....                                                           | 23  |
| II.5.4.               | Pengaruh fisik dan kimia dari kapur ..                              | 24  |
| II.5.5.               | Pengaruh kapur terhadap sifat fisik tanah .....                     | 25  |
| II.6.                 | Stabilisasi Tanah Dengan Semen .....                                | 30  |
| II.6.1.               | Umum .....                                                          | 30  |
| II.6.2.               | Interaksi antara semen dan tanah ...                                | 32  |
| II.6.3.               | Sifat-sifat campuran tanah semen ...                                | 35  |
|                       |                                                                     |     |
| Bab III               | PROGRAM PENELITIAN DAN PENGUJIAN LABORATORIUM .....                 | 38  |
| III.1.                | Skematik Penelitian .....                                           | 38  |
| III.2.                | Prosedur Pengujian Di Laboratorium ..                               | 42  |
| III.2.1.              | Metoda pencampuran tanah kapur atau semen .....                     | 43  |



|                     |                                                                                          |     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| III.2.2.            | Percobaan pemadatan dan CBR terendam                                                     | 44  |
| III.2.3.            | Pengujian sifat fisik tanah .....                                                        | 45  |
| III.2.4.            | Pengujian uji tekan bebas (UCS) ....                                                     | 46  |
| III.2.5.            | Pengujian triaxial unconsolidation<br>undrained .....                                    | 47  |
| III.2.6.            | Percobaan konsolidasi .....                                                              | 48  |
| Bab IV              | HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA                                                       | 51  |
| IV.1.               | Pengujian Laboratorium Lempung<br>Losari (Tanah Asli) .....                              | 51  |
| IV.1.1.             | Hasil pengujian analisis kimia dan<br>mineral .....                                      | 51  |
| IV.1.2.             | Hasil pengujian sifat fisik dan<br>mekanik lempung Losari .....                          | 53  |
| IV.2.               | Presentasi Data Hasil Stabilisasi ..                                                     | 58  |
| IV.3.               | Pengaruh Stabilisasi Kapur / Semen<br>Terhadap Sifat Fisik Lempung Losari                | 63  |
| IV.4.               | Pengaruh Stabilisasi Kapur / Semen<br>Pada Pemadatan Dan C.B.R Laboratorium              | 67  |
| IV.5.               | Pengaruh Kapur / Semen Pada Uji Kuat<br>Tekan Bebas .....                                | 81  |
| IV.6.               | Hasil Test Konsolidasi Percontoh<br>Kolom Lempung Kapur Dan Kolom<br>Lempung Semen ..... | 91  |
| IV.7.               | Pengaruh Kapur / Semen Pada Uji<br>Triaxial U.U. Test .....                              | 99  |
| Bab V               | KESIMPULAN DAN SARAN .....                                                               | 104 |
| V.1.                | Kesimpulan .....                                                                         | 104 |
| V.2.                | Saran .....                                                                              | 108 |
| DAFTAR PUSTAKA      | .....                                                                                    | 110 |
| LAMPIRAN - LAMPIRAN | .....                                                                                    | L-1 |

# DAFTAR TABEL

| Tabel   |                                                                                                                                                                  | Halaman |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 2.1.1.  | Klasifikasi butiran tanah .....                                                                                                                                  | 8       |
| 2.1.2.  | Rentang ukuran beberapa mineral lempung (Soveri , 1950) .....                                                                                                    | 8       |
| 2.2.3a. | Jarak difraksi sinar x yang diperoleh dari bidang (001) untuk mineral lapisan silikat dengan bermacam - macam cara penyiapan contoh tanah (Whitting ,1965) ..... | 14      |
| 2.2.3b. | Diagnosa sinar x , nilai-nilai untuk mineral-mineral yang biasa ditemui dalam lempung .....                                                                      | 14      |
| 2.3.1.  | Harga batas Atterberg pada mineral lempung (Mitchell , 1976) .....                                                                                               | 16      |
| 2.3.6.  | Harga Cc dan Cv dari beberapa mineral lempung (Cornel ,1951) .....                                                                                               | 19      |
| 2.4.1.  | Ikhtisar metode stabilisasi (Mitchell , 1976) .....                                                                                                              | 20      |
| 2.4.2.  | Aplikasi metode stabilisasi ( Holtz et al) .....                                                                                                                 | 21      |
| 3.2.1.  | Standar pelaksanaan pengujian tanah ..                                                                                                                           | 43      |
| 4.1.1a. | Analisa kimia lempung Losari dengan cara basah .....                                                                                                             | 52      |
| 4.1.1b. | Jumlah kandungan mineral pada lempung Losari .....                                                                                                               | 53      |
| 4.1.2.  | Hasil pengujian sifat fisik dan mekanik lempung Losari .....                                                                                                     | 55      |
| 4.2.1.  | Pengaruh kapur / semen terhadap batas - batas Atterberg .....                                                                                                    | 58      |
| 4.2.2.  | Pengaruh kapur/ semen terhadap specific gravity (Gs) .....                                                                                                       | 59      |
| 4.2.3.  | Pengaruh kapur/semen terhadap karakteristik pepadatan , California Bearing Ratio (CBR) dan Pengembangan (swelling) .....                                         | 61      |
| 4.2.4.  | Pengaruh kapur / semen pada uji kuat tekan bebas .....                                                                                                           | 62      |
| 4.2.5.  | Hasil Pengujian triaxial UU test dan konsolidasi pada percontoh kolom lempung kapur / semen .....                                                                | 62      |
| 4.6.1.  | Perubahan selisih angka pori ( $\Delta e_s$ ) akibat pengurangan beban pada uji konsolidasi .....                                                                | 93      |

|        |                                                                                                |     |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.6.2. | Harga Modulus Elastisitas (E) kolom -<br>lempung kapur / semen dari uji konsoli-<br>dasi ..... | 95  |
| 4.7.1. | Harga Secant Modulus (E) kolom lempung<br>kapur / semen dari uji triaxial .....                | 101 |



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Umum

Didalam rekayasa geoteknik telah lama dikenal beberapa cara bagaimana memanfaatkan tanah asli yang tidak memenuhi syarat sebagai material konstruksi, misalnya pada tanah lunak, gambut dan sebagainya. Hasil dari upaya rekayasa tersebut didapat keadaan tanah dengan daya dukung yang lebih baik serta sifat-sifat lain yang positif dilihat dari sudut pandang konstruksi.

Untuk hal tersebut diatas telah dikenal rekayasa stabilisasi tanah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah yang kurang menguntungkan dari segi konstruksi, sehingga sifat-sifat dan karakteristik tanah tersebut menjadi memadai sebagai material konstruksi. Stabilisasi yang menggunakan kapur telah lama dikenal, misalkan pada pembuatan beberapa jalan di Roma, pembuatan konstruksi Shensi Pyramid di Tibet serta dimanfaatkannya dinding tanah kalsium hidrat yang disisipkan pada dua dinding bata yang berjarak 1 meter di sepanjang Tembok Cina.

Secara umum stabilisasi tanah mempunyai tujuan antara lain menaikkan kekuatan tanah diatas kekuatan yang sudah dimiliki, menaikkan tingkat kemampuan mempertahankan kekuatan yang telah dimiliki serta mempercepat terjadinya konsolidasi. Untuk maksud tersebut diatas telah dikenal beberapa cara stabilisasi tanah, yaitu secara fisik ( sand

drained , thermo treatment , elektro osmose ), secara mekanik ( pemadatan statik dan dinamik , fibrasi ) serta secara kimia ( kapur , semen , bahan kimia tertentu , dan lain-lain ). Untuk mencapai hasil yang maksimal , biasanya tidak hanya satu cara yang diterapkan akan tetapi kombinasi antara beberapa cara tersebut. Pada stabilisasi kimia dengan kapur atau semen , setelah tercampur rata dengan tanah umumnya dilakukan pemadatan tanah secara mekanik.

Penentuan jenis stabilisator yang diperlukan pada stabilisasi kimia diperlukan studi pendahuluan tentang tanah asli berupa pengujian laboratorium mekanika tanah serta pengujian laboratorium yang menyangkut analisa kimia dan mineralogi tanah. Dengan mempelajari hasil test laboratorium tersebut dapat ditentukan jenis stabilisator apakah yang tepat untuk jenis tanah yang dimaksud.

## 1.2. Latar Belakang Penelitian

Suatu alternatif pemecahan yang baik dan pada umumnya sesuai dengan kondisi tanah di Indonesia adalah dilakukannya stabilisasi tanah dengan kimia, walaupun tidak selamanya stabilisasi secara kimia tersebut selalu dapat diterapkan. Penelitian yang dilakukan sehubungan dengan stabilisasi kimia telah banyak dilakukan dan dikembangkan di Indonesia. Penelitian ini terus berkembang karena hasil penelitian yang telah dilakukan disuatu daerah hasilnya tidak dapat disimpulkan serta berlaku umum pada daerah lainnya.

Penelitian ini mengambil satu contoh kasus yang

terjadi pada jalan kereta api lintas utara pulau Jawa, yaitu pada daerah kecamatan Losari di KM 183-184 dari kota Semarang, Jawa Tengah. Pada lokasi tersebut sangat sering dilakukan perbaikan jalan rel (track) dan hal ini disebabkan karena tanah asli (subbase) dari jalan rel ini tidak stabil / lunak. Hal ini didukung oleh data sondir yang telah dilakukan di daerah tersebut, nilai qc rata-rata  $< 5 \text{ kg/cm}^2$  sampai kedalaman 21 meter.

Dari hasil pengujian mineralogi, deposit pada daerah ini 48 % terdiri dari mineral monmorillonite. Mineral jenis ini sangat suka akan air, hal ini tercermin dari batas cairnya yang tinggi serta dengan plastisitas indeks yang tinggi sehingga deposit daerah ini termasuk jenis lempung yang tinggi plastisitasnya serta mempunyai daya ekspansif yang cukup besar.

Bahan stabilisator dalam penelitian ini dipakai kapur dan semen sebagai alternatif. Jenis bahan ini telah banyak diteliti dan dipakai diberbagai kasus geoteknik oleh beberapa peneliti dengan menggunakan metode yang berbeda, walaupun sasarannya adalah peningkatan kekuatan tanah serta sifat-sifat teknisnya. Jenis kapur yang dipakai pada penelitian ini diperoleh dari tambang kapur di wilayah Cirebon, sehingga jika diterapkan pada pelaksanaannya nanti tidak terjadi masalah mengenai transportasinya. Semen yang dipakai dari merek Tiga Roda yang sangat banyak dipasaran, khususnya di daerah lokasi Losari dan pada daerah lainya di pulau Jawa ini.

### 1.3. Tujuan Penelitian

Pada umumnya penelitian ini bertujuan mempelajari sampai seberapa jauh pengaruh kapur dan semen terhadap lempung Losari sehingga didapat suatu gambaran tentang perubahan-perubahan sifat-sifat dasar dari tanah asli yang pada gilirannya akan berpengaruh terhadap naiknya kekuatan geser serta memperkecil penurunan yang terjadi.

Dari hasil penelitian ini juga diharapkan dapat diketahui dan dipelajari sampai seberapa jauh hubungan antar sifat-sifat tanah ( properties relationships ) yang didapat dengan mencampurkan kapur atau semen pada lempung Losari dari test-test yang dilakukan di laboratorium.

Dipilihnya lempung Losari pada penelitian ini karena lempung tersebut secara teknis tidak langsung dapat dimanfaatkan untuk keperluan konstruksi tanpa melalui sentuhan rekayasa stabilisasi. Sedangkan konstruksi jalan rel yang sudah berada di atasnya tidak mungkin untuk dipindahkan pada jalur lain mengingat faktor teknis dan ekonomis. Sehingga dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan bagi pihak yang berwenang (PERUMKA) sebagai alternatif upaya menanggulangi kasus-kasus yang dihadapi di lapangan.

### 1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian yang dilakukan ini merupakan upaya mempelajari pengaruh kapur atau semen terhadap stabilisasi lempung Losari dengan studi penyelidikan di laboratorium.



Pemilihan kapur dan semen pada penelitian ini didasari atas hasil dari peneliti-peneliti terdahulu dimana hampir seluruh lempung cocok jika distabilisasi dengan kapur dan sebagian lagi cocok dengan semen. Ingels D.G (1972), Mitchell (1976) telah meneliti beberapa jenis tanah untuk distabilisasi dengan berbagai cara dan bahan stabilisator. Dan secara umum disimpulkan bahwa kapur sangat cocok untuk lempung dan semen cocok untuk pasir.

Jenis pengujian di laboratorium dilakukan dengan mengantisipasi pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Hal ini dilakukan karena tidak mungkin pelaksanaan konstruksi dilakukan dengan memberhentikan jalur kereta api yang sangat sibuk dilintasan tersebut. Sehingga pada pelaksanaannya diharapkan suatu konstruksi yang tidak mengganggu jadwal kereta api. Pembuatan kolom tanah kapur atau kolom tanah semen diharapkan dapat mengatasi hambatan tersebut diatas, karena pada pelaksanaan konstruksi tidak diperlukan alat-alat berat dan cukup dengan hand boring saja yang sewaktu-waktu dapat berhenti jika kereta api lewat.

Pengujian yang dilakukan pada campuran tanah kapur dan tanah semen dilakukan dengan berbagai konsentrasi adalah :

- a. pemadatan standar
- b. california bearing ratio (CBR) dan swelling test
- c. atterberg limit
- d. spesifik gravity (Gs)

e. uji kuat tekan bebas ( $q_u$ ).

6

Konsentrasi kapur atau semen yang dipakai pada penelitian ini adalah 2% , 4% , 6% , 8% , 10% dari berat kering tanah yang dipakai.

Uji triaxial test dan oedometer test dilakukan pada percontoh tidak terganggu (undisturbed) dengan menggantikan sebagian dari percontoh dengan lempung kapur atau lempung semen yang berbentuk lingkaran dibagian dalam percontoh.

Untuk mengetahui pengaruh perbaikan tanah dengan percontoh yang dimodifikasi tersebut , diambil parameter  $C$  ,  $\phi$  dari triaxial test dan parameter  $C_c$  ,  $C_v$  ,  $C_s$  dari konsolidasi test. Parameter yang dihasilkan tersebut didapat dengan anggapan bahwa tanah secara keseluruhan mengikuti perilaku tanah homogen.

Ketidak homogenan tanah akibat dibuat kolom lempung kapur / semen dengan diameter tertentu pada tengah-tengah percontoh diamati perilakunya dari hubungan tegangan-regangan dari triaxial dengan harga modullus elastisitas ( $E$ ) . Harga modullus elastisitas ( $E$ ) juga diperoleh dari grafik  $e - \log P$  dari uji konsolidasi.

## BAB II

# STUDI LITERATUR TENTANG LEMPUNG DAN STABILISASI KAPUR / SEMEN

### II.1. Umum

Perilaku dan sifat lempung sangat tergantung pada komposisi mineral dan unsur-unsur kimianya, tekstur lempung dan partikel-partikelnya serta pengaruh lingkungan disekitarnya. Sehingga untuk dapat memahami sifat dan perilakunya diperlukan pengetahuan tentang mineral dan komposisi kimia non-kristal lempung sangat bermanfaat sekali, hal ini dikarenakan mineralogi adalah faktor utama untuk mengontrol ukuran, bentuk dan sifat fisik serta kimia dari partikel tanah.

Apabila mempelajari mengenai lempung maka perlu dibedakan penggunaan istilah yaitu :

- a. Penggunaan istilah ukuran lempung, dimana ukuran lempung lebih dihubungkan dengan komposisi dari ukuran partikel, yang biasanya berukuran  $< 2 \mu\text{m}$ .
- b. Penggunaan istilah mineral lempung, dimana lebih dihubungkan dengan komposisi ukuran mineral. Ukuran mineral ini lebih spesifik dalam arti adakalanya ukuran mineral ini  $< 2 \mu\text{m}$  dan dapat pula  $> 2 \mu\text{m}$ , meskipun pada umumnya  $< 2 \mu\text{m}$ .

Tabel 2.1.1 menyajikan klasifikasi butiran yang didasarkan atas beberapa standar yang telah diakui, sedangkan tabel 2.1.2 memberikan gambaran tentang ukuran dari beberapa mineralogi yang lazim diketemui pada lempung,

## B A B III

### PROGRAM PENELITIAN DAN PENGUJIAN LABORATORIUM

#### III.1. Skematik Penelitian

Untuk melakukan penelitian stabilisasi kapur dan semen untuk lempung losari, maka dilakukan urutan dari tahapan kegiatan yang akan dikerjakan. Secara garis besar tahapan pekerjaan dibagi menjadi 2(dua) yaitu tahapan penyelidikan tanah (soil investigation) yang meliputi penyelidikan dilapangan dan laboratorium serta tahapan stabilisasi dengan kapur dan semen yang dilakukan di laboratorium.

Pada pekerjaan tahap awal ini dilakukan pengujian sondir dan boring di sisi jalan rel pada lokasi Losari km 183+550 dan dilanjutkan dengan pengujian laboratorium yang meliputi pengujian kadar air, spesifik gravity, atterberg limits, analisa ayakan dan hidrometer, unconfined compression test, triaxial test dan consolidation test. Hal ini dilakukan agar dapat diketahui karakteristik tanah asli serta mechanical properties yang dimilikinya.

Untuk melengkapi data dari tanah asli tersebut guna mendapatkan informasi yang lengkap, maka dilakukan juga penyelidikan unsur-unsur kimia yang terkandung pada tanah tersebut serta dilakukan pengujian komposisi mineral dari lempung Losari dengan difraksi sinar x. Dengan demikian dapat dipelajari lebih jauh tentang perilaku lempung Losari



## B A B IV

### HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS DATA

#### IV.1. Pengujian Laboratorium Lempung Losari (Tanah Asli)

Pengujian laboratorium dari lempung losari meliputi pengujian analisa kimia dan mineral serta pengujian sifat fisik dan mekanik yang dilakukan di laboratorium mekanika tanah.

Pengujian analisis kimia dengan metode basah meliputi unsur-unsur silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), titania ( $\text{TiO}_2$ ), kalsia ( $\text{CaO}$ ), magnesia ( $\text{MgO}$ ), kalsium oksida ( $\text{K}_2\text{O}$ ), Natrium oksida ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) dan habis pijar. Dan pengujian analisis mineral meliputi analisis kualitatif dan kuantitatif (analisis rasionil).

Pengujian sifat fisik dan mekanik dari lempung Losari meliputi pengujian-pengujian kadar air, berat jenis, batas-batas atterberg, analisa ayakan dan hidrometer, uji tekan bebas, triaxial, pemadatan standar, CBR terendam dan konsolidasi. Disamping pengujian laboratorium, dilakukan juga pengujian lapangan berupa sondir sampai kedalaman 20 meter dan hand boring sampai kedalaman 4 meter.

##### IV.1.1. Hasil pengujian analisis kimia dan mineral.

Hasil pengujian senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam lempung Losari dapat dilihat pada tabel 4.1.1a.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V.1. Kesimpulan

Dari hasil pengujian sifat fisik dan mekanik lempung Losari (tanah asli), bahwa lempung Losari mempunyai sifat ekspansif yang besar serta kekuatan yang kurang memadai untuk jalan rel. Kekuatan lempung ini akan drastis menurun dengan meningkatnya kandungan air didalamnya. Hasil ini ditunjang oleh penelitian komposisi mineral, dimana komposisinya didominasi oleh mineral montmorillonite. Pada penelitian stabilisasi pada lempung Losari dengan kapur dan semen ini diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Sifat plastis lempung Losari akan menurun dengan diberikan kapur atau semen. Sifat ini dapat dilihat dari hasil pengujian batas-batas Atterberg dimana indeks plastisitasnya akan menurun sebanding dengan banyaknya prosentase kapur / semen yang digunakan. Dengan menurunnya indeks plastisitas lempung Losari, pengembangan volume tanah sebesar 4,518 % pada kondisi asli menurun dengan tajam hingga 0.002 - 0.005 % pada konsentrasi kapur / semen sebanyak 6% dengan kandungan kadar air optimum.
2. Dengan bertambahnya prosentase kapur / semen pada lempung Losari pada percobaan pemadatan, berat isi

kering cenderung menurun dan kadar air optimumnya cenderung meningkat. Hasil persamaan yang didapat untuk berat isi kering adalah  $\gamma_d = 1.50 - 0.018.A + 0.0013.A^2$  dan  $\gamma_d = 1,50 - 0.046.B + 0.0048.B^2$ . Sedangkan persamaan kenaikan kadar air optimum untuk stabilisasi kapur  $w = 23.15 + 0.381.A + 0.0067.A^2$  dan untuk stabilisasi semen  $w = 23.15 + 4.48.B - 0.54.B^2$ , dimana A adalah prosentase kapur dan B adalah prosentase semen. Hal ini disebabkan oleh karena terjadinya penggumpalan (flocculation) antar partikel akibat ditambahkan kapur /semen sehingga angka pori meningkat sedangkan kepadatannya akan menurun. Karena kapur dan semen akan menarik air, maka semakin banyak kapur / semen yang digunakan semakin banyak air yang dibutuhkan untuk membuat kepadatnya maksimum.

3. Pemakaian kapur yang optimum adalah sebesar 6% ,dimana pada prosentase ini nilai C.B.R (California Bearing Ratio) terendam akan menjadi 28,64 % sedangkan pada kondisi aslinya nilai C.B.R sebesar 2,22 % jika dipadatkan pada kadar air yang optimum. Jika digunakan 6% semen nilai C.B.R nya akan menjadi 29,56 % jika dipadatkan pada kadar air optimum. Sehingga dengan ditambahkan kapur / semen nilai C.B.R terendam akan meningkat dengan tajam lebih dari 10 kali lipat pada kondisi tanah asli yang dipadatkan dengan metoda yang sama. Nilai C.B.R maksimum pada suatu prosentase pemakaian kapur / semen tertentu, kadar air

optimumnya tidak selalu pada kadar air optimum ( kepadatan maksimum ) yang dihasilkan dari percobaan pemadatan. Kadar air optimum pada saat C.B.R maksimum pada beberapa prosentase kapur / semen ada yang lebih besar dari kadar air optimum hasil pemadatan. Hal ini terjadi karena ikatan sementasi yang terjadi lebih kuat pada keadaan kadar air yang lebih besar dari kadar air optimumnya , sehingga hasil C.B.R nya akan lebih besar.

4. Hal lain yang diakibatkan oleh meningkatnya ikatan sementasi adalah hasil uji kuat tekan bebas. Kuat tekan bebas akan meningkat dengan bertambahnya prosentase pemakaian kapur / semen dan dengan bertambahnya usia perawatan percontoh. Pada stabilisasi dengan kapur , kuat tekan bebas akan mencapai  $3,39 \text{ Kg/cm}^2$  dengan 6% kapur pada usia 0 hari , dan kekuatannya akan meningkat hingga  $10,69 \text{ Kg/cm}^2$  pada usia 14 hari. Kenaikan kekuatan ini sangat tajam jika dibandingkan dengan kondisi asli (undisturbed) sebesar  $0,85 \text{ Kg/cm}^2$ . Hal serupa juga terjadi pada stabilisasi dengan semen.
5. Dari uji konsolidasi dengan memodelkan kolom lempung kapur / semen pada percontoh (sampel uji) dengan prosentase kapur / semen sebesar 6% , semakin besar diameter kolom yang dibuat maka semakin besar koefisien konsolidasi ( $C_v$ ) yang didapat pada tiap pembebanan. Hal ini akan mengakibatkan semakin singkatnya waktu yang dibutuhkan untuk konsolidasi 90% (  $t_{90}$  ). Sedangkan semakin besar kolom yang dibuat , maka indeks



pemampatan ( $C_c$ ) akan semakin kecil sesuai dengan persamaan  $C_c = 0.411 + 0.044.dA - 0.417.dA^2$  dan persamaan  $C_c = 0.411 - 0.144.dB - 0.226.dB^2$  dimana  $dA$  adalah perbandingan diameter kolom lempung kapur dibagi diameter percontoh dan  $dB$  untuk kolom lempung semen. Hal ini akan mengakibatkan penurunan akibat konsolidasi yang semakin kecil dan tentunya sangat bermanfaat dari segi konstruksi.

6. Dari uji triaxial test, dengan dibesarkannya diameter kolom lempung kapur / semen, maka kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) akan meningkat. Persamaan peningkatan kohesi untuk kolom lempung kapur (6%) adalah  $C \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.23 - 0.033.dA + 0.91.dA^2$  dan untuk kolom lempung semen adalah  $C \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = 0.23 - 0.067.dB + 1.437.dB^2$ . Sedangkan persamaan peningkatan sudut geser dalam ( $\phi$ ) untuk kolom lempung kapur (6%) adalah  $\phi(\text{derajat}) = 6.8 + 13.66.dA + 15.8.dA^2$  dan untuk kolom lempung semen (6%)  $\phi(\text{derajat}) = 6.8 - 16.24.dB + 38.81.dB^2$ . Hal ini sangat bermanfaat dalam menentukan kenaikan besarnya daya dukung, sehingga kestabilan jalan rel lebih dapat diandalkan. Kenaikan kohesi disebabkan terjadinya ikatan antar partikel yang lebih kuat (reaksi sementasi) akibat penarikan unsur kalsium pada permukaan partikel. Sedangkan meningkatnya sudut geser dalam ( $\phi$ ) lebih diakibatkan oleh peristiwa penggumpalan (flocculation) antar partikel yang mengakibatkan terbentuknya partikel yang lebih besar.

7. Harga tangens modullus (E) dari pengujian triaxial dan konsolidasi meningkat dengan semakin besarnya kolom lempung kapur / semen yang dibuat. Pada uji konsolidasi harga E lebih besar dibandingkan harga E pada uji triaxial. Harga E dari uji konsolidasi kurang lebih 2 (dua) kali lebih besar dari harga E dari uji triaxial pada perbandingan luas kolom yang sama.

Hubungan antara Modulus Elastisitas (E) dengan diameter kolom lempung kapur / semen seperti berikut :

$$E (\text{kon-kpr}) = 55,6 - 43,01.dA + 498,8.dA^2$$

$$E (\text{kon-smn}) = 67,1 - 108 . dB + 506,5.dB^2$$

$$E (\text{trx-kpr})_1 = 23,5 - 67,1.dA + 304,6.dA^2$$

$$E (\text{trx-kpr})_2 = 27,5 - 97,3.dA + 715,7.dA^2$$

$$E (\text{trx-kpr})_3 = 27,9 + 26,4.dA + 332,9.dA^2$$

$$E (\text{trx-smn})_1 = 21,0 - 22,5.dB + 220,1.dB^2$$

$$E (\text{trx-smn})_2 = 27,5 - 26,6.dB + 322,2.dB^2$$

$$E (\text{trx-smn})_3 = 39,6 - 196, dB + 566,5.dB^2$$

dimana dA dan dB adalah perbandingan diameter kolom lempung kapur / semen terhadap percontoh.

#### V.I. Saran.

Penentuan diameter kolom lempung kapur atau kolom lempung semen yang optimum ,harus memperhatikan pengaruhnya terhadap peningkatan daya dukung serta pengaruhnya terhadap pengurangan penurunan yang terjadi. Sebagai contoh daya dukung lebih terlihat kenaikannya dengan dibuat kolom

lempung kapur sebesar 0,25 D ( Kohesi naik 56 % dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) naik 108 % ), dibandingkan reduksi penurunan dengan berkurangnya indeks pemampatan (Cc) sebesar 7% pada diameter kolom lempung kapur yang sama..

Penelitian tentang stabilisasi kimia terutama dengan kapur sangat efisien , mengingat material kapur relatif murah dan mudah didapat. Sehingga diharapkan penelitian dengan memanfaatkan material kapur sebagai bahan stabilisasi terus dikembangkan dengan meneliti aspek-aspek dari perilaku tanah dan kapur yang lebih jauh lagi.

Sebagai upaya untuk menerapkan hasil penelitian stabilisasi kimia di laboratorium , perlu kiranya dilakukan riset yang lebih cermat lagi tentang metode pelaksanaan pekerjaannya di lapangan. Hal ini sangat penting untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil penelitian dengan pelaksanaan pekerjaan yang sebenarnya.

Sebagai alternatif lain untuk mempermudah pekerjaan stabilisasi di lapangan dengan hasil yang lebih akurat sesuai dengan hasil riset yang dilakukan di laboratorium, maka pada penelitian di laboratorium dilakukan pencetakan / pembuatan percontoh dengan mendekatkan keadaan sifat fisik dan mekanik di lapangan. Misalnya kadar air dan kepadatan pada percontoh di laboratorium agar dibuat sedemikian rupa sehingga sama dengan kondisi di lapangan. Hal ini diharapkan akan mengurangi kegagalan dari hasil yang didapatkan di lapangan dengan di laboratorium.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Annual Books of A.S.T.M Standards , American Society For Testing Materials ,Philadelphia, 1989.
2. Balasubramaniam, AS and Bergado,DT,"Engineering Behavior of Lime Stabilised Soft Bangkok Clay ", Proceedings of The Tenth Southeast Asian Geotechnical Conference ,Taipei ,1990.
3. Balasubramaniam , Younger J.S , Prinzl .F, Recent Developments in Ground Improvement Techniques , A.A.Balkema ,1985.
4. Bergado,DT , "Note On Ground Improvement Techniques", Asian Institute of Technology , Bangkok ,1990.
5. Braja M Das , Principles Of Geotechnical Engineering , The University of Texas at El Paso , 1985.
6. Esveld Coenraad , "Modern Railway Track",Graphics Departement of Thyssen Stahl AG ,W Germany , 1989.
7. Faisal,HA , "Improvement of A Residual Soil", Proceedings of The Tenth Southeast Asian Geotechnical Conference , Teipei , 1990.
8. George R. Lightsey ,Ara Arman and Clayton D. Callihan , Changes In The Characteristics Of Cement-Stabilization Soils By Addition Of Excess Compaction Moisture, Louisiana State University , 1979.
9. Ghani, A , "A Comparison Of The Effects Of Stabilizing A Silty Sand With Portland Cement Or Lime ", Master's Thesis, Institut Teknologi Bandung ,1985 .(Unpublished)
10. Holtz, Robert , D et Al , " An Introduction To Geotechnical Engineering ", Prentice Hall Inc ,New Jersey ,1981.
11. Ingels , OG and Metcalf, JB , "Soil Stabilization Principles and Practise ", Butterworths, Sydney ,1972.
12. Kezdi, A,"Stabilized Earth Roads", Elsevier Scientific Publising Company , New York ,1975.
13. Lambe , TW and Whitman , RV , " Soil Stabilization, Foundation Engineering ", Ed. G.A, Leonard, Mc. Graw Hill , New York ,1962.



14. Mitchell, JK, "Fundamental of Soil Behavior," ,John Wiley and Sons, Inc, New York, 1976.
15. P.C.A , " Soil - Cement Laboratory", Hand book , Engineering Bulletin , Illinois , 1959.
16. Roy e Hunt , Geotechnical Engineering Analysis And Evaluation , Mc Graw-Hill Book Company ,1986.
17. Simanjuntak , AH , " A Laboratory Study Of Lime-Soil Columns In Bandung Clay ' , Master's Thesis , Institut Teknologi Bandung,1986.(Unpublished)
18. Soil Manual For The Design Of Asphalt Pavement Structures, The Asphalt Institute , Manual Series No 10, 1978.
19. Suhardjito Pradoto, Diktat Perilaku Tanah, Laboratorium Geoteknik Pusat Antar Unoversitas - Ilmu Rekayasa I.T.B , 1990.