

KORELASI ANTARA TEGANGAN GESER DAN NILAI CBR PADA TANAH LEMPUNG DENGAN BAHAN CAMPURAN SEMEN

Jesicha Gratia Eman

Joseph R. Sumampouw, Turangan Arens E.

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: jesicha1992@gmail.com

ABSTRAK

Tanah secara umum terdiri dari tiga unsur yaitu butiran tanahnya sendiri serta air dan udara. Kekuatan tanah untuk memikul beban sangatlah menunjang dalam kestabilan suatu struktur bangunan dimana tanah sebagai dasar perkuatan dari struktur bangunan harus memiliki kapasitas dukung dan kuat geser yang tinggi. Sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat melakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi tanah dapat memperbaiki sifat-sifat fisik tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perubahan kuat geser dan nilai CBR pada tanah lempung yang ada di area desa Kalawat setelah distabilisasi dengan semen.

Dari uji pematatan dengan proctor didapatkan nilai $Y_{dmax} = 1,7 \text{ kg/cm}^3$ dan $\omega_{opt} = 23,25 \%$, dan dari uji CBR rendaman pada campuran 0% semen didapat nilai CBR sebesar 5,6585 % dan terus mengalami peningkatan hingga pada campuran 10% sebesar 14,339 %, dan dari hasil uji triaksial didapat nilai kohesi pada campuran 0% semen = $2,5 \text{ t/m}^2$ terus mengalami peningkatan sampai pada campuran 8% semen = $5,0 \text{ t/m}^2$ dan kembali turun pada campuran 10% menjadi $3,8 \text{ t/m}^2$, nilai sudut geser dalam tanah pada 0% semen sebesar $\phi = 16,0^\circ$ meningkat menjadi $\phi = 25,3^\circ$ pada campuran 8% semen dan kembali turun pada campuran 10% = 19° , dan pada nilai tegangan geser terus mengalami peningkatan yang awalnya $3,0216 \text{ t/m}^2$ pada campuran 0% semen menjadi $6,6587 \text{ t/m}^2$ pada campuran 10% semen.

Kata kunci : Tanah Lempung, Stabilisasi, CBR, Kuat Geser, Semen, Proctor.

PENDAHULUAN

Latar belakang

Tanah merupakan tempat berdirinya suatu struktur atau konstruksi, baik itu konstruksi bangunan maupun konstruksi jalan yang sering menimbulkan masalah bila memiliki sifat yang buruk seperti daya dukung yang rendah, kekuatan geser yang rendah dan potensi kembang susut yang besar.

Dalam konstruksi bangunan sipil nilai CBR dan kuat geser tanah dasar berpengaruh dalam perencanaan suatu bangunan. Fungsi tanah sebagai pondasi bangunan memerlukan kondisi tanah yang stabil, sehingga apabila ada kondisi tanah yang buruk maka dapat melakukan stabilisasi tanah. Stabilisasi ialah suatu tindakan yang dilakukan guna memperbaiki sifat-sifat teknis tanah.

Tujuan dari stabilisasi tanah yaitu untuk meningkatkan daya dukung tanah dengan peningkatan parameter tanah seperti kohesi, sudut geser dalam dan kepadatan tanah. Ada beberapa cara stabilisasi tanah yang dapat

dilakukan salah satunya menambahkan bahan kimia salah satunya adalah penambahan semen.

Stabilisasi tanah dengan campuran semen dianggap bisa digunakan karena semen merupakan salah satu bahan stabilisasi yang mudah diperoleh dan efektif. Semen juga merupakan bahan pozolanik yang sifatnya dapat mengikat serta dapat mengeras bila bereaksi dengan air. Dengan adanya penambahan semen ini tanah yang mengandung kadar air tertentu dapat mengeras sehingga akan meningkatkan kestabilannya.

Rumusan Masalah

Seberapa besar perubahan kuat geser tanah dan nilai CBR yang terjadi pada tanah lempung setelah distabilisasi dengan semen.

Batasan Masalah

Kegiatan penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut :

1. Sampel tanah yang digunakan di ambil dari desa Kalawat Kecamatan Kalawat dengan kondisi sampel tanah terganggu

2. Tipe semen yang digunakan adalah semen portland komposit (PCC) merek Tiga Roda.
3. Identifikasi lempung berdasarkan pada Indeks Plastisitas Tanah
4. Sifat-sifat kimia dari lempung (mineral lempung) dan semen tidak diperiksa.
5. Pengaruh dampak lingkungan tidak ditinjau.
6. Membandingkan pengaruh bahan campuran semen terhadap parameter-parameter kuat geser tanah dan nilai CBR dengan persentase 0%, 4%, 6%, 8% dan 10% semen dari berat kering udara lempung.
7. Percobaan CBR yang digunakan adalah CBR laboratorium rendaman.
8. Pematatan dilakukan secara manual.
9. Pemeriksaan kuat geser tanah dengan cara triaksial uji Unconsolidated Undrained Test (UU test)

Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh bahan campuran semen terhadap kuat geser tanah dengan cara menggambarkan hubungan variasi antara semen dengan:
 - a. Kohesi Undrained (C_u)
 - b. Sudut Geser Dalam (ϕ)
 - c. Kepadatan (γ)
2. Mengetahui perubahan kuat geser dan nilai CBR pada tanah lempung setelah distabilisasi dengan semen.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penulisan ini dapat diperoleh manfaat antara lain :

- Memperoleh pengetahuan mengenai pengaruh yang ditimbulkan oleh penambahan variasi kadar semen terhadap tanah lempung
- Dapat mengetahui seberapa besar daya dukung tanah dan kekuatan geser tanah dengan variasi kadar semen
- Diharapkan dapat dijadikan sebagai acuan dalam perancangan stabilisasi tanah.

LANDASAN TEORI

Tanah Lempung

Tanah Lempung merupakan agregat partikel-partikel berukuran mikroskopik dan submikroskopik yang berasal dari pembusukan kimiawi unsur-unsur penyusun batuan, dan bersifat plastis dalam selang kadar air sedang sampai luas. Dalam keadaan kering sangat

keras, dan tak mudah terkelupas hanya dengan jari tangan. Permeabilitas lempung sangat rendah (Terzaghi dan Peck, 1987). Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran koloid ($<0,002$ mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

Menurut Chen (1975) mineral lempung terdiri dari 3 komponen utama yaitu montmorillonite, illite, dan kaolinite.

1. Kaolinite
2. Montmorillonite
3. Illite

Jenis - Jenis Tanah Lempung

a. Tanah Lempung Berlanau

Lanau adalah tanah atau butiran penyusun tanah/batuan yang berukuran di antara pasir dan lempung. Sifat-sifat yang dimiliki tanah lanau adalah sebagai berikut :

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

Lempung berlanau adalah tanah lempung yang mengandung lanau dengan material utamanya adalah lempung. Tanah lempung berlanau merupakan tanah yang memiliki sifat plastisitas sedang dengan Indeks Plastisitas 7-17 dan kohesif (Das,1991).

b. Tanah Lempung Plastisitas Rendah

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

c. Tanah Lempung berpasir

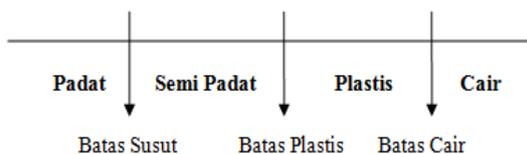
Pasir merupakan partikel penyusun tanah yang sebagian besar terdiri dari mineral *quartz* dan *feldspar*. Sifat-sifat yang dimiliki tanah pasir adalah sebagai berikut (Das,1991):

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

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

Plastisitas

Plastisitas merupakan suatu indikator bagi potensial muai tanah. Istilah plastisitas melukiskan kemampuan tanah untuk berdeformasi pada volume tetap tanpa terjadi retakan. Sifat kohesif ini disebabkan karena adanya air yang terserap disekeliling permukaan dari partikel. Plastisitas terdapat pada tanah yang memiliki mineral lempung. Kadar air dimana terjadi perubahan kondisi tanah bervariasi antara tanah yang satu dengan yang lain.



Gambar 1. Batas-batas Atterberg

Petunjuk yang berguna dari batas-batas atterberg ini dan kadar air alami adalah Indeks Plastisitas (PI) dan Indeks Likuiditas (LI).

$$PI = LL - PL$$

Tanah Lempung Lunak

Menurut Panduan Geoteknik 1, 2001, penggunaan istilah “tanah lunak berkaitan dengan: tanah-tanah yang jika tidak dikenali dan diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah ketidakstabilan dan penurunan jangka panjang yang tidak dapat ditolerir, tanah tersebut mempunyai kuat geser yang rendah dan kompresibilitas yang tinggi. Adapun salah satu tipe tanah yang termasuk ke dalam jenis tanah lunak yaitu lempung lunak.

Tanah lempung lunak secara umum mempunyai sifat-sifat berikut :

1. Kuat geser yang rendah
2. Bisa kadar air bertambah, kuat gesernya berkurang
3. Bila struktur tanah terganggu, kuat gesernya berkurang
4. Bila basah bersifat plastis dan mudah mampat
5. Menyusut bila kering dan mengembang bila basah
6. Memiliki kompresibilitas yang besar
7. Berubah volumenya dengan bertambahnya waktu akibat rangkai pada beban yang konstan

8. Merupakan material kedap air

Stabilisasi

Stabilisasi tanah dapat dipilih dari beberapa cara berikut :

1. Stabilisasi mekanis : berhubungan dengan pemadatan tanah yang menggunakan berbagai jenis peralatan mekanis seperti mesin gilal (roller), benda berat yang dijatuhkan, ledakkan, tekanan statis, tekstur, pembekuan, dan pemanasan.
2. Stabilisasi statis : untuk meningkatkan kerapatan tanah yang dapat dicapai dengan menurunkan muka air tanah dan membebani tempat tersebut sebelumnya.
3. Stabilisasi perkuatan : dengan menggunakan bahan tertentu seperti Geosintetik.
4. Stabilisasi secara fisik dan kimia : mencampur satu atau lebih bahan tambahan dalam tanah, sehingga terjadi reaksi antara kedua bahan ini.

Semen

Semen berasal dari bahasa latin ‘Caementum’ yang berarti bahan pelekat. Menurut Widodo dan Qosari (2011), semen adalah bahan ikat hidrolis (menghisap atau membutuhkan air), yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terdiri dari silikat kalsium yang bersifat hidrolis dan gips sebagai bahan tambah. Usaha pembuatan semen pertama kali dilakukan pada 1824 oleh Joseph Aspadain. Proses ini dilakukan dengan mengurai batu kapur ($CaCO_3$) menjadi batu tohor (CaO) dan senyawa karbon dioksida (CO_2), hal ini dilakukan dengan kalsinasi campuran batu kapur dan tanah liat yang di giling dan di bakar pada tungku.

Pemadatan Tanah

Pemadatan merupakan usaha untuk meningkatkan berat volume kering tanah dengan pemakaian energi mekanis untuk menghasilkan pemampatan partikel. Energi pemadatan dilapangan dapat diperoleh dari mesin gilal, alat-alat pemadat getaran, dan dari benda-benda berat yang dijatuhkan. Di laboratorium, contoh uji untuk mendapatkan pengendalian mutu dipadatkan dengan menggunakan daya tumbukan (dinamik), alat penekan atau tekanan statik yang menggunakan piston dan mesin tekanan.

Dalam setiap pekerjaan pemadatan yang telah dikerjakan, dihitung :

1. Kadar air tanah (w)

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \%$$

2. Berat isi basah (γ_b)

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$$

dimana :

γ_b = Berat volume tanah (gram/cm³)

W = Berat tanah (gram)

V = Volume silinder (cm³)

3. Berat volume kering tanah (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$$

Untuk mendapatkan variasi γ_{zav} terhadap kadar air, digunakan prosedur sebagai berikut :

1. Tentukan berat spesifik butiran tanah
2. Cari berat volume air (γ_w)
3. Tentukan sendiri berapa harga kadar air

$$\text{Gunakan persamaan } \gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{w+1/G_s}$$

CBR (California Bearing Ratio)

Dasar Pengujian

Untuk menguji kekuatan tanah yang dipadatkan biasanya digunakan percobaan tahanan penetrasi, diantaranya adalah pengujian CBR.

Pengujian CBR merupakan cara untuk menilai kekuatan tanah dasar (subgrade) dari jalan yang hendak dipakai. Untuk pembuatan cara CBR ini dikembangkan pertama kalinya oleh California State Highway Departemen dan digunakan serta dikembangkan lebih lanjut oleh U.S. Corps Of Engineers.

$$\text{Nilai CBR} = \frac{\text{Nilai Beban Uji}}{\text{Nilai Beban Standard}} \times 100 \%$$

Dari setiap pekerjaan CBR laboratorium dihitung:

1. Kadar air tanah (w)

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

2. Berat isi basah (γ_b)

$$\gamma_b = \frac{W}{V} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$$

dimana :

γ_b = Kerapatan Tanah (gram/cm³)

W = Berat Tanah (gram)

V = Volume Silinder (cm³)

3. Berat volume kering tanah (γ_d)

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3}$$

4. Nilai CBR

Hitung nilai CBR (dalam %) dari grafik yang telah dikoreksi, yaitu perbandingan antara tekanan penetrasi yang diperoleh terhadap tekan penetrasi standard, sebagai berikut :

- Nilai tekan penetrasi untuk penetrasi 0,1” terhadap tekanan penetrasi standard yang besarnya 3000 pound.

$$\text{CBR} = \frac{P_1}{3000} \times 100 \quad (2.3)$$

- Nilai tekan penetrasi untuk penetrasi 0,2” terhadap tekanan penetrasi standard yang besarnya 4500 pound.

$$\text{CBR} = \frac{P_2}{4500} \times 100 \quad (2.4)$$

Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap keruntuhan dan pergeseran yang terjadi akibat beban yang dialaminya. Secara khusus dalam bidang geoteknik untuk kekuatan tanah biasanya ditunjukkan pada kekuatan gesernya.

Teori Mohr-Coulomb

Coulomb (1776) menunjukkan hubungan linier antara tegangan parsial dan gesek dalam suatu persamaan :

$$\tau = c_u + \sigma_n \tan \phi$$

dimana :

τ = Kuat Geser

c_u = Kohesi Undrained

σ_n = Tegangan normal pada bidang tinjauan = Q/A

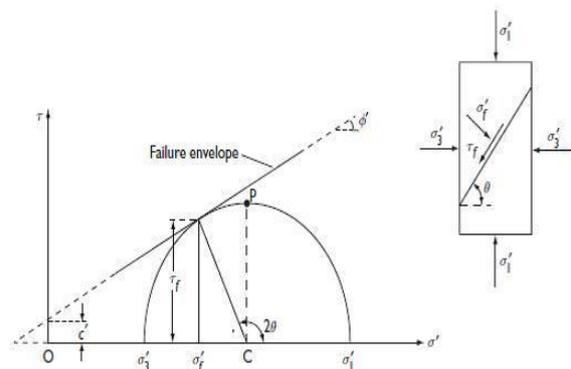
Q = Gaya Normal

A = Luas penampang bidang tinjauan

Tan ϕ = Koefisien geser antar partikel tanah (=μ)

ϕ = Sudut geser dalam tanah

Hubungan diatas biasanya disebut juga kriteria keruntuhan Morh-Coulomb



Gambar 2 Garis Keruntuhan Menurut Mohr dan Hukum Keruntuhan Mohr-Coulomb

Pengujian Kuat Geser Tanah Dengan Tekan Triaksial

Apabila suatu contoh tanah dikeluarkan dari dalam tanah lokasi asalnya, semua tegangan yang bekerja sebelumnya menjadi hilang. Uji contoh tanah ini di laboratorium harus sedemikian sehingga sedapat mungkin meniru keadaan tegangan saat contoh tanah masih berada di tempat asalnya.

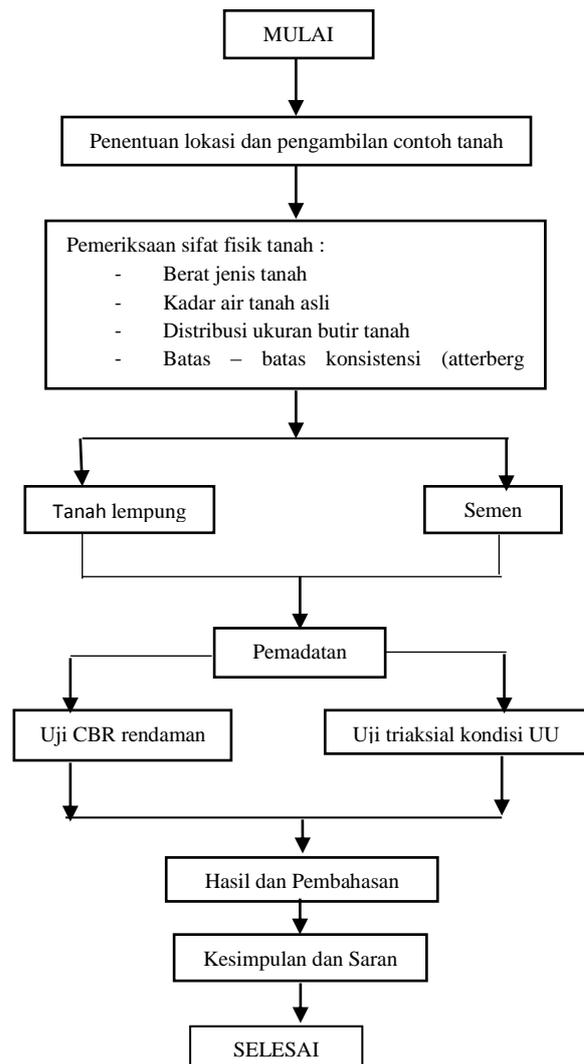
| Pembuatan benda uji | | | | |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| Tanah asli + 0 % semen | Tanah asli + 4% semen | Tanah asli + 6% semen | Tanah asli + 8% semen | Tanah asli + 10% semen |

Uji Tekan Triaksial (*Triaxial Compression Test*) diketahui sebagai uji yang paling terandalkan dalam memperoleh parameter geser dan data tegangan-regangan tanah. Cara pengujian ini membolehkan pemberian tegangan-tegangan vertikal dan horizontal secara serentak terhadap contoh tanah.

Ada tiga jenis uji tekan triaksial berdasarkan pembebanan dan kondisi pengaliran :

1. *Unconsolidated Undrained Test (UU Test)* : Pemberian Tegangan deviator segera dilakukan dengan cepat setelah tegangan sel diberikan. Pada keseluruhan proses pengujian ini, tidak diijinkan terjadinya drainase keluar ataupun masuk ke dalam contoh uji.
2. *Consolidated Undrained Test (CU Test)* : Mula-mula pada contoh diberikan tegangan sel sampai terjadi perubahan volume (berkonsolidasi). Pada tahap ini drainase dibiarkan terjadi untuk menjamin air pori mengalir keluar dari contoh. Tahap selanjutnya, dengan menutup drainase, tegangan deviator diberikan sampai contoh mengalami keruntuhan.
3. *Consolidated Drained Test (CD Test)* : Dengan membuka drainase kedalam contoh, tegangan sel diberikan sampai contoh mengalami perubahan volume. Dengan tetap membuka drainase, tegangan deviator kemudian diberikan sampai contoh tanah runtuh.

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Campuran

Tabel 1 Komposisi Campuran Pemadatan

| Semen (%) | Berat Tanah Kering udara (gram) | Berat Semen (gram) | Berat Total (gram) |
|-----------|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| 0 | 2000 | 0 | 2000 |
| 4 | 1920 | 80 | 2000 |
| 6 | 1880 | 120 | 2000 |
| 8 | 1840 | 160 | 2000 |
| 10 | 1800 | 200 | 2000 |

Tabel 2. Komposisi Campuran CBR Rendaman

| Semen (%) | Berat Tanah Kering Udara (gram) | Berat Semen (gram) | Berat Total (gram) |
|-----------|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| 0 | 5000 | 0 | 5000 |
| 4 | 4800 | 200 | 5000 |
| 6 | 4700 | 300 | 5000 |
| 8 | 4600 | 400 | 5000 |
| 10 | 4500 | 500 | 5000 |

Tabel 3. Komposisi Campuran Air untuk Percobaan CBR Rendaman

| Semen (%) | Kadar Air Optimum (%) | Target Penambahan Air (Cc) |
|-----------|-----------------------|----------------------------|
| 0 | 23,25 | 985 |
| 4 | 22,78 | 962 |
| 6 | 22,60 | 954 |
| 8 | 22,20 | 934 |
| 10 | 22,02 | 925 |

Tabel 4. Komposisi Campuran Air pada Pemadatan untuk Triaxial

| Semen (%) | Kadar Air Optimum (%) | Target Penambahan Air (Cc) |
|-----------|-----------------------|----------------------------|
| 0 | 23,25 | 394 |
| 4 | 22,78 | 385 |
| 6 | 22,60 | 382 |
| 8 | 22,20 | 374 |
| 10 | 22,02 | 370 |

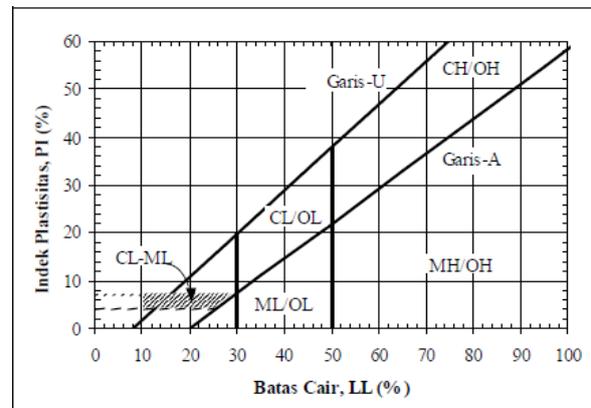
Tabel 5. Pengujian Karakteristik Tanah

| No. | Karakteristik | Nilai |
|-----|-----------------------|--------|
| 1 | Kadar Air (w) | 2,97 |
| 2 | Batas Cair (LL) | 40,173 |
| 3 | Batas Plastis (PL) | 27,897 |
| 4 | Index Plastis (IP) | 12,286 |
| 5 | Specific Gravity | 2,81 |
| 6 | Lolos Saringan No.200 | 4,82 |

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik diatas maka dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu:

- a) Berdasarkan nilai presentase lolos saringan no.200 tanah lempung diatas, didapat hasil $\leq 50\%$ lolos, maka berdasarkan tabel klasifikasi USCS tanah ini secara umum dikategorikan kedalam golongan tanah berbutir halus

Dari tabel sistem klasifikasi USCS untuk data batas cair dan indeks plastisitas di plot pada diagram plastis sehingga di dapat identifikasi tanah yang lebih spesifik.

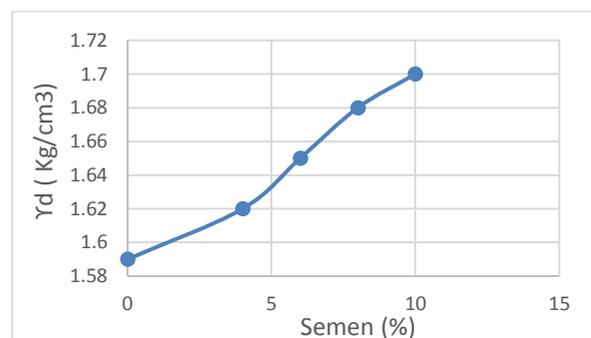


Gambar 3 Diagram Plastisitas Tanah Berbutir Halus USCS

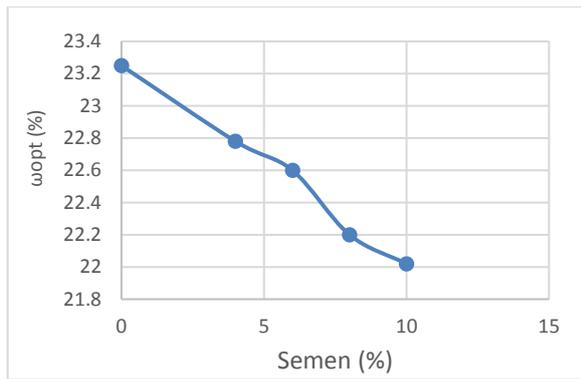
Dapat dilihat dari gambar 3 bahwa hasil plot menunjukkan suatu titik pertemuan dibawah garis A, yang mana titik temu itu menjelaskan jenis tanah yang diuji. Dengan merujuk pada hasil diatas maka tanah berbutir halus tersebut termasuk kedalam kelompok campuran lanau anorganik atau pasir halus, lanau yang elastis, lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.

Tabel 6 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

| % Semen | Berat Isi Kering Maksimum (kg/cm ³) | Kadar Air Optimum (%) |
|---------|---|-----------------------|
| 0 | 1,59 | 23,25 |
| 4 | 1,62 | 22,78 |
| 6 | 1,65 | 22,6 |
| 8 | 1,68 | 22,2 |
| 10 | 1,70 | 22,02 |



Gambar 4 Grafik Hubungan antara Persen Semen dengan Berat Isi Kering Maksimum Tanah

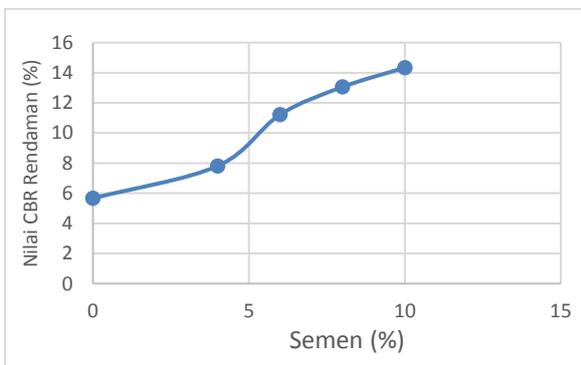


Gambar 5. Grafik Hubungan antara Persen Semen dengan Kadar Air Optimum Tanah

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa pengaruh bahan campuran semen pada perilaku kepadatan tanah adalah: semakin besar presentase semen semakin meningkat berat isi kering tanah serta semakin menurun kadar air optimum tanah. Hal ini disebabkan semen mengisi rongga pori tanah, yang pada kondisi tanah asli, rongga pori tersebut terisi oleh air dan udara. Akibat adanya semen dalam rongga pori tanah ini, persentase air yang dikandung tanah menjadi berkurang. Peningkatan jumlah partikel padat pada tanah berdampak pada peningkatan berat volume keringnya dibandingkan pada kondisi tanah asli.

Tabel 7 Hasil Pengujian CBR Rendaman

| Semen (%) | Nilai CBR Rendaman (%) | | |
|-----------|------------------------|--------|-----------|
| | I | II | Rata-rata |
| 0 | 5.015 | 6.302 | 5.6585 |
| 4 | 7.523 | 8.102 | 7.8125 |
| 6 | 10.995 | 11.446 | 11.2205 |
| 8 | 12.732 | 13.375 | 13.0535 |
| 10 | 13.117 | 15.561 | 14.339 |

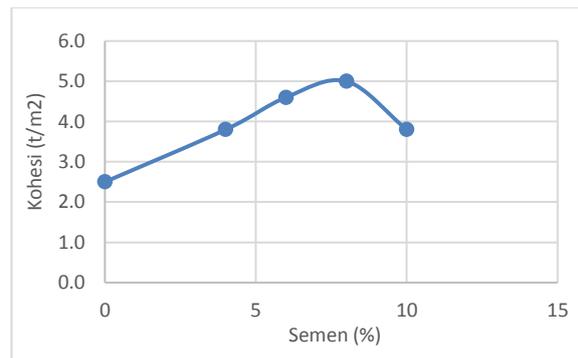


Gambar 6. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Nilai CBR Rendaman

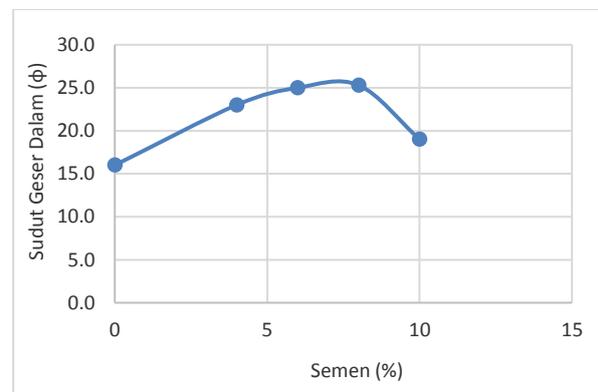
Dari grafik 6 dapat dilihat bahwa pengaruh bahan campuran semen meningkatkan nilai CBR tanah yang awalnya sebesar 5,6585 % menjadi 14,329 % pada campuran 10% semen. Peningkatan nilai CBR rendaman sebesar 8,6805 %.

Tabel 8. Hasil Pengujian Triaksial pada Kondisi UU

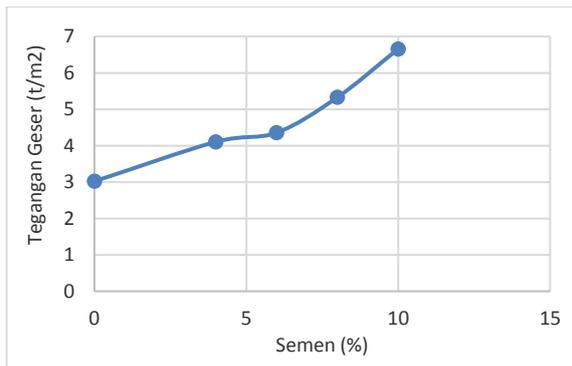
| Sampel | Kohesi (c) | Sudut Geser Dalam (ϕ) | Tegangan Geser (τ) |
|----------------------|------------|------------------------------|---------------------------|
| Lempung + 0 % Semen | 2.5 | 16.0 | 3.0216 |
| Lempung + 4 % Semen | 3.8 | 23.0 | 4.1055 |
| Lempung + 6 % Semen | 4.6 | 25.0 | 4.3576 |
| Lempung + 8 % Semen | 5.0 | 25.3 | 5.3291 |
| Lempung + 10 % Semen | 3.8 | 19 | 6.6587 |



Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Kohesi



Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Sudut Geser Dalam



Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Tegangan Geser

Dari gambar grafik 7 dan 8 memiliki persamaan, campuran semen dari 0% sampai 8% meningkatkan kohesi dan nilai sudut geser dalam dan pada campuran semen 10% kohesi dan nilai sudut geser dalam kembali menurun.

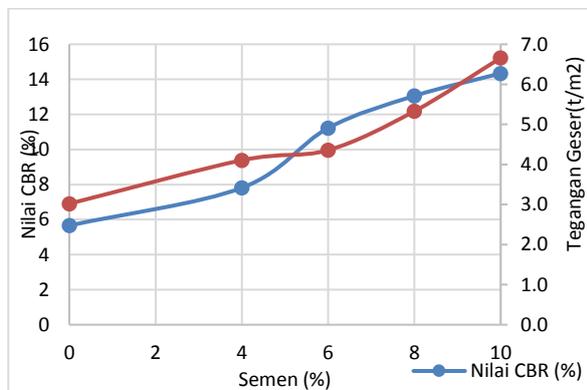
Dari gambar 9 dapat dilihat bahwa pencampuran semen akan meningkatkan tegangan geser dalam tanah yang awalnya 3,0216 menjadi 6,6587 pada campuran 10% semen.

Peningkatan nilai tegangan geser tanah terhadap tanah tanpa campuran semen

$$= ((6,6587 - 3,0216) / 3,0216) \times 100\% = 120,370$$

Tabel 9 Hasil Penambahan Semen terhadap Tegangan Geser dan Nilai CBR

| Semen (%) | Nilai CBR (%) | Tegangan Geser (t/m ²) |
|-----------|---------------|------------------------------------|
| 0 | 5.6585 | 3.0216 |
| 4 | 7.8125 | 4.1055 |
| 6 | 11.2205 | 4.3576 |
| 8 | 13.0535 | 5.3291 |
| 10 | 14.339 | 6.6587 |



Gambar 10 Grafik Korelasi Tegangan Geser dan Nilai CBR terhadap Kadar Semen

Dari gambar 10 dengan penambahan presentase semen pada tanah lempung akan meningkatkan nilai CBR dan tegangan geser tanah. Pada persentase semen antara 4% dan 6% serta antara 8% dan 10% didapat pertemuan titik kenaikan antara nilai CBR dan tegangan geser.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian karakteristik tanah, dapat disimpulkan bahwa tanah yang diambil dikategorikan kedalam golongan tanah berbutir halus dan termasuk kedalam kelompok campuran MH/OH yaitu campuran lanau anorganik atau pasir halus, lanau yang elastis, lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi.
2. Berdasarkan pengujian pemadatan tanah menunjukkan bahwa semakin besar presentase semen semakin meningkat berat isi kering tanah serta semakin menurun kadar air optimum tanah. Hal ini disebabkan semen mengisi rongga pori tanah.
3. Berdasarkan pengujian CBR dapat dilihat pengaruh bahan campuran semen memberikan peningkatan pada nilai CBR tanah yang awalnya 5,6585% menjadi 14,329% pada campuran 10% semen.
4. Berdasarkan korelasi kadar semen dengan kohesi dapat dilihat bahwa pada pencampuran semen akan meningkatkan nilai kohesi tanah. Dari campuran 0% semen nilai kohesi = 2,5 t/m² meningkat hingga titik persentase 8% = 5,0 t/m² dan pada campuran 10% semen kohesi tanah kembali menurun menjadi 3,8 t/m².
5. Berdasarkan korelasi antara kadar semen dengan sudut geser dalam dapat dilihat bahwa pada pencampuran semen akan meningkatkan nilai sudut geser dalam. Dari campuran 0% semen $\phi = 16^\circ$ meningkat hingga titik persentase 8% = 25,3 $^\circ$ dan pada campuran 10% semen nilai sudut geser dalam kembali menurun menjadi 19 $^\circ$.
6. Berdasarkan korelasi antara tegangan geser dan nilai CBR terhadap campuran semen dapat dilihat bahwa semakin banyak persentase semen yang diberikan akan

semakin meningkatkan nilai CBR dan tegangan geser tanah, dan pada titik persentase antara 4% dan 6% serta antara 8% dan 10% terdapat titik pertemuan antara nilai CBR dan tegangan geser.

Saran

Penggunaan semen dapat dipertimbangkan sebagai bahan stabilisasi terutama pada tanah jenis lempung karena dapat meningkatkan daya dukung tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J. E., *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, McGraw-Hill, New York, 1984, terj. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1989
- Das, B. M., *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*, PWS Publishers, 1985, terj. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988
- Das, B. M., *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2*, PWS Publishers, 1985, terj. Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988
- Hardiyatmo, H.C., *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, 2002
- Risman, 2008. *Kajian Kuat Geser dan CBR Tanah Lempung yang Distabilisasi dengan Abu Terbang dan Kapur*, Jurnal Wahana Teknik Sipil, Volume 13, No. 2. (Hal. 99 - 110)
- Simanjuntak, R. M, 2007. *Pengaruh Pencampuran Semen pada Tanah Lempung terhadap Kekuatan Geser Puncak dan Geser Sisa*, Jurnal Sains dan Teknologi EMAS, Volume 17, No. 3. (Hal. 249 - 259)
- Soedarmo Djatmiko, G., *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta, 1997
- Wesley, D. I., *Mekanika Tanah*, terj., Andi, Yogyakarta, 2010