

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

Bretyndah Kezia Lumikis

S. Monintja, S. Balamba, A. N. Sarajar

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi

email:bretyndahindah@yahoo.com

### ABSTRAK

*Tanah ekspansif memiliki kemampuan daya dukung tanah yang rendah sehingga sering menimbulkan kerusakan pada bangunan. Dalam konstruksi bangunan sipil nilai CBR dan kuat geser tanah dasar berpengaruh dalam perencanaan suatu bangunan, oleh karena itu sebelum tanah tersebut digunakan seorang perencana dapat melakukan stabilisasi untuk menambah daya dukung tanah.*

*Stabilisasi tanah dengan campuran semen dianggap bisa digunakan karena semen 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.*

*Dari hasil uji pematatan dengan proctor standart didapatkan nilai  $\gamma_{dmax} = 1,202 \text{ kg/cm}^3$  dan  $\omega_{opt} = 41,19\%$ . Penambahan semen meningkatkan nilai CBR dan tegangan geser tanah dimana nilai maksimumnya terjadi pada penambahan campuran semen 10%, nilai CBR tanah asli sebesar 0,390% meningkat menjadi 1,115% dan nilai sudut geser dalam tanah asli sebesar  $\phi = 12,48^\circ$  meningkat menjadi  $\phi = 36,00^\circ$ . Nilai kohesi tanah mencapai maksimal pada campuran semen 4% yaitu sebesar  $3,41 \text{ t/m}^2$ . Dengan demikian terjadi peningkatan tegangan geser tanah.*

*Kata kunci : CBR, tegangan geser, kohesi tanah, sudut geser dalam, semen*

### PENDAHULUAN

Secara geografis Indonesia terletak di daerah tropis, dimana pada musim hujan akan terjadi curah hujan yang tinggi dan pada musim kemarau akan terjadi cuaca yang panas. Perubahan cuaca mengakibatkan terjadinya siklus pembasahan dan pengeringan secara berulang-ulang, sehingga tanah akan mengalami perubahan volume tanah akibat perubahan kadar air.

Penelitian tentang tanah sangat dibutuhkan untuk menjamin stabilitas bangunan karena kekuatan struktur secara langsung akan dipengaruhi oleh kemampuan tanah dasar atau pondasi setempat dalam menerima dan meneruskan beban yang bekerja. Lempung merupakan salah satu jenis tanah yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dan mempunyai sifat cukup kompleks. Kadar air mempengaruhi sifat kembang susut dan kohesinya. (Das,1988a)

Tanah ekspansif ini memiliki kemampuan daya dukung tanah yang rendah sehingga sering menimbulkan kerusakan pada bangunan seperti retaknya dinding, terangkatnya pondasi, jalan bergelombang dan sebagainya.

Dalam konstruksi bangunan sipil nilai CBR dan kuat geser tanah dasar berpengaruh dalam perencanaan suatu bangunan, maka sebelum tanah digunakan seorang perencana dapat melakukan stabilisasi, suatu tindakan yang memperbaiki beberapa sifat-sifat teknis tanah.

Stabilisasi tanah dengan campuran semen dianggap bisa digunakan karena semen 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 lempung ekspansif setelah distabilisasi dengan semen.

## BATASAN MASALAH

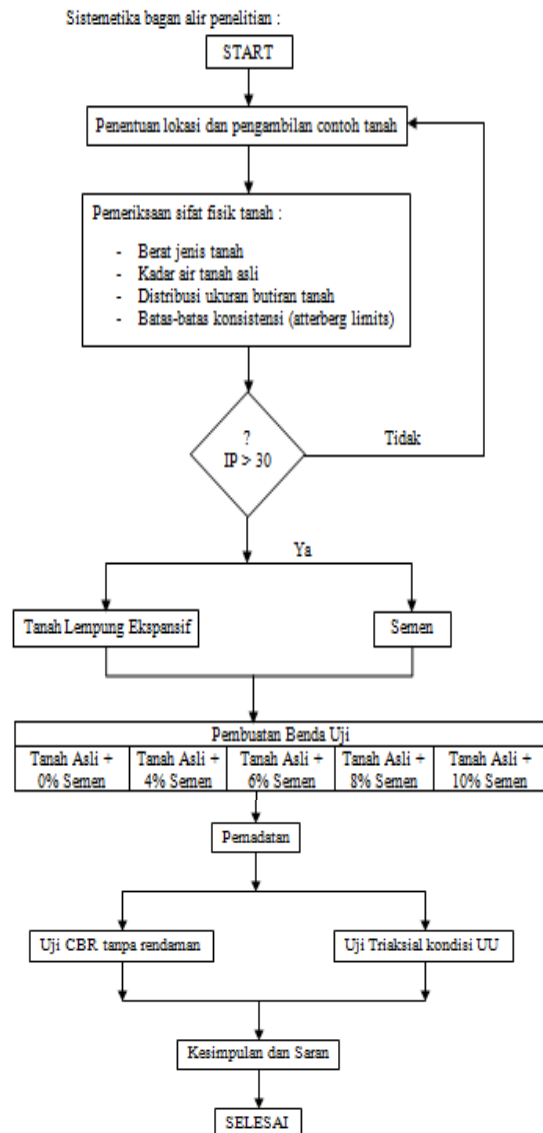
Dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Tanah yang digunakan diambil dari Desa Warembungan, Kecamatan Pineleng dengan kondisi sampel tanah terganggu (*disturbed sample*).
2. Sampel tanah diambil pada kedalaman > 50 cm.
3. Tipe semen yang digunakan adalah semen portland type I merek Tiga Roda.
4. Identifikasi lempung ekspansif berdasarkan pada Indeks Plastisitas Tanah.
5. Sifat-sifat kimia dari lempung ekspansif (mineral lempung) tidak diperiksa.
6. Pengaruh dampak lingkungan tidak ditinjau.
7. 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.
8. Percobaan CBR yang digunakan adalah CBR laboratorium tanpa rendaman.
9. Pemasadatan dilakukan secara manual.
10. 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 (c)
  - b. Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
2. Mengetahui perubahan kuat geser dan nilai CBR pada tanah lempung ekspansif setelah distabilisasi dengan semen.

## METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian.

## LANDASAN TEORI

### Tanah Ekspansif

Tanah lempung ekspansif, merupakan salah satu jenis tanah berbutir halus ukuran koloidal, yang terbentuk dari mineral-mineral ekspansif. Disamping mempunyai sifat-sifat umum, juga mempunyai sifat-sifat yang khas, yakni kandungan mineral ekspansif mempunyai kapasitas pertukaran ion yang tinggi, mengakibatkan lempung ekspansif mempunyai potensi kembang susut, apabila terjadi peningkatan atau penurunan kadar air.

Apabila terjadi peningkatan kadar air, tanah ekspansif akan mengembang disertai dengan peningkatan tekanan air pori dan timbulnya tekanan pengembangan dan apabila kadar air berkurang akan terjadi penyusutan. Penyusutan yang terjadi, apabila penurunan kadar air melebihi batas susutnya. (Sudjianto, 2007)

Faktor-faktor yang mempengaruhi potensial ekspansif dari tanah adalah :

1. Sifat-sifat tanah, meliputi kadungan mineral lempung, plastisitas, struktur dan susunan tanah, dan kepadatan kering.
2. Lingkungan, meliputi kondisi kelembaban awal, variasi-variasi kelembaban seperti faktor iklim, air tanah, drainase dan sumber air buatan, vegetasi, permeabilitas dan suhu.
3. Keadaan tegangan, meliputi riwayat tegangan, kondisi lapangan, pembebanan, dan profil tanah. (Sudjianto, 2007)

### 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.

Umumnya tanah yang menunjukkan sifat/perilaku plastis pada rentang kadar air yang lebar dan mempunyai batas cair yang tinggi mempunyai potensial muai dan susut yang lebih besar. Sifat-sifat plastisitas erat hubungannya dengan kadar air. (Wesley, 2012)



**Gambar 2. Batas-batas Atterberg**  
(Sumber : B. M. Das, 1988a)

$$PI = LL - PL \quad (1)$$

### Stabilisasi Tanah

Salah satu upaya untuk mendapatkan sifat tanah yang memenuhi syarat-syarat teknis tertentu adalah dengan metode stabilisasi tanah. Metode stabilisasi tanah dapat dibagi menjadi 2 klasifikasi utama yaitu berdasarkan sifat teknisnya dan berdasarkan pada tujuannya, dimana beberapa variasi dapat digunakan. Dari sifat teknisnya, stabilisasi dapat dibagi menjadi 3 jenis yaitu: stabilisasi mekanis, stabilisasi fisik dan stabilisasi kimiawi. Stabilisasi tanah ekspansif yang murah dan efektif adalah dengan menambahkan bahan kimia tertentu, dengan penambahan bahan kimia dapat mengikat mineral lempung menjadi padat, sehingga mengurangi kembang susut tanah lempung ekspansif. (Simanjuntak, 2007)

### Semen

Semen portland ialah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan kliner yang bahan utamanya terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan.

Semen merupakan bahan stabilisasi yang baik mengingat bahwa kemampuan mengeras dan mengikat partikel sangat bermanfaat bagi usaha mendapatkan suatu masa tanah yang kokoh dan tahan terhadap deformasi

Tipe semen yang dipakai dalam penelitian ini yaitu tipe I (Semen Tiga Roda) dengan unsur pembentukannya  $C_3S = 50\%$ ,  $C_2S = 25\%$ ,  $C_3A = 12\%$ ,  $C_2AF = 8\%$ ,  $CSH_2 = 5\%$ . (Simanjuntak, 2007)

### 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 gilas, 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. (Das, 1988)

Dalam setiap pekerjaan pemadatan yang telah dikerjakan, dihitung:

1. Kadar air tanah ( $w$ )

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2)$$

2. Berat isi basah ( $\gamma_b$ )

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

dimana :

$\gamma_b$  = Berat volume tanah ( $\text{gram}/\text{cm}^3$ )

$W$  = Berat tanah (gram)

$V$  = Volume silinder ( $\text{cm}^3$ )

3. Berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ )

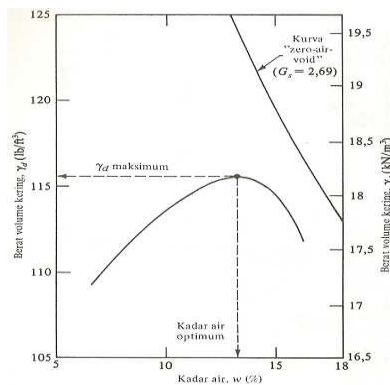
$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} \frac{\text{gram}}{\text{cm}^3} \quad (4)$$

Untuk suatu kadar air tertentu,  $\gamma_d$  max secara teoritis didapat bila pada pori-pori tanah sudah tidak ada udara lagi, yaitu pada saat dimana derajat kejenuhan tanah sama dengan 100%. Jadi  $\gamma_d$  max (teoritis) pada suatu kadar air tertentu dengan kondisi "zero air void".

Untuk mendapatkan variasi  $\gamma_{zav}$  terhadap kadar air, digunakan prosedur sebagai berikut:

1. Tentukan berat spesifik butiran tanah
2. Cari berat volume air ( $\gamma_w$ )
3. Tentukan sendiri berapa harga kadar air
4. Gunakan persamaan:

$$\gamma_{zav} = \frac{\gamma_w}{w+1/G_s} \quad (5)$$



**Gambar 3. Grafik Pemadatan Standard**  
(Sumber : B. M. Das, 1988a)

### CBR (California Bearing Ratio)

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 Departmen dan digunakan serta dikembangkan lebih lanjut oleh U.S. Corps Of Engineers.

Berdasarkan cara mendapatkan contoh tanahnya, pengujian CBR dapat dibagi atas:

1. Pengujian CBR lapangan / Field CBR
2. Pengujian CBR lapangan rendaman / Undistrud Soaked CBR
3. Pengujian CBR rencana titik / CBR laboratorium, dapat dibedakan atas 2 macam yaitu :
  - CBR laboratorium rendaman (soaked design CBR)
  - CBR laboratorium tanpa rendaman (unsoaked design CBR)

Nilai CBR adalah bilangan perbandingan (dalam %) antara tekan yang diperlukan untuk menembus tanah dengan piston berpenampang bulat seluas 3 inch dengan kecepatan penetrasi 0,05 inch/menit, terhadap tekan yang diperlukan untuk menembus suatu bahan standard tertentu.

Nilai standard diperoleh melalui pengujian material batu pecah berkualitas tinggi yang dipadatkan dengan menganggap nilai CBR sebesar 100%.

Dari setiap pekerjaan CBR laboratorium dihitung :

1. Kadar air tanah ( $w$ )
2. Berat isi basah ( $\gamma_b$ )
3. Berat volume kering tanah ( $\gamma_d$ )
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 1000 psi.

$$CBR = \frac{P_1}{1000} \times 100 \quad (6)$$

- Nilai tekan penetrasi untuk penetrasi 0,2" terhadap tekan penetrasi standard yang besarnya 1500 psi.

$$CBR = \frac{P_2}{1500} \times 100 \quad (7)$$

Nilai CBR yang digunakan dan dilaporkan adalah nilai penetrasi 0,1". Apabila dalam pemeriksaan ternyata nilai CBR untuk penetrasi 0,2" lebih besar dari nilai untuk 0,1", maka percobaan harus diulang. Dan ternyata pada percobaan ulang ini, nilai CBR untuk 0,2" tetap lebih besar dari 0,1", maka nilai CBR yang dipakai adalah nilai untuk 0,2". (Das, 1988b)

**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. Hal ini disebabkan kekuatan tarik tanah sangat kecil dan beban-beban yang bekerja akhirnya akan menyebabkan tanah mengalami keruntuhan dalam bentuk geser. Dengan dasar pengertian ini, maka bila tanah mengalami pembebanan akan ditahan oleh:

1. Kohesi tanah yang tergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung pada tegangan vertikal yang bekerja pada bidang gesernya.
2. Gesekan antara butir-butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan vertikal pada bidang gesernya. (Das, 1988b)

**Teori Mohr – Coulomb.**

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

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \tag{8}$$

dimana:

- $\tau$  = Kuat Geser
- $c$  = Kohesi
- $\sigma_n$  = Tegangan normal pada bidang tinjauan  
=  $Q/A$
- $Q$  = Gaya normal
- $A$  = Luas penampang bidang tinjauan
- Tan  $\phi$  = Koefisien gesek antar partikel Tanah ( $=\mu$ )
- $\phi$  = Sudut gesek dalam tanah

**Pengujian Kuat Geser Tanah dengan Tekan Triaksial**

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 horisontal secara serentak terhadap contoh tanah.

Pada uji tekan triaksial, contoh uji biasanya berbentuk silinder dengan diameter 3,81 cm (1,5 inci) dan tinggi 7,62 (3 inci). Contoh ini diselubungkan dengan suatu membran karet tipis dan kemudian dimasukkan dalam suatu sel triaksial khusus.

Tegangan horisontal (atau tegangan sel,  $\sigma_3$ ) diberikan melalui pemberian tekanan pada cairan dalam sel triaksial. Tegangan Deviator –  $\Delta\sigma$  – (yang besarnya adalah selisih kedua tegangan utama  $\sigma_1$  dan  $\sigma_3$ ) diberikan dalam arah aksial sampai contoh mengalami keruntuhan. Pemberian tegangan arah aksial adalah melalui piston vertikal yang dihubungkan dengan dial pengukur beban.

Peralatan uji tekan triaksial dilengkapi pula dengan pipa-pipa pengaliran air yang dihubungkan ke peralatan pengukuran perubahan volume, tegangan air pori serta peralatan pengontrol lainnya.

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

1. *Unconsolidated Undrained Test (UU Test)*
2. *Consolidated Undrained Test (CU Test)*
3. *Consolidated Drained Test (CD Test)*

Dalam penelitian ini pengujian yang digunakan adalah *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. (Hardiyatmo, 2002)

**HASIL DAN ANALISA**

**Uji Karakteristik Tanah**

**Tabel 1. Uji Karakteristik Tanah**

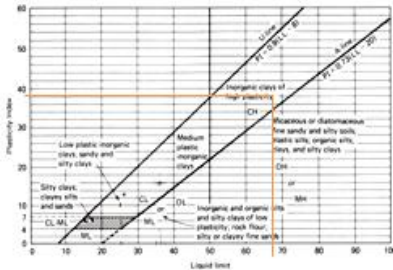
No.	Karakteristik	Nilai
1.	Kadar Air (w)	1,793
2.	Batas Cair (LL)	68,0
3.	Batas Plastis	29,8
4.	Index Plastis	38,2
5.	Specific Gravity	2,532
6.	Lolos Saringan No. 200	51,39

(Hasil Penelitian, 2013)

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

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

- b. Dari tabel sistem klasifikasi USCS untuk data batas cair dan indeks plastisitas diplot pada diagram plastis sehingga didapat identifikasi tanah yang lebih spesifik. Hasil dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Diagram Plastisitas Tanah Berbutir Halus USCS**  
(Sumber : B. M. Das, 1988a)

Dapat dilihat dari Gambar 4 bahwa hasil plot menunjukkan suatu titik pertemuan di atas 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 CH yaitu lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung “gemuk” (*flat clays*) dengan nilai Indeks Plastisitas sebesar 38,2%.

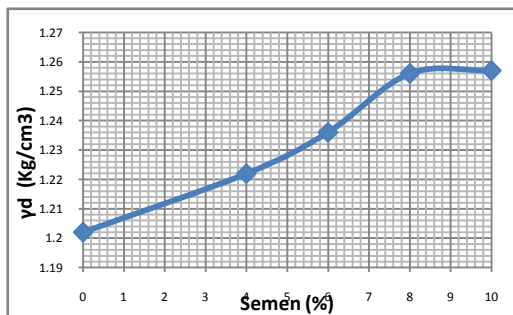
**Pemadatan Tanah**

Hasil pengujian pemadatan tanah hasilnya dirangkum pada Tabel 2 serta Gambar 5 dan 6 berikut:

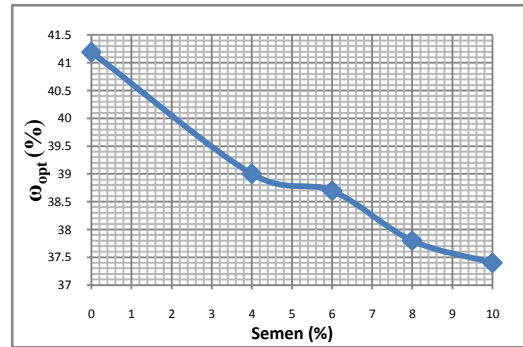
**Tabel 2. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah**

% Semen	Berat Isi Kering Optimum (kg/cm <sup>3</sup> )	Kadar Air Optimum (%)
0	1,202	41,19
4	1,222	39
6	1,236	38,7
8	1,256	37,8
10	1,257	37,4

(Hasil Penelitian, 2013)



**Gambar 5. Hubungan antara Persen Semen dengan Berat Isi Kering Optimum Tanah**



**Gambar 6. Grafik Hubungan antara Persen Semen dengan Kadar Air Optimum Tanah**

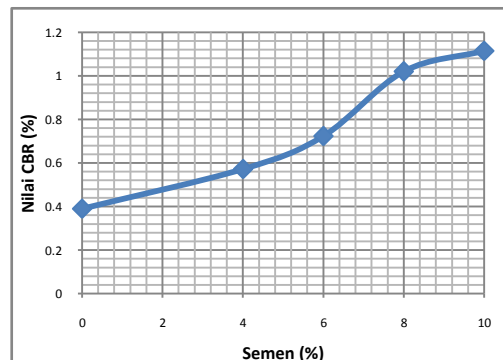
Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa pengaruh bahan campuran semen pada perilaku kepadatan tanah adalah: semakin besar persentase semen semakin meningkat berat isi kering tanah serta semakin menurun kadar air optimum tanah. Hal ini disebabkan semen mengisi rongga pori tanah, yang pada kondisi 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.

**CBR Tanpa Rendaman**

**Tabel 3. Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman**

Semen (%)	Nilai CBR Tanpa Rendaman (%)		
	I	II	Rata-rata
0	0,398	0,381	0,390
4	0,572	0,572	0,572
6	0,724	0,724	0,724
8	1,010	1,029	1,020
10	1,125	1,105	1,115

(Hasil Penelitian, 2013)



**Gambar 7. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Nilai CBR Tanpa Rendaman**



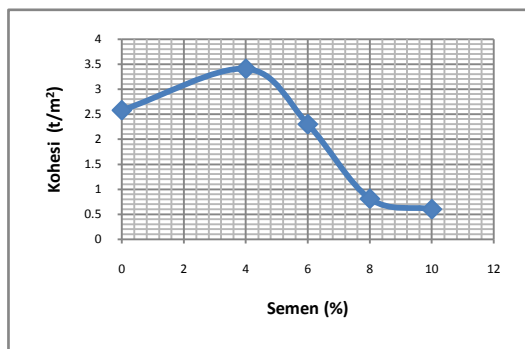
Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa pengaruh bahan campuran semen meningkatkan nilai CBR tanah yang awalnya sebesar 0,390% menjadi 1,115% pada campuran 10% semen.

**Triaksial Kondisi UU**

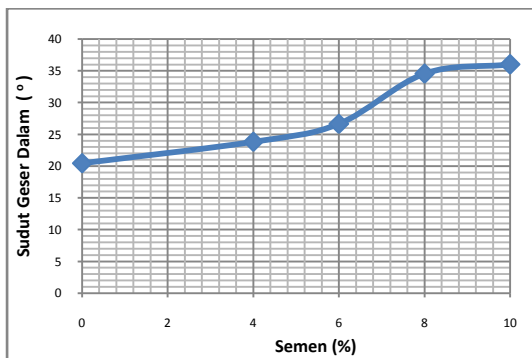
**Tabel 4. Hasil pengujian Triaksial pada kondisi UU**

Sampel	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )	Tegangan Geser ( $\tau$ )
Tanah Asli	1,76	12,48	4,217
Lempung + 0% Semen	2,58	20,45	9,889
Lempung + 4% Semen	3,41	23,83	12,774
Lempung + 6% Semen	2,30	26,67	12,848
Lempung + 8% Semen	0,81	34,57	15,281
Lempung + 10% Semen	0,60	36,00	15,857

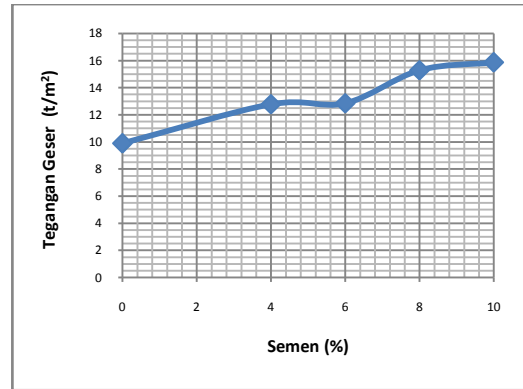
(Hasil Penelitian, 2013)



**Gambar 8. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Kohesi**



**Gambar 9. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Sudut Geser Dalam**



**Gambar 10. Grafik Hubungan Kadar Semen dengan Tegangan Geser**

Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa pencampuran semen akan menghasilkan Peningkatan pada nilai sudut geser dalam tanah. Sedangkan dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa pencampuran semen akan meningkatkan nilai kohesi tanah.

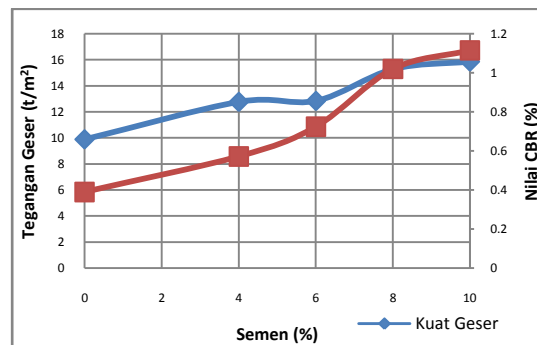
Peningkatan ini terjadi hingga titik persentase 4% semen, setelah itu akan menurun.

Dari Gambar 10 dapat dilihat bahwa pencampuran semen akan meningkatkan tegangan geser dalam tanah yang awalnya 9,889% menjadi 15,875% pada penambahan campuran 10% semen.

**Tabel 5. Hasil penambahan semen terhadap tegangan geser dan nilai CBR**

Semen (%)	Nilai CBR (%)	Tegangan Geser (t/m²)
0	0,390	9,889
4	0,572	12,774
6	0,724	12,848
8	1,020	15,281
10	1,115	15,857

(Hasil Penelitian, 2013)



**Gambar 11. Grafik Korelasi Tegangan Geser dan Nilai CBR terhadap Kadar Semen**

Dari Gambar 11 dengan penambahan persentase semen pada tanah lempung ekspansif akan meningkatkan nilai CBR dan tegangan geser tanah. Pada persentase semen 8% di dapat pertemuan titik kenaikan antara nilai CBR dan tegangan geser.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Dari hasil pengujian pencampuran semen (variasi campuran 0, 4, 6, 8, dan 10% berat) pada contoh tanah asli dengan  $IP = 38,2$  dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil uji pemadatan dengan *proctor* standart didapatkan nilai  $\gamma_{dmax} = 1,202$   $kg/cm^3$  dan  $\omega_{opt} = 41,19\%$ . Terjadi peningkatan nilai CBR tanpa rendaman dengan penambahan semen, dimana nilai CBR tanah asli sebesar 0,390% meningkat menjadi 1,115% pada campuran 10% semen.
2. Nilai sudut geser dalam tanah semakin meningkat dengan penambahan campuran semen, dimana nilai sudut geser dalam tanah asli sebesar  $\phi = 12,48^\circ$

meningkat menjadi  $\phi = 36,00^\circ$  pada campuran 10% semen. Nilai kohesi tanah mencapai maksimum pada 4% campuran semen yaitu sebesar  $3,41 t/m^2$ . Dengan demikian terjadi peningkatan kuat geser tanah.

3. Penambahan semen meningkatkan nilai CBR dan tegangan geser tanah dimana nilai maksimumnya terjadi pada penambahan campuran semen 10%.

### Saran

1. Perlu diadakan pengujian dengan kemungkinan bahan campuran kombinasi lainnya. Misalnya pengkombinasian dengan bahan-bahan: abu batu bara, gypsum, atau zat kimia penstabil lain.
2. Perlu diadakan pengujian dengan kuat geser pembanding dengan peralatan lain misalnya: Uji tekan bebas dan geser langsung.
3. Perlu diadakan pengujian dengan jumlah sampel dan kadar semen lebih banyak sehingga didapatkan besarnya kadar semen maksimal yang memberikan nilai optimum pada tegangan geser dan nilai CBR.

## DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M., 1988a. *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 1*, PWS Publishers, 1985, terj. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M., 1988b. *Mekanika Tanah – Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis Jilid 2*, PWS Publishers, 1985, terj. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C., 2002. *Mekanika Tanah 1*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- 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, 1997. *Mekanika Tanah 2*, Kanisius, Yogyakarta.
- Sudjianto, A. T., 2007. *Stabilisasi Tanah Lempung Ekspansif dengan Garam Dapur (NaCL)*, Jurnal Teknik Sipil, Volume 8 No. 1. (Hal. 53 – 63)