

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode

Untuk memperoleh hasil penelitian yang cukup akurat, diperlukan 3 (tiga) buah benda uji setiap komposisi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat uji geser langsung tipe *Cassagrande* dan alat uji tekan bebas. Pelaksanaan percobaan atau pengujian sample tanah tersebut dilaksanakan di laboratorium Mekanika Tanah, Universitas Islam Indonesia, baik dalam menentukan klasifikasi tanah maupun untuk mendapatkan perbandingan pepadatan antara tanah berbutir halus yang telah dicampur *clean set cement*, sehingga dapat diketahui pengaruhnya terhadap tanah berbutir halus yang telah dicampur dengan *clean set cement*.

4.2 Bahan-bahan dan Alat Penelitian

1. Sampel tanah lempung yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari lokasi Godean, Sleman, Yogyakarta.
2. Bahan campuran yang digunakan adalah *clean set cement* produksi dari PT.Indo Clean Set Cement Jakarta.
3. Alat-alat yang digunakan adalah peralatan penelitian tanah yang ada di laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, berikut ini :

- a. Alat uji kadar air tanah (ASTM D 2216-71)
- b) Alat uji pemeriksaan berat volume tanah (ASTM D 1883-73)
- c) Alat pemeriksaan berat jenis tanah (ASTM D 854-58)
- d) Alat uji pemeriksaan atas cair tanah dan batas plastis tanah dengan cara penetrasi satu titik (ASTM D 432-66) :
- e) Alat uji pembagian butir tanah (ASTM D 421-72)
- f) Alat uji geser langsung (ASTM D 3038)
- g) Alat Uji Tekan Bebas

4.3 Tahapan Pekerjaan Laboratorium

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta. Pekerjaan laboratorium adalah pengujian sifat-sifat tanah asli dan campuran tanah dengan clean set cement.

Pengujian pendahuluan dilaksanakan untuk memeriksa karakteristik atas sifat-sifat contoh tanah yang terdiri dari :

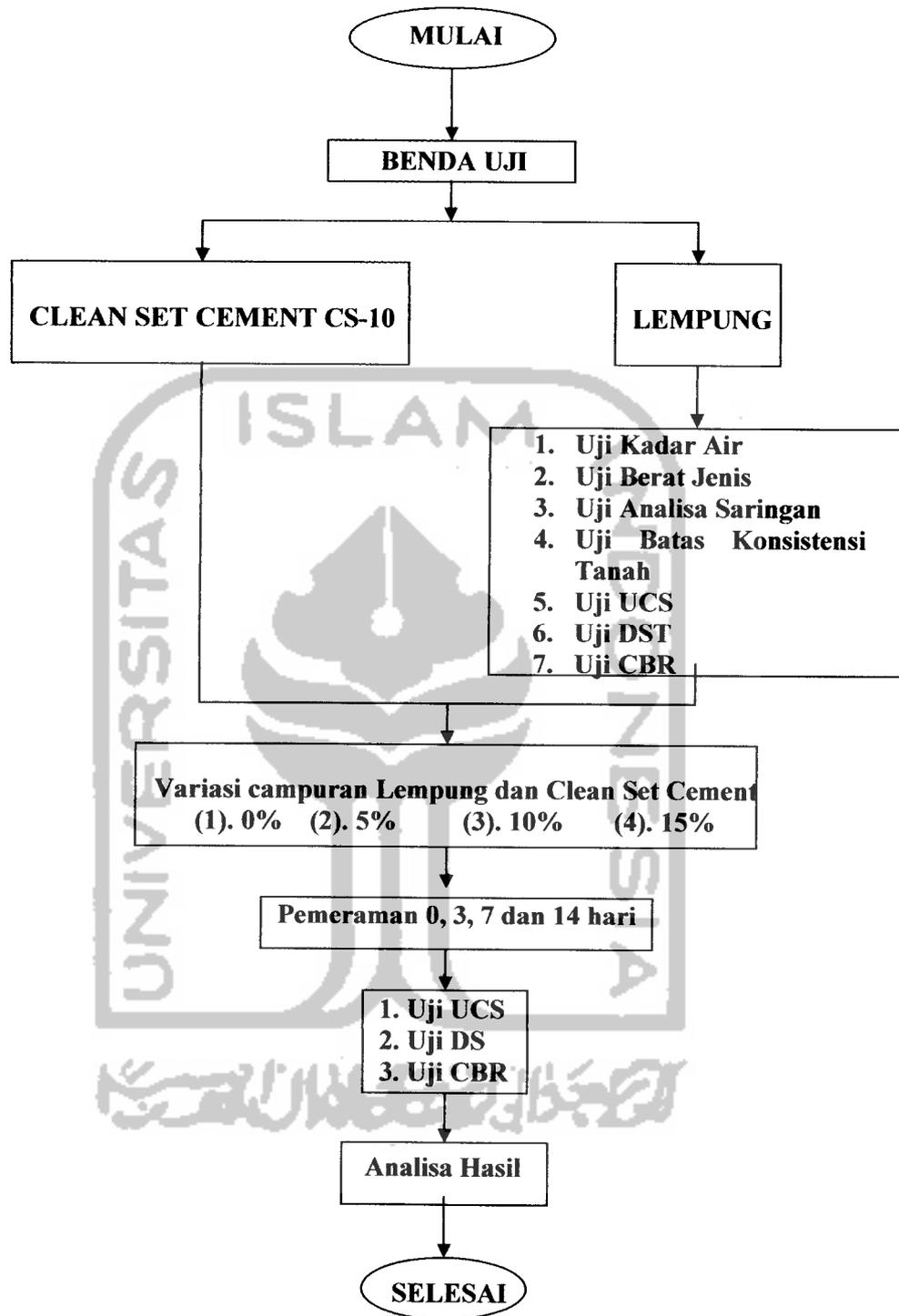
1. Pengujian Kadar Air (ASTM D 2216-17).
2. Pengujian Berat Jenis Tanah (ASTM D 854-72).
3. Pengujian Batas Cair (ASTM D 423-66).
4. Pengujian Batas Plastis (ASTM D 424-74).
5. Pengujian Batas Susut (ASTM D 427-74).
6. Pengujian Analisis Hidrometer (ASTM D 421-72).
7. Pengujian Analisis Saringan (ASTM D 422-72).

Setelah dilakukan pengujian sifat fisik contoh tanah, kemudian dibuat rancangan campuran (*mix design*) sebagai model benda uji.

Selanjutnya dilakukan pengujian sifat mekanis dari benda uji berupa :

1. Pengujian Kuat Tekan Bebas, *Unconfined Compression Strength* (ASTM D 2166-85)
2. Pengujian CBR
3. Pengujian DST (Geser langsung)





Gambar 4.1 *Bagan Alir Pelaksanaan Pengujian Laboratorium*

4.3.1. Pengujian CBR Laboratorium

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan CBR tanah atau campuran agregat yang dipadatkan di laboratorium pada kondisi batas cair. CBR adalah perbandingan beban penetrasi pada suatu bahan (dapat berupa tanah ataupun material perkerasan jalan) dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama. Pengujian CBR dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material perkerasan jalan.

a. Peralatan

- 1) Mesin penetrasi.
- 2) Cetakan silinder (*Mold*).
- 3) Alat penumbuk sesuai dengan cara pemeriksaan pemadatan.
- 4) Alat pengukur pengembangan (*swell*).
- 5) Keping beban dengan berat 2,27 kg (5 pond).
- 6) Tolak penetrasi logam.
- 7) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram dan 0,01 gram.
- 8) peralatan Bantu lainnya (alat perata, bak perendam dan lain-lainnya).

b. Prosedur Pengujian

- 1) Meletakkan benda uji yang sudah dipasang kepingan beban seberat 4,5 kg di mesin penetrasi.
- 2) Memasang torak penetrasi dan diatur pada permukaan uji sehingga arloji beban menunjukkan beban permulaan sebesar 4,5 kg.

- 3) Memberikan pembebanan secara teratur dengan kecepatan penetrasi kurang lebih 1,27 mm/menit.
- 4) Catat beban maksimum dan penetrasinya bila pembebanan maksimum terjadi sebelum penetrasi 12,5 mm (0,5 inchi)
- 5) Keluarkan benda uji dari cetakan dan tentukan kadar air dari lapisan atas benda uji setebal 25 mm.

c. Perhitungan

1. Pengembangan (*swell*) adalah nilai pebanding antara perubahan tinggi benda uji selama peredaman (H_2) terhadap tinggi benda uji semula (H_1) dinyatakan dalam persen.

$$\text{Swelling (h)} = \frac{H_2 - H_1}{H_1} \times 100\% \quad (4.1)$$

2. Hitung pembebanan dalam (lbs) dan gambarkan grafik beban terhadap kedalaman penetrasi.
3. Dengan menggunakan grafik yang telah dibuat, hitung Harga CBR

$$\text{Penetrasi } 0,1'' = \frac{\text{Tekananterkoreksi}(\text{lbs} / \text{inchi}^2)}{1000} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$\text{Penetrasi } 0,2'' = \frac{\text{Tekananterkoreksi}(\text{lbs} / \text{inchi}^2)}{1500} \times 100\% \quad (4.3)$$

4. Bila CBR pada 0,1'' lebih kecil dari 0,2'', maka percobaan diulang. Apabila pada pengujian kedua ini masih lebih kecil pada 0,1'', maka nilai CBR yang dipakai adalah yang terbesar.

4.4. Prosedur Sampling

Pengambilan Sampel tanah terganggu (*disturbed*), adalah tanah langsung diambil dilokasi sedalam setengah meter dari permukaan tanah dalam bentuk bongkahan yang dimasukkan kedalam kantong-kantong plastik. Sampel tanah untuk pemadatan dan pencampuran dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dijemur pada sinar matahari.

4.5. Prosedur Uji

Pelaksanaan pengujian laboratorium meliputi beberapa jenis uji dan dilakukan dalam beberapa tahap berikut ini.

- a. Pengujian fisik tanah terganggu meliputi Berat Jenis, Kadar Air, Analisis Saringan, dan Batas-batas *Atterberg* yang mencakup batas cair, batas plastis, dan batas susut.
- b. Pengujian kepadatan standar untuk mencari kadar air optimum dan berat kering maksimum. Berat kering tersebut akan digunakan untuk standar pengujian selanjutnya yaitu Kuat Tekan Bebas (UCS) dan Geser Langsung (DST).
- c. Pencampuran tanah lempung dan Clean Set Cement dengan variasi 0%, 5%, 10%, 15%, terhadap berat kering lempung.

4.5.1. Uji Kadar Air

Uji kadar air dimaksudkan untuk memeriksa dan menentukan kadar air dari sampel tanah. Kadar air (w) adalah perbandingan berat air yang dikandung tanah dengan berat kering tanah. Kadar air diber simbol notasi w dan dinyatakan dalam persen (%)

a. Peralatan

1. Cawan
2. Timbangan Ketelitian 0,01 gr
3. Oven
4. Desikator

b. Pelaksanaan

1. Cawan dibersihkan dengan kain, kemudian ditimbang beserta tutupnya dan beratnya dicatat (W_1) gram.
2. Contoh tanah yang akan diuji dimasukkan dalam cawan, kemudian ditimbang beserta tutupnya (W_2) gram.
3. Dalam keadaan terbuka dimasukkan kedalam oven, suhu oven diatur konstan antara 105°C – 110°C selama 16 sampai 24 jam.
4. Setelah dioven tanah didinginkan dengan desikator, kemudian cawan beserta tutupnya ditimbang (W_3) gram.

b. Perhitungan

Untuk menentukan kadar air tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.4 berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_3 - W_1)} \times 100\% \dots\dots\dots(4.4)$$

Dengan :

W_1 = Cawan yang sudah dibersihkan

W_2 = Berat cawan dan contoh tanah sebelum dioven

W_3 = Berat cawan dan contoh tanah setelah dioven

4.5.2. Pengujian Berat Jenis Tanah

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis tanah. Berat jenis adalah perbandingan berat butir tanah dengan berat air destilasi udara pada volume yang sama dan temperatur standar 27,5⁰C.

a. Peralatan

1. Picknometer dengan kapasitas 25 cc atau 50 cc
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Air destilasi bebas udara
4. Oven dengan suhu yang dapat diatur
5. Desikator
6. Termometer
7. Cawan porselin (mortar) dengan penumbuk berkepala karet (pestel}
8. Saringan no. 10
9. Kompor pemanas

b. Pelaksanaan

1. Picknometer dibersihkan bagian luar dan dalamnya kemudian di timbang dengan tutupnya (W_1) gram.
2. Sampel tanah yang lolos ayakan no. 10 dimasukkan kedalam picknometer sebanyak seperempat dari volume picknometer, kemudian bagian luarnya dibersihkan lalu ditimbang beserta tutupnya (W_2) gram.
3. Air destilasi dimasukan ke dalam picknometer sampai $2/3$ dari isinya kemudian didiamkan kira-kira sampai 30 menit.
4. Udara yang terperangkap diantara butir tanah dikeluarkan dengan cara picknometer direbus selama ± 10 menit dengan picknometer digoyang-goyangkan untuk membantu keluarnya gelembung udara.
5. Air destilasi ditambahkan kedalam picknometer sampai penuh dan ditutup, bagian luar picknometer dikeringkan dengan kain kering, setelah itu picknometer berisi tanah dan air penuh ditimbang (W_3) gram.
6. Suhu air dalam picknometer diukur dengan termometer ($t^{\circ}\text{c}$).
7. Picknometer dikosongkan dan dibersihkan, kemudian diisi dengan air destilasi bebas udara sampai penuh, ditutup dan bagian luarnya dilap dengan kain dan ditimbang (W_4) gram.

c. Perhitungan

Berat jenis tanah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

4.8 berikut :

$$\text{Berat Jenis} = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots(4.5)$$

Dengan :

W_1 = Berat Picknometer kosong

W_2 = Berat Picknometer + tanah kering

W_3 = Berat Picknometer + Tanah + Air

W_4 = Berat Picknometer + Air

4.5.3. Uji Batas Cair

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan batas cair contoh tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan peralihan antara keadaan cair dan keadaan plastis. Tanah dalam keadaan batas cair yaitu apabila diperiksa dengan alat *casagrande*, sampel tanah dalam mangkok yang dipisahkan oleh alur colet selebar 2 mm akan berimpit kembali pada 25 kali ketukan.

a. Peralatan

1. Mangkok Cassagrande
2. Alat pembarut / colet (*grooving tool*)
3. Cawan porselin
4. Saringan no. 40
5. Air destilasi
6. Satu set alat pengujian kadar air

b. Pelaksanaan

1. Contoh tanah yang sudah disaring dengan saringan no. 40 dimasukkan dalam mangkok porselin.
2. Air ditambahkan sedikit demi sedikit sambil diaduk sampai merata, dari kering ke encer.
3. Adukan tanah tadi dimasukkan ke mangkok cassagrande kemudian diratakan dengan spatel, permukaan tanah diratakan dengan mangkok bagian depan.
4. Dengan alat pembarut dibuat alur lurus pada garis tengah mangkok searah dengan sumbu alat, sehingga tanah terbelah dua secara simetris selebar 2 mm.
5. Gerakan putar alat dilakukan dengan kecepatan 2 putaran / detik dan banyaknya pukulan dihitung dan di catat.
6. Sampel tanah diambil sedikit dalam mangkok cassagrande kemudian diuji kadar airnya.
7. Pengujian di atas diulangi lima kali dan dibuat sedemikian rupa sehingga didapat dua percobaan dibawah 25 kali ketukan dan dua percobaan diatas 25 kali ketukan.
8. Untuk mendapatkan jumlah ketukan dan kadar air yang berbeda, contoh tanah ditambahkan dengan air sedikit demi sedikit.
9. Kemudian dibuat kurva hubungan kadar air sebagai ordinat dengan jumlah ketukan sebagai absisnya sehingga didapat nilai batas cair dari contoh tanah pada ketukan ke 25.

4.5.4. Pengujian Batas Plastis

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan batas plastis tanah. Batas plastis tanah adalah keadaan air minimum tanah yang masih dalam keadaan plastis.

a. Peralatan

1. Plat kaca
2. Seperangkat alat uji kadar air

b. Pelaksanaan

1. Sampel tanah diambil sebanyak 30 – 50 gram setelah pengujian batas cair.
2. Dibuat bola tanah dengan diameter sekitar 1,5 cm dengan menggunakan telapak tangan.
3. Bola tanah tersebut digiking-giling diatas plat kaca dengan telapak tangan dengan kecepatan giling 1,5 detik setiap gerakan maju mundur.
4. Setelah tercapai 3 mm dan tanah mulai kelihatan retak, sampel tanah tersebut menunjukkan dalam kondisi batas plastis.
5. Gilingan tanah tersebut dimasukan kedalam cawan timbang sebanyak ± 10 gram, kemudian segera dilakukan pengujian kadar air.

4.5.5. Pengujian Batas susut

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar air tanah pada kondisi batas susut. Batas susut adalah kadar air tanah minimum yang masih dalam keadaan semi solid, dan juga merupakan batas antara keadaan semi solid dengan solid.

a. Peralatan

1. Cawan porselin dan spatel
2. Cawan susut terbuat dari monel yang berbentuk bulat dan beralas datar.
3. Pisau perata
4. Seperangkat alat untuk menentukan volume
5. Satu unit alat pengujian kadar air.

b. Pelaksanaan

1. Volume ring dituangkan dengan mengukur tinggi, diameter atau dengan cara sebagai berikut:
 - a. Cawan susut dibersihkan kemudian ditimbang berat ring (W_1) gram.
 - b. Air raksa dituang kedalam susut
 - c. Permukaan cawan susut diratakan dengan plat kaca, kemudian ditimbang (W_2) gram.
 - d. Air raksa ditaruh kedalam tempanya lagi.
2. Tanah dimasukkan ke dalam cawan susut

- a. Oli dioleskan ke dalam cawan susut sampai merata, kemudian adukan tanah yang sudah dipersiapkan tadi dimasukkan ke dalam cawan susut sedikit – sedikit sambil diketok-ketok di lantai, agar tidak ada udara yang terperangkap di dalam cawan susut, sehingga seluruh volume cawan terisi oleh tanah.
- b. Sisi luar cawan yang terkena tanah dibersihkan, kemudian ditimbang beratnya (W_2) gram.
- c. Tanah tersebut dikeringkan didalam oven dengan suhu 60°C selama ± 16 jam, hal ini dilakukan dengan tujuan agar tanah tidak pecah.
- d. Cawan dan tanah kering didinginkan kemudian ditimbang (W_3) gram.

4.5.6 Pengujian Hidrometer

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir untuk tanah yang tidak mengandung butir tanah tertahan oleh saringan no. 10.

a. Peralatan

1. Hidrometer
2. Timbangan ketelitian 0,01 gram
3. Gelas ukur
4. Gelas silinder
5. Mixer
6. Termometer
7. Stopwatch

8. Air destilasi
9. Bahan reagen (*Water glass*)
10. Oven

b. Pelaksanaan

1. Membuat larutan standar dengan cara melarutkan 2 gram reagen dalam 300 cc air destilasi hingga larut, kemudian sebagian dituangkan ke dalam gelas silinder.
2. Sampel tanah diambil sebanyak 60 gram kering oven, kemudian dimasukkan kedalam gelas ukur berisi larutan standar, setelah itu direndam selama ± 10 menit, sehingga menjadi suspensi.
3. Suspensi dimasukkan ke dalam tabung Pengendapan dan dikocok sebanyak 60 kali.
4. Hidrometer dimasukkan kedalam suspensi dan pembacaan mulai dilakukan.

4.5.7 Analisis saringan

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ukuran butir tanah pada contoh tanah yang tertahan saringan no. 200

a. Peralatan

1. Satu set saringan no. 10, 20, 40, 60, 140, dan 200 serta pan saringan.
2. Mesin penggetar.
3. Timbangan.
4. Oven

b. Pelaksanaan

1. Contoh tanah yang tertahan saringan no. 200 yang sudah dikeringkan dari pengujian hidrometer disaring dengan menggunakan satu set saringan yang disusun menurut urutannya mulai dari atas no. 10, 20, 40, 60, 140, 200 dan pan saringan kemudian digoyang-goyangkan.
2. Butir-butir tanah yang tertahan pada masing-masing saringan (d_1 , d_2 , d_3 , d_4 , d_5 , d_6).

4.5.8. Pengujian Kuat Tekan Bebas

Maksud dan tujuan pengujian ini adalah menentukan besarnya sudut gesek dalam (ϕ) dan kohesi tanah (c) serta kuat Tekan Bebas tanah dari contoh tanah (q_u).

Kuat tekan bebas tanah adalah tekanan *axial* (kg/cm^2) yang diperlukan untuk menekan suatu silinder tanah sampai pecah atau besarnya tekanan yang memberikan pemendekan tanah hingga 20 %, apabila tanah tidak pecah sampai 20 % dari benda uji tersebut.

a. Peralatan

1. Mesin penekan
2. Alat pengeluar benda uji (Ekstruder)
3. Tabung cetak belah
4. Timbangan dengan ketelitian 0,1 gr
5. Jam penunjuk (Stopwacth)
6. Jangka sorong

7. Pisau
8. Satu set alat pemeriksa kadar air
9. Pengukur sudut

b. Pelaksanaan

1. Mengukur diameter dan tinggi dari benda uji kemudian ditimbang untuk menghitung volumenya.
2. Menempatkan benda uji dibawah mesin penekan secara vertical dan sentries pada plat dasar alat tekan, sehingga plat menyentuh permukaan tanah. Kemudian mengatur dial pada penunjuk sehingga mununjukkan nol, demikian pula pasa dial pengukur regangannya.
3. Melakukan penekanan dengan mengatur kecepatan pembebanan dengan kecepatan 1 % setiap menit atau $\pm 1,4$ mm / menit.
4. Pembacaan dilakukan pada interval waktu 30 detik.
5. Pembebanan dihentikan apabila dial penunjuk beban sudah mengalami penurunan tiga kali, atau regangannya sudah mencapai 20 % dari tinggi semula.
6. Mengukur sudut pecah (α) dari benda uji tersebut dengan pengukur sudut.
7. Menentukan kadar air dari benda uji tersebut.

8. Menggambarkan grafik tegangan – regangan untuk menentukan tegangan maksimum (σ_{maks}).

c. Perhitungan

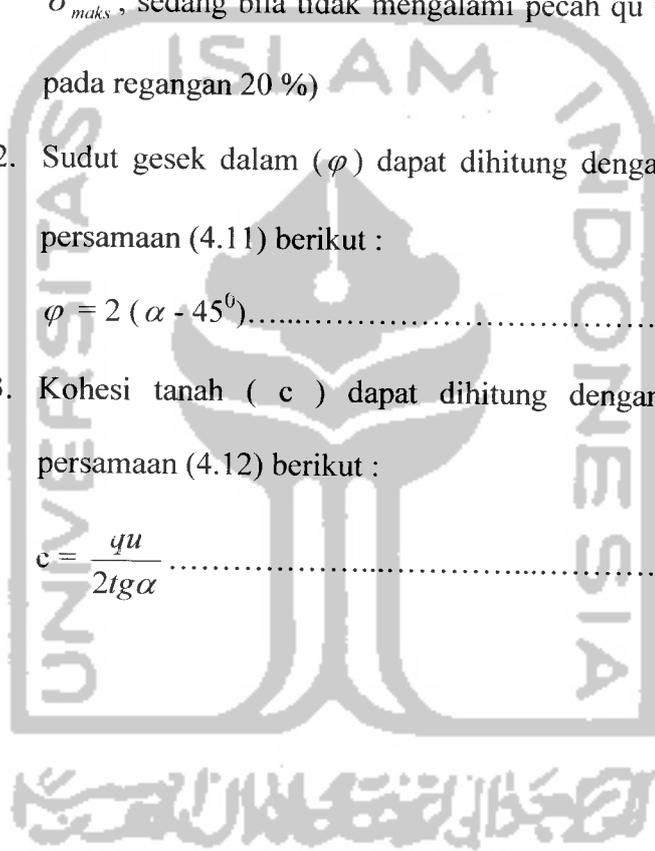
1. Apabila benda uji mengalami pecah, kuat tekan bebas (q_u) = σ_{maks} , sedang bila tidak mengalami pecah $q_u = \sigma_{20\%}$ (tekanan pada regangan 20 %)

2. Sudut gesek dalam (φ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4.11) berikut :

$$\varphi = 2 (\alpha - 45^\circ) \dots \dots \dots (4.6)$$

3. Kohesi tanah (c) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4.12) berikut :

$$c = \frac{q_u}{2 \operatorname{tg} \alpha} \dots \dots \dots (4.7)$$





BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan hasil penelitian, yang telah dilakukan terhadap tanah asli dan tanah lempung yang telah distabilisasi dengan menggunakan bahan aditif *Clean Set Cement*.

5.1 Sifat Tanah

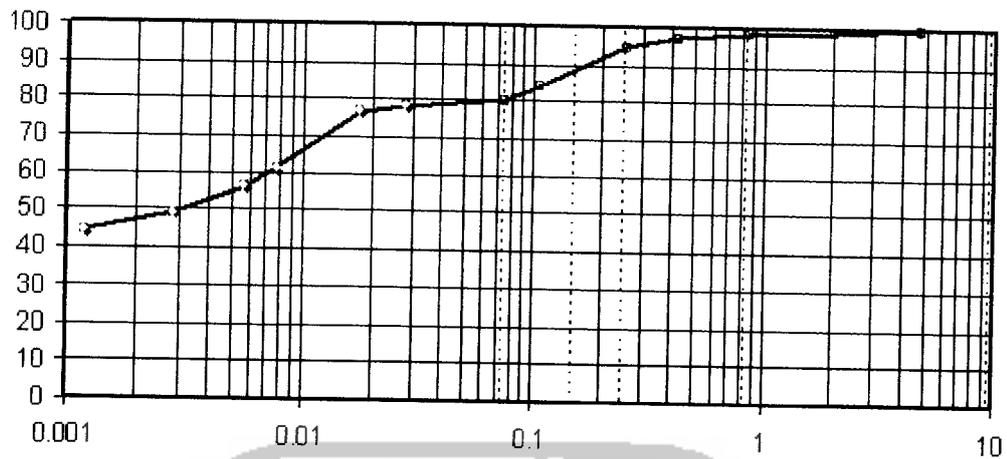
Sifat tanah dibedakan dalam dua bagian yaitu sifat fisik dan sifat mekanik tanah.

5.1.1 Sifat Fisik Tanah

Hasil penelitian menunjukkan sifat fisik tanah Lempung Jlegongan sebagai berikut : Warna coklat tua, penyerapan terhadap air tinggi ini ditunjukkan dengan perbedaan kadar air asli dan kadar air setelah dikeringkan dan kembang susut yang kecil. Tanah lempung Jlegongan keras pada kondisi kering sehingga untuk menghaluskan diperlukan penumbukan yang berulang-ulang.

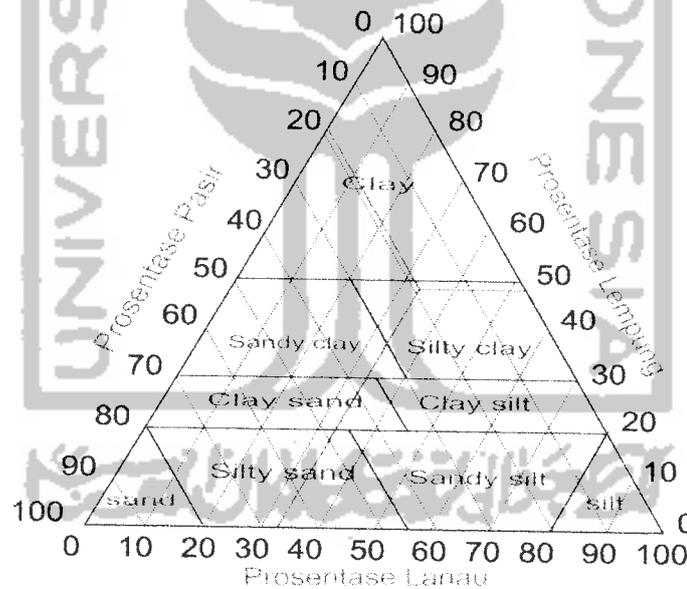
Untuk mengetahui jenis tanah yang akan diuji, maka uji awal yang dilakukan adalah analisa hydrometer. Berdasarkan pengujian analisis distribusi butiran (Grain Size Analysis), dengan menggunakan percobaan hydrometer (*hydrometer analysis*) didapat data sebagai berikut :

Pasir	: 19,65%
Lanau	: 32,88%
Lempung	: 47,47%



Gambar 5.1 Grafik distribusi pembagian butir tanah

Dari hasil pengujian distribusi pembagian butir tanah kemudian dimasukkan kedalam klasifikasi tanah USCS sehingga diketahui jenis tanah yang diuji seperti pada gambar 5.2



Gambar 5.2. Klasifikasi Tanah USCS

Dari gambar sistem klasifikasi tanah USCS dapat diketahui bahwa tanah Jlegongan termasuk jenis tanah lempung berlanau (*silt clay*)

5.1.2 Sifat Mekanik Tanah

Pengujian sifat mekanik tanah lempung asli dilaboratorium meliputi : Kasar Air (w), Berat Jenis (G_s), Berat Volume tanah (G_s), Batas Cair (LL), Batas Plastis (PL), Batas Susut (SI), Analisa Butiran , sedangkan nilai dari parameter kohesi (c), Sudut Gesek Dalam (ϕ), dan Kuat tekan bebas tanah (q_u) Diperoleh melalui Uji Kuat Tekan Bebas (UCT) dan uji Geser Langsung (DST) Hasil pengujian dari sifat-sifat mekanik tanah asli disajikan dalam table 5.1

Tabel 5.1 Hasil pengujian sifat mekanik tanah

No	Sifat Mekanis Tanah	Hasil Pengujian
1	Kadar air (w) (%)	24,77
2	Berat jenis (G_s)	2,50
3	Berat volume tanah (γ_b) (gr/cm^2)	1,53
4	Batas Cair (LL)	49,15
5	Batas Plastis (PL)	27,22
6	Batas Susut (SL)	28,40
7	Indeks Plastisitas (PI)	21,93

Dari hasil perhitungan batas-batas konsistensi tanah didapatkan kemudian dimasukkan kedalam klasifikasi tanah unified untuk menentukan jenis tanahnya seperti pada gambar 5.3

5.1.4 Pengujian geser Langsung

pengujian geser langsung dilakukan untuk mendapatkan nilai parameter Kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ). Pengujian geser langsung dilakukan dengan jumlah sample 3 buah yaitu untuk pembebanan 8 kg, 16 kg, dan 32 kg. Dari hasil pengujian Geser Langsung didapatkan data :

$$\text{Kohesi (c)} = 0,11 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Sudut Geser dalam (} \varphi \text{)} = 20,8^{\circ}$$

5.1.5 Uji California bearing ratio (CBR)

California bearing ratio (CBR) adalah suatu nilai yang digunakan untuk mengukur tingkat kekuatan suatu bahan (dalam hal ini tanah dasar) selanjutnya nilai CBR ini akan berpengaruh terhadap penentuan tebal lapis perkerasan

Pada pengujian tanah asli tidak dilakukan pemeraman melainkan langsung dilakukan pada saat itu dengan mengambil sampel langsung dari lapangan.

Dari hasil pengujian CBR, didapatkan data

$$\text{Nilai CBR} = 2,15\%$$

5.2 Pengujian Tanah Pada Kondisi Batas Cair Yang Dicampur *Clean Set Cement*

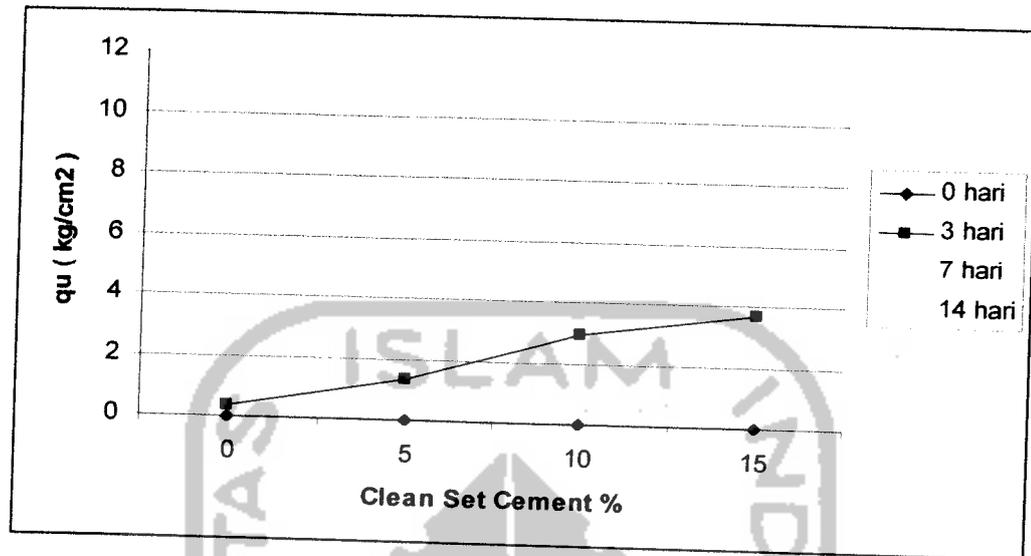
5.2.1 Hasil Pengujian Tekan Bebas

Pembuatan sampel benda uji dilakukan dengan cetakan berdasarkan pada kondisi batas cair yaitu sebesar 49.15%. Hasil keseluruhan pengujian tekan bebas ditampilkan pada Tabel 5.2

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Tekan Bebas

Penambahan Cleaset cement %	Hari	γ_b (gr/cm ³)	ϕ (^o)	c (kg/cm ²)	qu (kg/cm ²)
0	0	1,53	-	-	-
	3		-	-	-
	7		-	-	-
	14		-	-	-
5	0	1,53	26	0.118	0.3789
	3		30	0.398	1.3717
	7		40	0.668	2.9510
	14		44	0.789	3.717
10	0	1,53	30	0.223	0.7719
	3		36	0.700	2.749
	7		48	0.822	4.2825
	14		56	0.831	5.4372
15	0	1,53	32	0.228	0.82300
	3		40	0.689	2.9562
	7		60	0.865	6.49593
	14		62	1.230	9.8666

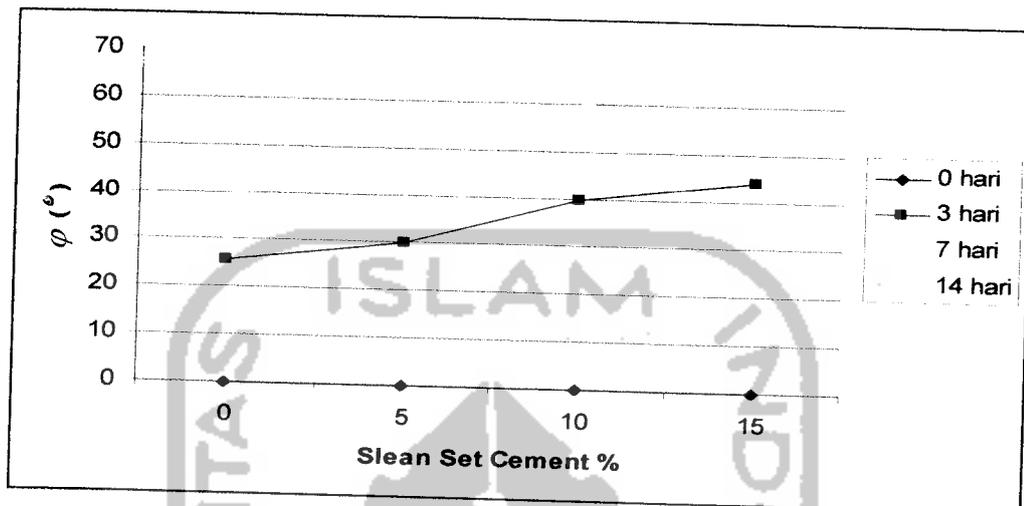
Perbandingan nilai kuat tekan bebas dengan prosentase penambahan *Clean Set Cement* pada masa pemeraman yang berbeda ditampilkan pada gambar 5.4



Gambar 5.4 Grafik hubungan antara kuat tekan bebas (q_u) dengan prosentase *Clean Set Cement* pada masa pemeraman yang berbeda.

Berdasarkan Gambar 5.1 diatas menunjukkan peningkatan kuat tekan bebas seiring dengan penambahan kadar campuran *Clean Set Cement* dan masa pemeraman (curing time) yang berbeda yaitu 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari. Dari data dapat diketahui bahwa tanah hasil stabilisasi pada setiap kadar pencampuran yang berbeda yaitu pencampuran 5%, 10% dan 15%, didapatkan kuat tekan bebas (q_u) terbesar pada pemeraman 14 hari berturut-turut adalah $3,717 \text{ kg/cm}^2$, $4,283 \text{ kg/cm}^2$, dan $9,8665 \text{ kg/cm}^2$. Jadi dengan penggunaan *Clean Set Cement* terlihat adanya peningkatan kuat tekan bebas dari tanah asli 0.38286 kg/cm^2 menjadi $9,8666 \text{ kg/cm}^2$ pada pencampuran *Clean Set Cement* 15% pada masa pemeraman 14 hari. Sedangkan pada prosentase 0% data tidak terbaca karena sampel tanah sangat lunak.

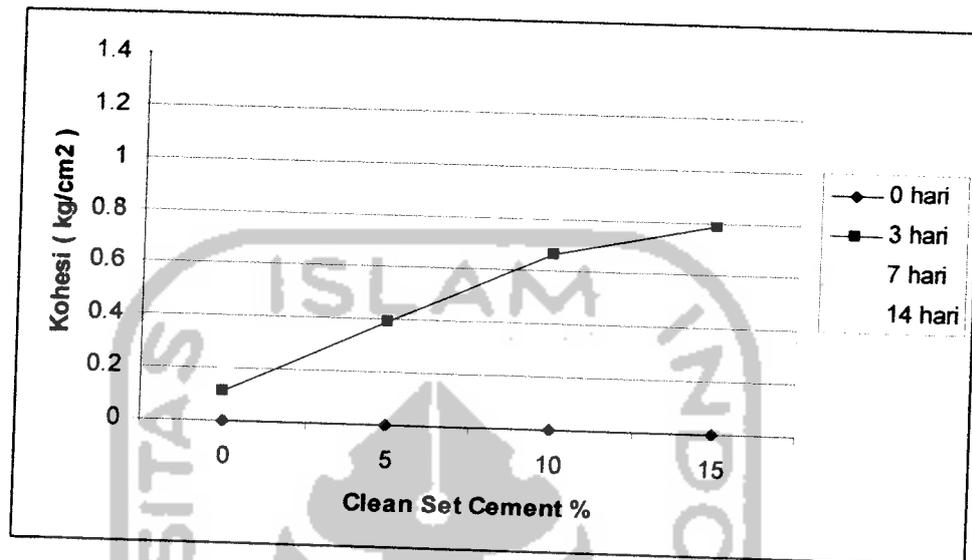
Perbandingan sudut dalam dengan prosentase penambahan *Clean Set Cement* pada masa pemeraman yang berbeda dalam pada pengujian tekan bebas ditampilkan pada gambar 5.5



Gambar 5.5 Grafik hubungan antara sudut geser dalam dengan prosentase *Clean Set Cement* pada masa pemeraman yang berbeda.

Berdasarkan gambar 5.2. diatas menunjukkan nilai kohesi akan meningkat seiring dengan penambahan setiap kadar pencampuran *Clean Set Cement* dan makin lamanya masa pemeraman (*curing time*). Dari data dapat diketahui bahwa tanah yang distabilisasi dengan *Clean Cet Cement* pada kadar pencampuran yang berbeda yaitu 5%, 10%, 15%, didapatkan nilai sudut dalam yang terbesar pada masa pemeraman 14 hari berturut-turut adalah 44° , 56° , dan 62° . Jadi dengan penggunaan *Clean Set Cement* sebagai bahan stabilisasi terjadi peningkatan nilai kohesi dari tanah asli dari 16° menjadi 62° pada kadar pencampuran *Clean set cement* 15% pada masa pemeraman 14 hari. Sedangkan pada prosentase 0% data tidak terbaca karena sampel tanah sangat lunak

Perbandingan nilai kohesi dengan bahan tambah *Clean Set Cement* pada masa pemeraman yang berbeda pada pengujian tekan bebas ditampilkan pada gambar 5.6



Gambar 5.6 Grafik hubungan antara kohesi dengan prosentase campuran *Clean set cement* pada masa pemeraman yang berbeda pada Uji Tekan Bebas.

Dari gambar 5.3. menunjukkan nilai kohesi yang terus meningkat bersamaan dengan penambahan kadar *Clean Set Cement* dan makin lamanya masa pemeraman. Dari data diperoleh bahwa nilai kohesi terbesar untuk penambahan kadar *Clean Set Cement*, 5%, 10%, dan 15% terdapat pada masa pemeraman (*curing time*) 14 hari yaitu berturut-turut, 0,789 kg/cm², 0.831kg/cm² dan 1,230 kg/cm². Jadi terjadi peningkatan nilai kohesi dari tanah asli 0,144 kg/cm² menjadi 1,230 kg/cm² pada kadar *Clean Set Cement* 15% pada pemeraman 14 hari. Sedangkan pada prosentase 0% data tidak terbaca karena sampel tanah sangat lunak

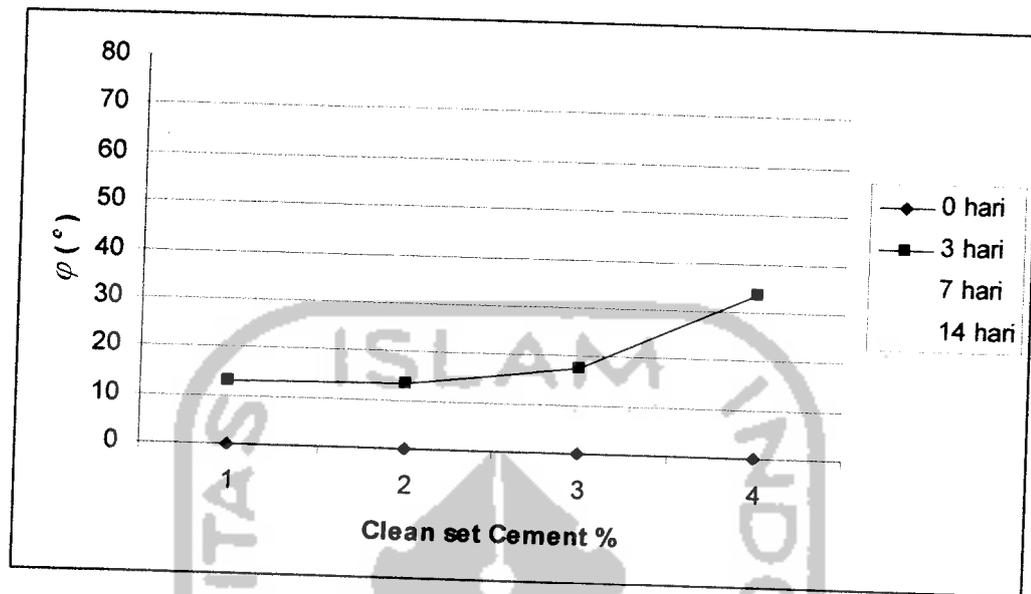
5.2.2. Pengujian Geser Langsung

Hasil keseluruhan pengujian geser langsung tanah yang dicampur dengan bahan *Tambah Clean Set Cement*, terlihat pada table 5.3

Tabel 5.3 Hasil keseluruhan Geser Langsung

Penambahan CS	Hari	γ_b (gr/cm ³)	ϕ (^o)	c (kg/cm ²)
0	0	1,53	-	-
	3		-	-
	7		-	-
	14		-	-
5	0	1,53	13.0	0.05
	3		13.5	0.30
	7		17.7	0.40
	14		33.8	0.49
10	0	1,53	19.3	0.08
	3		41.3	0.63
	7		48.0	0.99
	14		59.5	1.10
15	0	1,53	24.2	0.10
	3		63.0	0.72
	7		64.2	1.21
	14		68.5	2.12

Perbandingan nilai ϕ pada pengujian geser langsung dengan bahan tambah *Clean Set Cement* ditampilkan pada gambar 5.7

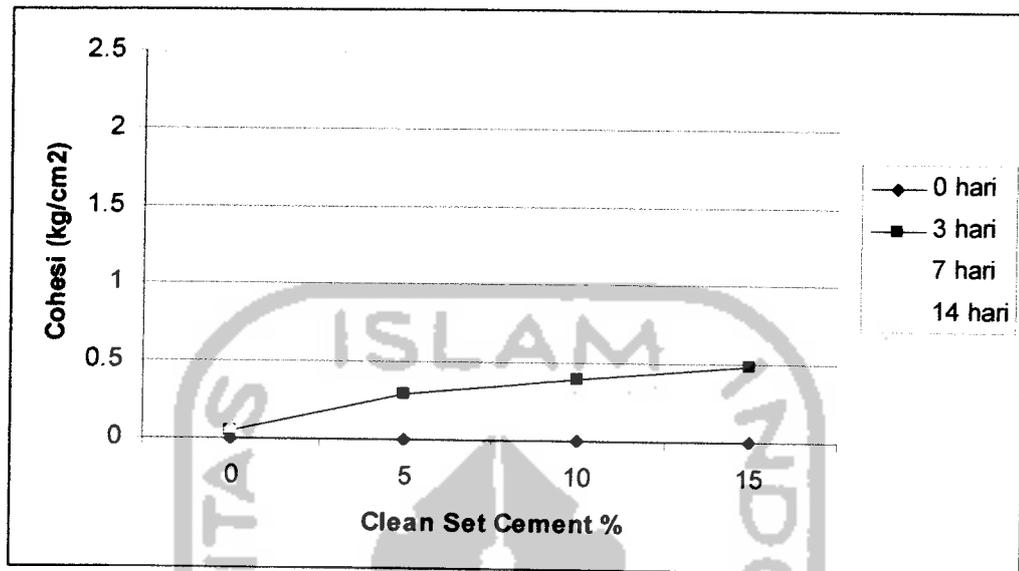


Gambar 5.7 Grafik hubungan antara ϕ dengan prosentase campuran *Clean Set Cement* pada masa pemeraman yang berbeda pada geser langsung.

Berdasarkan Gambar 5.4 diatas menunjukkan peningkatan nilai sudut geser dalam seiring dengan penambahan kadar campuran *Clean Set Cement* dan masa pemeraman (curing time) yang berbeda yaitu 0 hari, 3 hari, 7 hari, 14 hari. Dari data dapat diketahui bahwa tanah hasil stabilisasi pada setiap kadar pencampuran yang berbeda yaitu pencampuran 5%, 10% dan 15%, didapatkan nilai sudut geser dalam terbesar pada pemeraman 14 hari berturut-turut adalah $33,8^{\circ}$, $59,5^{\circ}$ dan $68,5$. Jadi dengan penggunaan *Clean Set Cement* terlihat adanya peningkatan nilai sudut geser dalam dari tanah asli $20,8^{\circ}$ menjadi $68,5^{\circ}$ pada pencampuran *Clean Set Cement* 15% pada masa pemeraman 14 hari.

Sedangkan pada prosentase 0% data tidak terbaca karena sampel tanah sangat lunak.

Perbandingan nilai kohesi pada pengujian geser langsung dengan bahan tambah *Clean Set Cement* ditampilkan pada gambar 5.8.



Gambar 5.8 Grafik hubungan antara kohesi dengan prosentase campuran *Clean Set Cement* dengan masa pemeraman yang berbeda pada uji geser langsung.

Dari gambar 5.8. menunjukkan nilai kohesi yang terus meningkat bersamaan dengan penambahan kadar *Clean Set Cement* dan makin lamanya masa pemeraman. Dari data diperoleh bahwa nilai kohesi terbesar untuk penambahan kadar *Clean Set Cement* 5%, 10%, dan 15% terdapat pada masa pemeraman (*curing time*) 14 hari yaitu berturut-turut 0,49 kg/cm² 1,10 kg/cm² dan 2,12 kg/cm². Jadi terjadi peningkatan nilai kohesi dari tanah asli 0,11 kg/cm² menjadi 2,12 kg/cm² pada kadar *Clean Set Cement* 15% pada pemeraman 14 hari. Sedangkan pada prosentase 0% data tidak terbaca karena sampel tanah sangat lunak

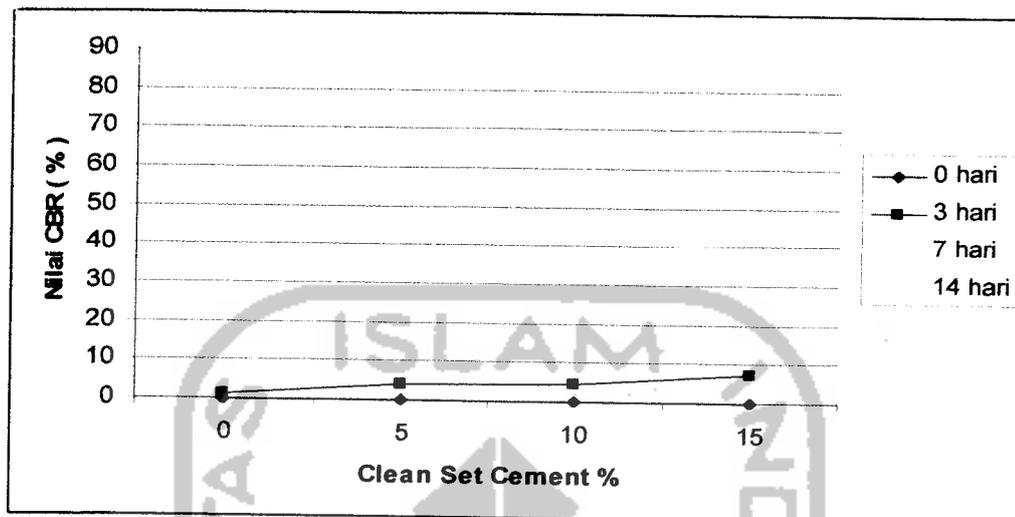
5.2.3. Pengujian California Bearing Ratio (CBR)

Hasil keseluruhan pengujian CBR yang dicampur bahan tambah *Clean Set Cement*, terlihat pada table 5.4

Tabel 5.4 Hasil keseluruhan Uji CBR

Penambahan CS (%)	Hari	γ_b (gr/cm ³)	Nilai CBR (%)
0	0	1,53	-
	3		-
	7		-
	14		-
5	0	1,53	1.28
	3		4.34
	7		4.82
	14		7.49
10	0	1,53	7.53
	3		23.06
	7		25.57
	14		47.94
15	0	1,53	19.63
	3		36.53
	7		57.53
	14		82.18

Perbandingan nilai CBR pada pengujian CBR dengan bahan tambah *Clean Set Cement* disajikan pada gambar 5.9



Gambar 5.9 Grafik hubungan antara hubungan nilai CBR dengan prosentase campuran *Clean Set Cement* pada masa pemeraman yang berbeda pada uji CBR

Dari gambar 5.9. Menunjukkan nilai CBR semakin meningkat seiring dengan penambahan kadar *Clean Set Cement* dan lamanya pemeraman yang meningkat disebabkan oleh ikatan antar butiran tanah dengan *clean set cement* menjadi kuat. disamping itu pemeraman (*curing time*) akan mengakibatkan kekuatan tanah akan merata disetiap Zona sehingga dapat menahan beban yang lebih besar. Dari data diperoleh bahwa CBR terbesar untuk penambahan kadar *Clean Set Cement* 5%, 10%, dan 15% terdapat pada masa pemeraman (*curing time*) 14 hari yaitu berturut-turut 7,49%, 47,94% dan 82,18%. Jadi terjadi peningkatan nilai CBR dari tanah asli pada harga: 19,63% menjadi 82,18%. Sedangkan pada prosentase 0% data tidak terbaca karena sampel tanah sangat lunak.

5.3 Analisis Pengaruh Aditif CS Terhadap Parameter Mekanis Tanah

5.3.1 Pengaruh Aditif Cs Terhadap Parameter Mekanis Tanah

Penggunaan aditif *Clean Set Cement* (CS) mampu memperbaiki sifat-sifat parameter dari tanah dan mengurangi kemampuan tanah untuk mengembang karena *Clean Set Cement* dapat mengikat air sehingga memberikan peningkatan parameter mekanis tanah. Hal tersebut dapat dilihat dari peningkatan kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dan nilai CBR yang dihasilkan pada penggunaan prosentase penggunaan *Clean Set Cement*.

Berdasarkan pengujian tekan bebas yang ditunjukkan Tabel 5.5, penggunaan CS dapat meningkatkan nilai kohesi tanah. Penambahan prosentase CS sebanyak 5%, 10% dan 15% pada masa pemeraman 14 hari, memberikan peningkatan terhadap kuat tekan bebas sebesar 870,5%, 1320,15%, dan 2476,92%, sedangkan terhadap kohesi dalam juga terjadi peningkatan sebesar 447,91%, 477,083%, dan 754,86% serta terjadi peningkatan terhadap sudut geser dalam sebesar 175%, 250%, dan 287,5%.

Dari pengujian Geser Langsung yang ditunjukkan pada Tabel 5.6, untuk penambahan kadar CS yang sama dan masa pemeraman yang sama dengan Uji Geser Langsung diperoleh peningkatan nilai kohesi 345,45%, 900% dan 1827,27% sedangkan terhadap sudut geser dalam terjadi peningkatan sebesar 62,5%, 186,05% dan 229,32%.

Berdasarkan pengujian CBR yang ditunjukkan pada Tabel 5.7 untuk kadar penambahan CS yang sama dan masa pemeraman yang sama pada uji CBR diperoleh peningkatan nilai CBR sebesar 248,37%, 2129,76% dan 3722,32%.