

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini di uraikan hasil dari penelitian yang di lakukan dengan mencampur pasir berbutir halus dan tanah lempung agar diketahui daya dukung tanah berbutir halus. Pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Universitas Islam Indonesia Yogyakarta memperoleh hasil yang meliputi sifat-sifat fisis tanah, mekanis tanah. Dari pengujian konsolidasi diketahui besarnya penurunan dan dari pengujian CBR diketahui tingkat kekerasan.

5.1 Klasifikasi Tanah

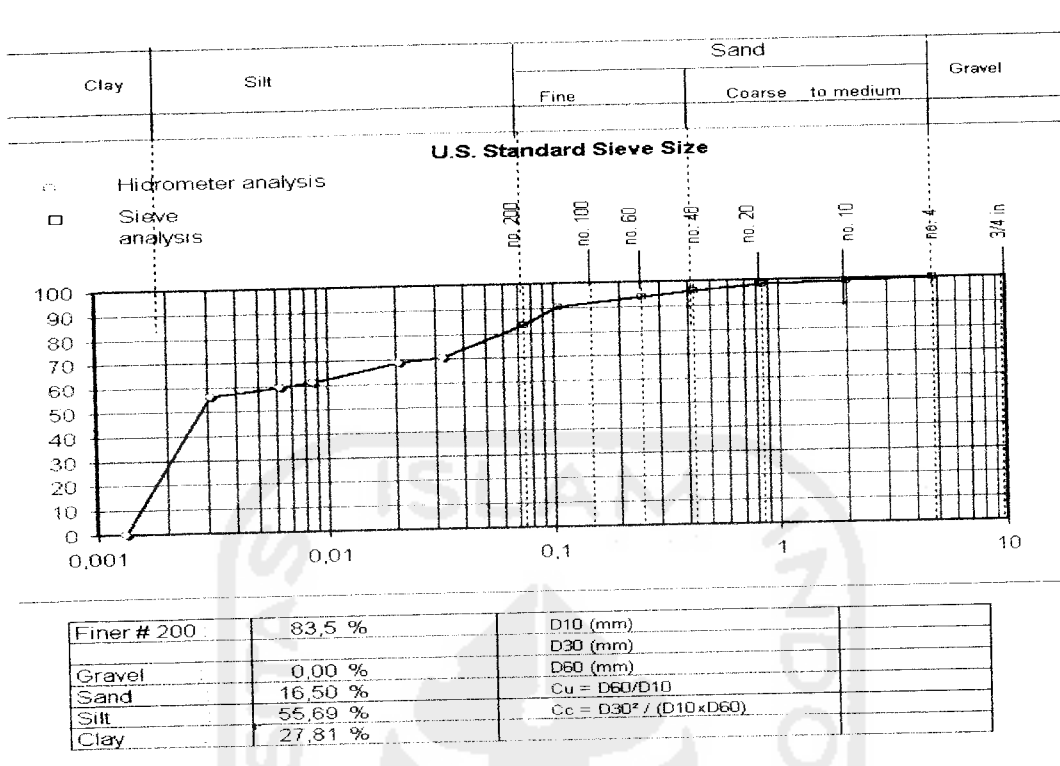
Berdasarkan data hasil pengujian sifat fisik dan mekanis tanah yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat ditentukan karakteristik tanah yang didasarkan metode klasifikasi tanah sebagai berikut :

1. Sistem Klasifikasi Tekstur (*Textural Classification System*).
2. Sistem Klasifikasi USCS (*Unified Soil Classification System*).
3. Sistem Klasifikasi AASTHO (*AASTHO Classification System*).

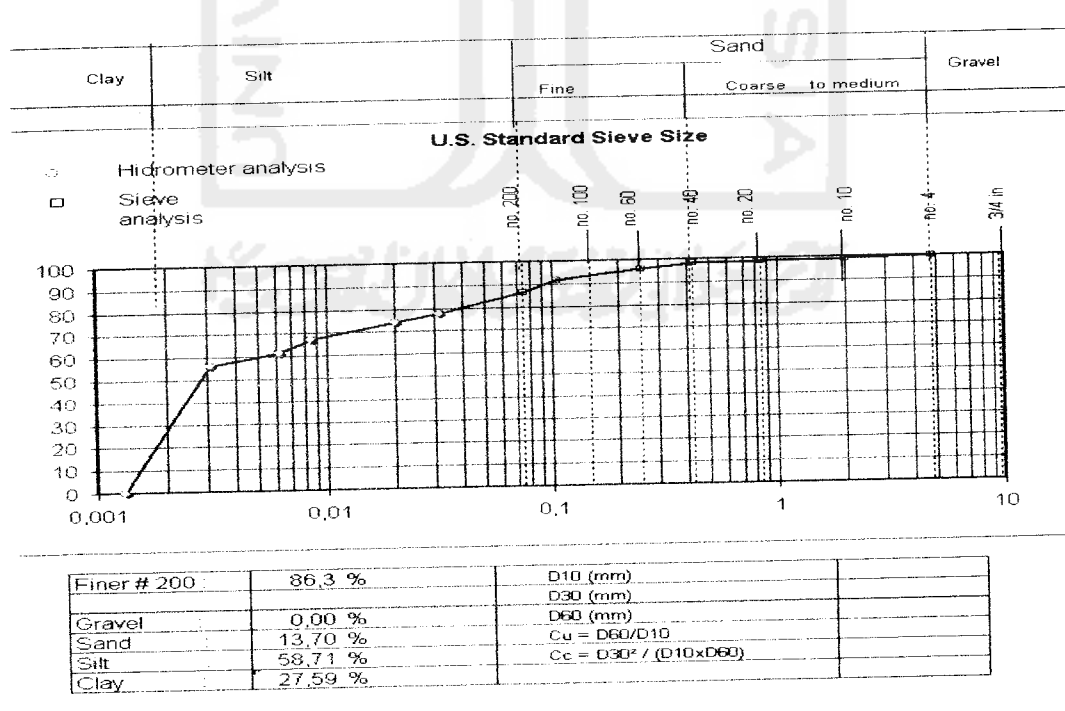
Adapun untuk kejelasan ketiga sistem klasifikasi tersebut akan dijelaskan berikutnya.

5.2 Sifat Fisik Tanah

Sifat fisik tanah meliputi warna, ukuran, dan bentuk dari butiran tanah tersebut. Dari hasil penelitian sampel tanah yang diambil dari daerah Pleret mempunyai sifat fisik sebagai berikut: warna coklat tua dan dari hasil uji analisa distribusi butiran didapat bahwa ukuran butiran $< 0,002$ mm sebesar 84,9 % yaitu lanau 57,2 % dan lempung 27,7 %. adapun grafik hasil uji analisa distribusi butiran dapat dilihat pada gambar 5.1-5.2.



Gambar 5.1 Grafik analisa distribusi butiran (sampel 1)



Gambar 5.2 Grafik analisa distribusi butiran (sampel 2)

Dari hasil uji Analisa distribusi butiran kedua sampel diatas maka akan didapatkan prosentase nilai rata-rata dari masing-masing agregat yang hasilnya dapat di lihat pada Tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5.1 Nilai rata-rata hasil uji analisa distribusi butiran sampel I, II, III

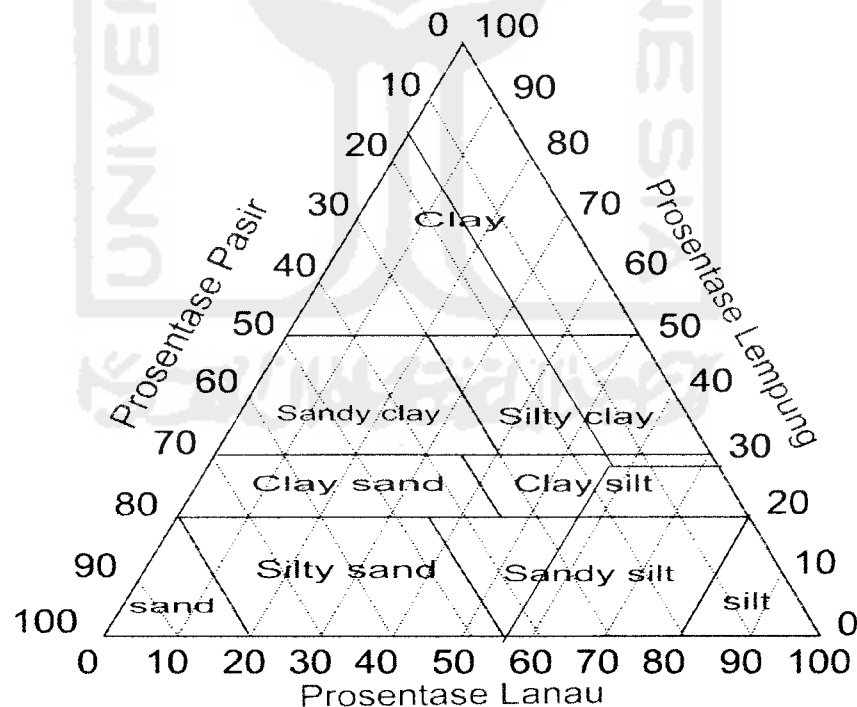
No. Pengujian	Jenis agregat			Nilai rata-rata		
	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)
1	16,5	55.69	27.81	15.1	57.2	27.7
2	13,7	58.71	27.59			



5.2.1 Sistem Klasifikasi Tekstur (*Textural Classification system*)

Sistem klasifikasi berdasarkan tekstur hanya didasarkan pada distribusi ukuran butiran tanah saja. Sesuai dengan hasil pengujian Analisa Distribusi Butiran didapat data-data tabel 5.1

Dari hasil pengujian Analisa Distribusi Butiran dapat dikatakan sampel tanah yang berasal dari daerah Pleret adalah jenis tanah lanau yang mengandung lempung dan pasir. Jumlah agregat halus (lempung dan lanau) sebesar 84,9 % dan jumlah agregat kasar (pasir) sebesar 15,1 %. Karena persentase jumlah agregat halus (lempung) menunjukkan angka yang paling besar berarti sifat tanah tersebut lebih menunjukkan sifat tanah lempung. Untuk mengklasifikasikan tanah dapat dilakukan salah satunya dengan uji klasifikasi tekstur yaitu dengan memplotkan prosentase distribusi butiran pasir, lanau dan lempung pada Gambar 5.3 Diagram triangular klasifikasi



Gambar 5.3 Diagram Klasifikasi Tanah USCS

Dari Gambar 5.3 didapatkan titik temu antara ketiga garis dari prosentase pasir, lanau, dan lempung. Ketiga garis tersebut bertemu di zona *clay silt* ini berarti sampel tanah yang berasal dari daerah Pleret adalah jenis tanah lanau kelempungan

5.2.2 Sistem Klasifikasi AASTHO (*AASTHO Classification System*)

Sistem klasifikasi AASTHO yang diberikan saat ini diberikan dalam Tabel 5.9. Pada sistem ini tanah diklasifikasikan ke dalam tujuh kelompok besar, yaitu A-1 sampai A-7. Tanah yang diklasifikasikan ke dalam A-1, A-2, dan A-3 adalah tanah berbutir dimana 35% atau kurang dari jumlah butiran tanah tersebut lolos ayakan No.200. Sedangkan tanah dimana lebih dari 35% butirannya lolos ayakan No.200 diklasifikasikan ke dalam kelompok A-4, A-5, A-6, dan A-7. Butiran dalam kelompok A-4 sampai dengan A-7 tersebut sebagian besar adalah lanau dan lempung. Sistem klasifikasi ini didasarkan pada kriteria di bawah ini:

a. *Ukuran butir:*

Kerikil: bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No.20 (2 mm).

Pasir: bagian tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).

Lanau dan lempung: bagian tanah yang lolos ayakan No.200.

b. *Plastisitas:*

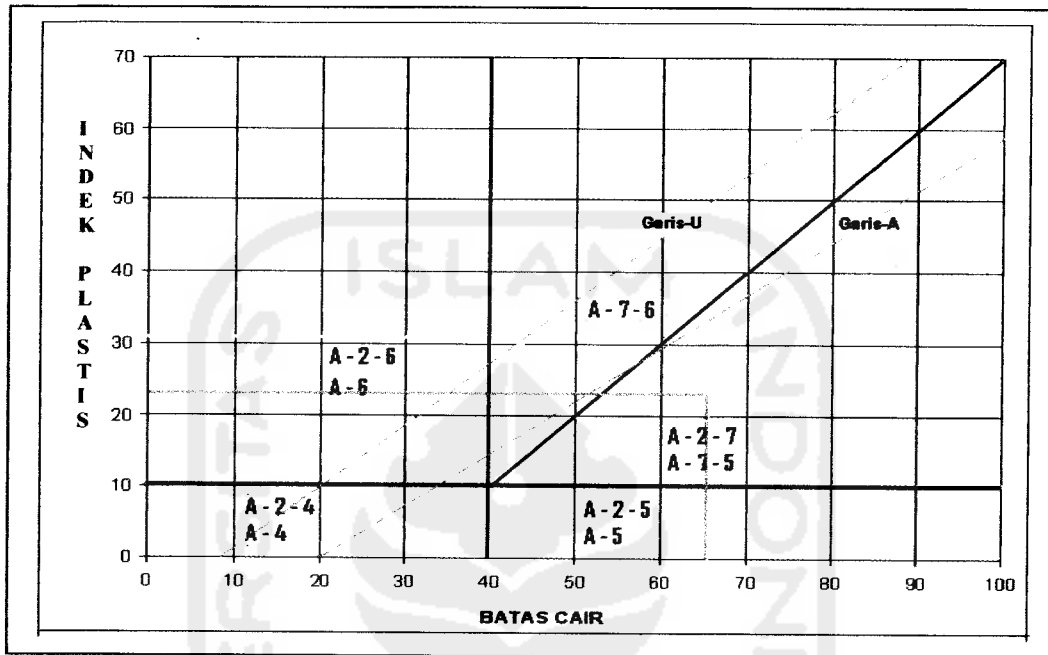
Nama *berlanau* dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 10 atau kurang. Nama *berlempung* dipakai bilamana bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.

c. Apabila *batuan* (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan di dalam contoh tanah yang akan ditentukan klasifikasi tanahnya, maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu. Tetapi persentase dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Apabila sistem klasifikasi AASTHO dipakai untuk mengklasifikasikan tanah, maka data-data dari hasil uji dicocokkan dengan angka-angka yang



gambar dari sepanjang batas cair (*liquid limit*, LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah yang masuk dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A-6, dan A-7.



(Sumber: Mekanika Tanah, Braja M. Das 1988)

Gambar 5.4 Rentang (range) dari batas cair (LL) dan indeks plastisitas (PI) untuk tanah dalam kelompok A-2, A-4, A-5, A- 6, dan A-7 (Mekanika Tanah, Braja M. Das 1988)

Sesuai dengan hasil dua sampel pengujian analisa saringan dan pengujian batas-batas *Atterberg* yang telah dirata-rata didapat: Tanah lolos saringan # 200: 84,9 %; Batas cair: 66,23 %; dan Indeks Plastisitas: 23,90 %. Dengan Melihat Tabel 3.2 sampel tanah yang berasal dari Pleret termasuk kelompok tanah A-7 yaitu tanah berlempung, sedangkan menurut persamaan 5.6

$$IP = 0,73(LL - 20) \dots \dots \dots (5.6)$$

Dengan :

IP = Indeks Plastisitas

WL = Batas Cair

Dengan Indeks Kelompok :

$$\begin{aligned}
 GI &= (F - 35) (0,2 + 0,005 (LL-40)) + 0,01(F-15)(PI-10) \\
 &= (84,9-35) (0,2 + 0,005 (66,23-40)) + 0,01(84,9-15)(23,9-10) \\
 &= 26
 \end{aligned}$$

Maka sampel tanah yang diambil dari daerah Pleret termasuk dalam katagori kelompok A-7-5 (26) atau jenis tanah berlempung dengan cara memplotkan data hasil uji Batas Cair dan Indeks Plastisitas pada Gambar 5.4.

5.2.3 Sistem Klasifikasi *Unified*

sistem ini mengelompokkan tanah kedalam dua kelompok besar yaitu :

1. Tanah berbutir kasar (*coarse grained soil*), yaitu : tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) atau tanah berkerikil, sedangkan S adalah untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine grained soil*), yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total sampel tanah lolos ayakan No.200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (silt) anorganik, C untuk lempung (clay) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik.

Simbol-simbol lain yang digunakan untuk klasifikasi USCS adalah:

- W = well graded (tanah dengan gradasi baik)
- P = poorly graded (tanah dengan gradasi buruk)
- L = low plasticity (tanah dengan plastisitas rendah)($LL < 50\%$)
- H = high plasticity (tanah dengan plastisitas tinggi)($LL > 50\%$)

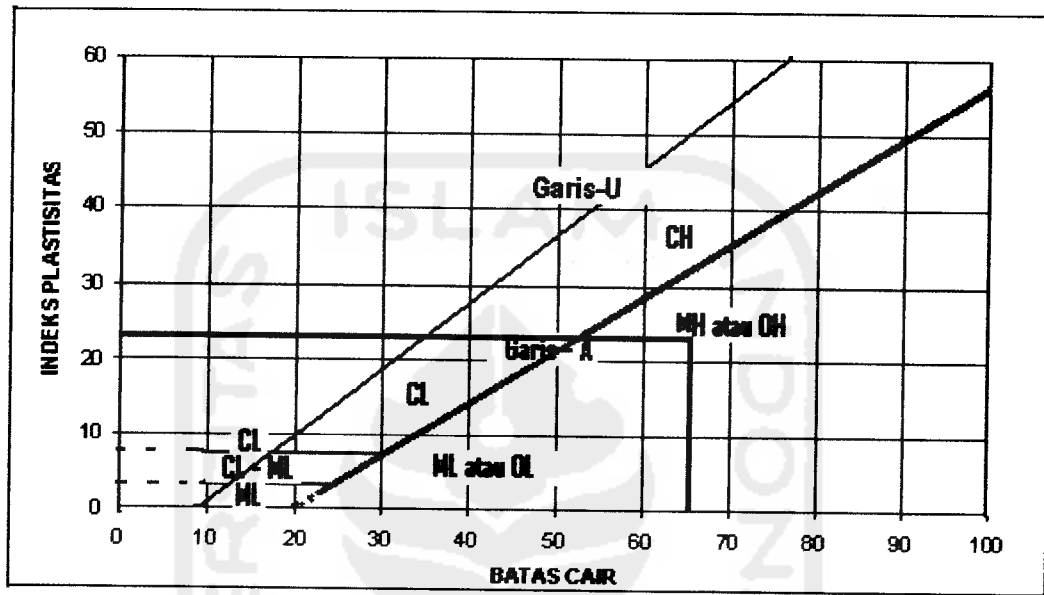
Tanah berbutir kasar ditandai dengan simbol kelompok seperti: GW, GP, GM, GC, SW, SP, SM, dan SC. Sedangkan tanah berbutir halus ditandai dengan simbol kelompok seperti: ML, CL, OL, MH, CH, dan OH. Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Sistem klasifikasi tanah Unified

DMisi utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% butiran no. 200 (0.075 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir-kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir-kerikil atau tidak mengandung butiran halus	
Pasir lebih dan 50% fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir-lempung	
Pasir kasar lolos saringan no. 4 (4.75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SP	Pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
Pasir lebih dan 50% fraksi kasar lolos saringan no. 200 (0.075 mm)	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$ Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	
Tanah berbutir halus 50% atau lebih	Lanau dan lempung batas cair > 50% atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan tanah berbutir kasar, batas Atterberg yang termasuk daerah arsir yang diarsir berarti bahwa tanah tersebut menggunakan dua simbol. Batas Cair, LL (%) Gams A, $PI = 0.73(LL - 20)$
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, berlempung berlanau, lempung kurus ('lean clays')	
OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah			
MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatomae, lanau elastis			
CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ('fat clays')			
OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi			
Tanah dengan kadar organik tinggi	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	PI	Gambut ('peat') dan tanah lain dengan kandungan organik tinggi	

Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488

Untuk mendapatkan simbol kelompok tanah berbutir halus dapat dilakukan dengan memplotkan hasil uji Batas Cair dan Batas Plastis pada bagan plastisitas (*Cassagrande*, 1948) yang diberikan pada Gambar 5.5.



(Sumber: Mekanika Tanah, Braja M. Das 1988)

Gambar 5.5 Grafik plastisitas: Sistem unified. (Diproduksi dari Wagner, A.A (1957))

Sesuai dengan hasil sampel pengujian didapat hasil Batas Cair: 66,23 %; dan Indeks Plastisitas: 23,90 %. Dengan Melihat Gambar 5.5 didapatkan bahwa sampel tanah yang berasal dari Pleret termasuk golongan MH atau OH yaitu tanah lanau tak organik atau lanau elastis.

5.3 Hasil Pengujian Sifat-Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah di Laboratorium meliputi pengujian : Kadar Air (*Undisturbed*), Kadar Air (*Disturbed*), Berat Jenis, Berat Volume Tanah, Batas Cair, Batas Plastis, Batas Susut, dan Indeks Plastisitas. Pengujian sifat tanah ini menggunakan dua buah sampel, dimana masing-masing akan memberikan

hasil yang berbeda. Nilai yang akan dipakai adalah nilai rata-rata dari hasil pengujian.

5.3.1 Perhitungan Kadar Air Tanah

Hasil pengujian kadar air tanah dilakukan dengan dua kondisi yaitu pada kondisi *undisturbed* dan kondisi *disturbed*. Adapun hasilnya didapat dengan perhitungan dari persamaan berikut:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \dots\dots\dots(5.1)$$

Hasil dari pengujian kadar air sampel tanah daerah Pleret ditunjukkan pada Tabel 5.3 s/d 5.4.

Tabel 5.3 Hasil pengujian kadar air (*undisturbed*)

1	NOMOR PERCOBAAN	1		
2	Nomor cawan	a	b	c
3	Berat cawan kosong (w1) gram	21.85	21.82	22.08
4	Berat cawan + tanah basah (w2) gram	52.10	42.72	49.11
5	Berat cawan + tanah kering (w3) gram	42.07	35.97	42.16
8	Kadar air = w %	49.60	47.70	34.61
9	Kadar air rata-rata %	43.973		

Tabel 5.4 Hasil pengujian kadar air (*disturbed*)

1	NOMOR PERCOBAAN	1		
2	Nomor cawan	a	b	c
3	Berat cawan kosong (w1) gram	21,97	21,87	21,72
4	Berat cawan + tanah basah (w2) gram	44,42	46,54	44,70
5	Berat cawan + tanah kering (w3) gram	42,01	43,82	42,16
8	Kadar air = w %	12,03	12,39	12,43
9	Kadar air rata-rata %	12,281		

Perhitungan kadar air (w) pada kondisi *undisturbed* (sampel 1):

$$\begin{aligned}
 w &= \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \\
 &= \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \\
 w &= \frac{52,10 - 42,07}{42,07 - 21,85} \times 100\% \\
 &= 49,60\%
 \end{aligned}$$

5.3.2 Perhitungan Berat Jenis Tanah

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada suhu tertentu, biasanya diambil suhu $27,5^{\circ} \text{C}$. Berat jenis tanah dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$G_s(t) = \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \dots\dots\dots(5.3)$$

$$G_s(27,5^{\circ}) = G_s(t) \times [(G_s \text{ air } t^{\circ} \text{C}) / (G_s \text{ air } 27,5^{\circ} \text{C})] \dots\dots\dots(5.4)$$

Hasil dari pengujian berat jenis sampel tanah daerah Pleret ditunjukkan pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil pengujian berat jenis tanah

No	Keterangan	Sampel		
		I	II	III
1	No pengujian	1	2	3
2	Berat Picknometer (W1)	17,46	19,03	17,88
3	Berat Picknometer +tanah kering (W2)	26,41	28,73	34,21
4	Berat Picknometer + tanah + air (W3)	48,18	49,52	77,41
5	Berat Picknometer + air (W4)	42,87	44,16	67,87
6	Temperatur (t ⁰)	26,00	26,00	26,00
7	Bj pata temperatu (t ⁰)	0,996550	0,996550	0,996550
8	Bj pata temperatu (27,5 ⁰ C)	0,996410	0,996410	0,996410
7	Berat tanah kering (Wt)	8,95	9,70	16,33
8	A = Wt + W4	51,82	53,86	84,20
9	I = A - W3	3,64	4,34	6,79
10	Berat Jenis tanah, Gs = Wt / I	2,46	2,24	2,41
11	Bret Jenis = Gs. (Bj t ⁰ / Bj t 27,5 ⁰ C)	2,4591	2,2353	2,4053
12	Berat jenis rata-rata	2,37		

Perhitungan berat jenis tanah sampel 1 :

$$G_s(t) = \frac{(26,41 - 17,46)}{(42,87 - 17,46) - (48,18 - 26,41)}$$

$$= 2,37$$

$$G_s(27,5^0 C) = 2,46 \times \frac{0,9965}{0,9964}$$

$$= 2,459$$

Sedangkan untuk bahan campuran pasir halus dari Kali Progo, Kulon Progo hasil dari pengujian berat jenis ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Hasil pengujian berat jenis pasir halus

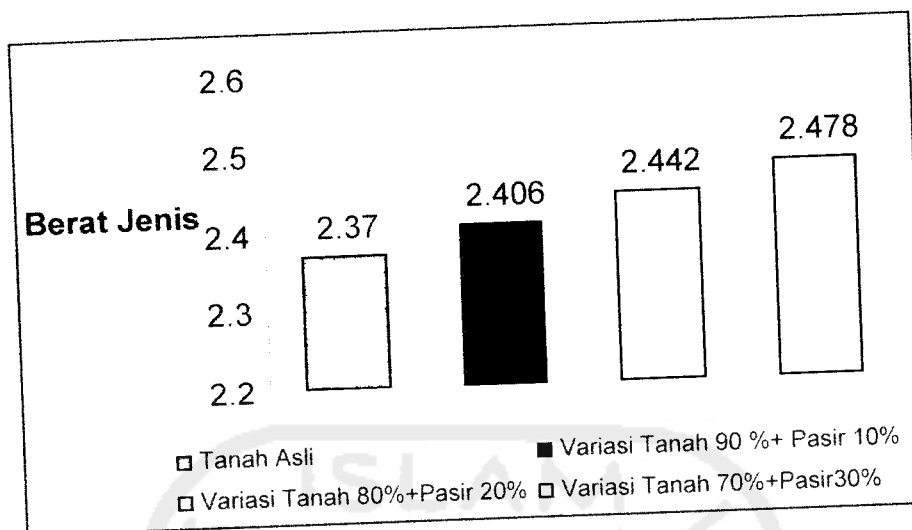
1	No pengujian	1	2	3
2	Berat Picknometer (W1)	18.99	18.03	21.73
3	Berat Picknometer +tanah kering (W2)	32.15	31.73	41.91
4	Berat Picknometer + tanah + air (W3)	52.08	51.99	96.77
5	Berat Picknometer + air (W4)	43.8	43.27	83.92
6	Temperatur (t ^o)	26.00	26.00	26.00
7	Bj pata temperatu (t ^o)	0.996550	0.996550	0.996550
8	Bj pata temperatu (27,5 ^o C)	0.996410	0.996410	0.996410
7	Berat tanah kering (Wt)	13.16	13.70	20.18
8	A = Wt + W4	56.96	56.97	104.10
9	I = A - W3	4.88	4.98	7.33
10	Berat Jenis tanah, Gs = Wt / I	2.70	2.75	2.75
11	Bret Jenis = Gs. (Bj t ^o / Bj t 27,5 ^o C)	2.6971	2.7514	2.7535
12	Berat jenis rata-rata	2.73		

Dengan variasi campuran tanah dan pasir halus yang ada dihasilkan nilai berat jenis seperti dalam tabel 5.7

Tabel 5.7. Berat Jenis masing-masing Variasi Tanah

Variasi Campuran	Nilai berat Jenis
Tanah Asli	2.37
Tanah lempung 90% dan pasir 10 %	2.406
Tanah lempung 80% dan pasir 20 %	2.442
Tanah lempung 70% dan pasir 30 %	2.478

Jika dibandingkan nilai berat jenis antara tanah asli dengan variasi campuran terlihat nilai berat jenis menunjukkan semakin besar yang terlihat pada gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 Perbandingan Berat Jenis masing-masing Variasi tanah

5.3.3 Perhitungan Batas Konsistensi (*Atterberg Limits*)

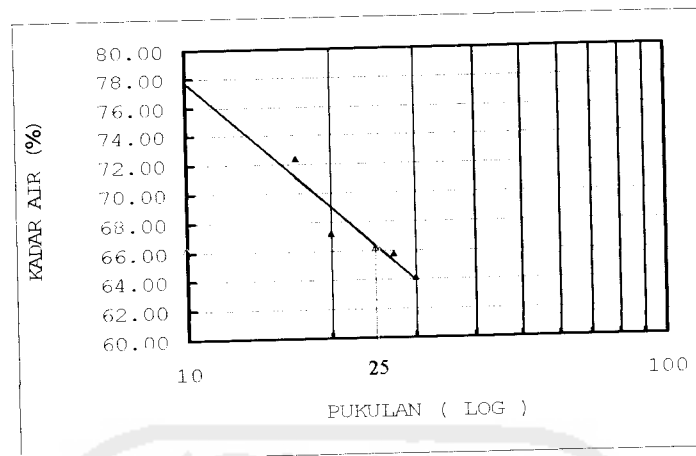
Adapun tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui sifat konsistensi tanah berbutir halus pada kadar air yang bervariasi. Pengujian batas konsistensi yang dilakukan meliputi: Pengujian Batas Cair, Batas Plastis, dan Batas Susut.

1. Batas Cair (*Liquid Limit*)

Maksud dari pengujian adalah untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah pada keadaan batas cair dan plastis. Hasil perhitungan batas cair sampel tanah daerah Pleret ditunjukkan pada Tabel 5.8 dan diposisikan dalam grafik pada Gambar 5.7.

Tabel 5.8 Hasil pengujian batas cair (sampel 1)

NO. PENGUJIAN	I	II	III	IV
KADAR AIR	72,3	67,14	65,75	64,09
PUKULAN	17	20	27	30



Gambar 5.7 Grafik batas cair (sampel 1)

Batas cair didapat dengan menarik garis vertikal pada 25 ketukan sehingga memotong kurva yang garis lurus, kemudian dari titik tersebut ditarik garis horizontal sehingga memotong sumbu *ordinat*. Titik potong pada sumbu *ordinat* tersebut merupakan kadar air pada batas cair sampel tanah tersebut.

2. Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Maksud dari pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air pada kondisi batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum suatu sampel tanah dalam keadaan plastis. Dari pengujian batas plastis, sampel tanah daerah Pleret mempunyai batas plastis 42,33 %. Dengan didapatnya nilai batas cair dan batas plastis maka didapat nilai indeks plastisitas tanah dengan persamaan berikut:

$$PI = LL - PL \dots \dots \dots (5.5)$$

Dari perhitungan didapat nilai indeks plastisitas sampel tanah daerah Pleret sebesar 23,35 %.

3. Batas Susut (*Shrinkage Limit*)

Batas susut tanah adalah kadar air maksimum pada sebuah sampel tanah sedemikian rupa, sehingga pengurangan kadar air selanjutnya tidak

menyebabkan berkurangnya volume tanah. Dari pengujian batas susut, sampel tanah daerah Pleret mempunyai batas susut sebesar 23,28 %.

Hasil pengujian sifat-sifat mekanis sampel tanah daerah Pleret dapat dilihat pada Tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Sifat-sifat mekanis tanah

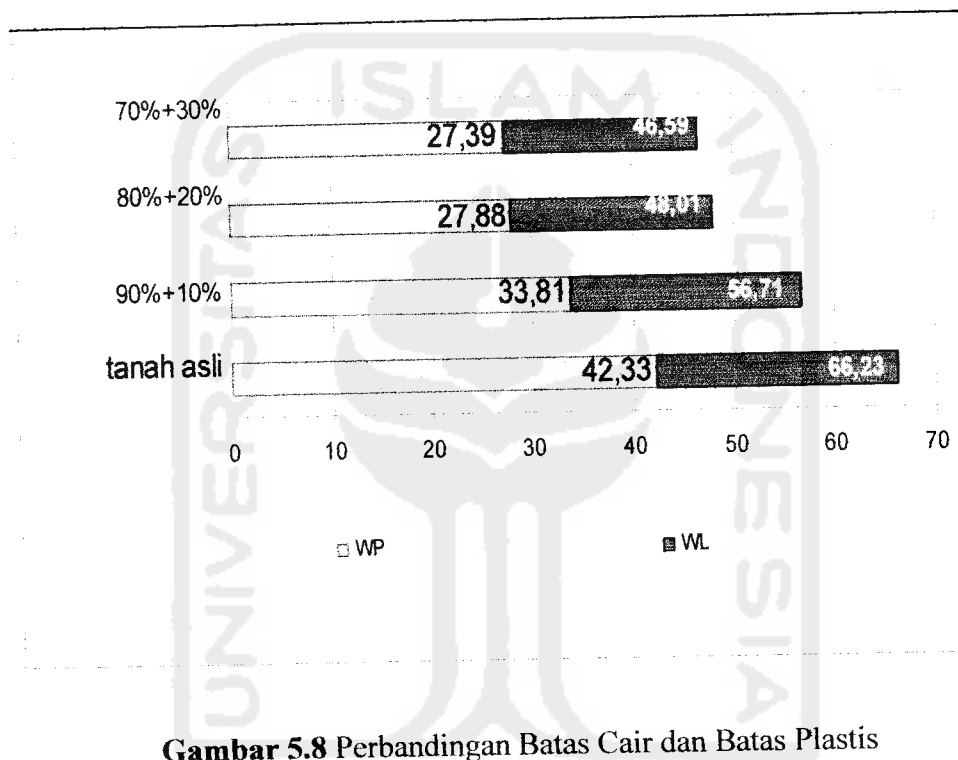
Sifat Mekanis	Hasil
Kadar air undisturbed (%)	43,973
Kadar air disturbed (%)	12,281
Berat jenis	2,37
Berat volume (gr/cm ³)	1,63
Batas cair (%)	66.23
Batas plastis (%)	42,33
Batas susut (%)	13,876
Indeks plastis	23,90

Hasil pengujian sifat-sifat mekanis sampel tanah asli dan variasi campuran terlihat pada tabel 5.10 di bawah ini.

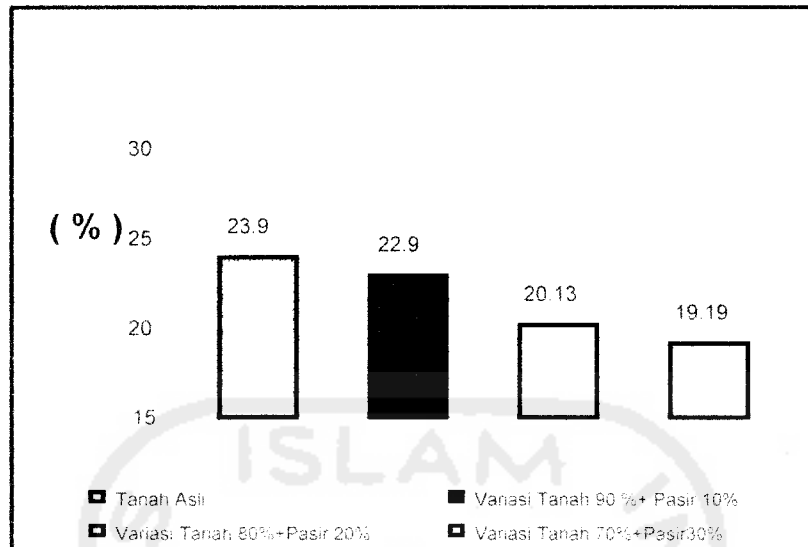
Tabel 5.10 Hasil Perhitungan Sifat-sifat mekanis tanah

Variasi Campuran	Batas Cair (LL)	Batas Plastis (PL)	Indeks Plastisitas (PI)
Tanah Asli	66.23	42.33	23.90
Tanah lempung 90% dan pasir 10 %	56.71	33.81	22.90
Tanah lempung 80% dan pasir 20 %	48.01	27.88	20.13
Tanah lempung 70% dan pasir 30 %	46.59	27.39	19.19

Jika dibandingkan nilai Batas Cair (LL), Batas Plastis (PL) dan Indeks Plastis (PI) antara tanah asli dengan variasi campuran terlihat nilai menunjukkan semakin kecil yang terlihat pada gambar 5.8 berikut ini.



Gambar 5.8 Perbandingan Batas Cair dan Batas Plastis



Gambar 5.9 Grafik perbandingan Indeks Plastis

5.4. Sifat Mekanik Tanah

Penelitian sifat mekanik tanah meliputi pengujian proctor, konsolidasi dan pengujian CBR.

5.4.1 Uji Kepadatan Tanah (Uji *Proctor* Standar)

Uji kepadatan tanah dilakukan dengan uji Proctor Standar. Adapun volume cetakan silinder sebesar $940,45 \text{ cm}^3$. Diameter cetakan sebesar 1016 mm. Berat pemumbuk sebesar 2,47 kg dan tinggi jatuh sebesar 304,8 mm. Untuk setiap percobaan, berat volume basah (γ) dari tanah tanah yang dipadatkan tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 5.7.

$$\gamma_b = \frac{W}{V(m)} \dots\dots\dots(5.7)$$

Keterangan:

W = Berat tanah yang dipadatkan dalam cetakan

$V(m)$ = Volume cetakan (cm^3)

Pada setiap percobaan besarnya kadar air dalam tanah yang dipadatkan dapat ditentukan di Laboratorium. Bila kadar air diketahui, maka berat volume kering (γ_d) dari tanah tersebut dapat dihitung dengan Persamaan 5.8.

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \dots\dots\dots(5.8)$$

Keterangan:

w (%) = Persentase kadar air

Harga γ_d dari Persamaan 5.8 tersebut dapat digambarkan terhadap kadar air dengan γ_d sebagai ordinat dan kadar air sebagai absis. Dengan demikian titik puncak dari Grafik merupakan kadar air optimum dan berat volume kering maksimum. Hasil dari pengujian kadar air sampel tanah daerah Pleret ditunjukkan pada Tabel 5.3 dan Tabel 5.4 kemudian hasilnya diposisikan pada grafik yang dapat dilihat pada Gambar 5.10 dibawah ini.

Tabel 5.11 Hasil uji proctor standar (sampel 1)

Nomor sample	1	2	3	4	5
Volume silinder (cm ³)	940,45	940,45	940,45	940,45	940,45
Berat tanah basah (gram)	4500	4500	4500	4500	4500
Kadar air mula-mula (%)	49,27	49,27	49,27	49,27	49,27
Penambahan air (%)	2,222	4,444	6,667	8,889	11,111
Penambahan air (ml)	100	200	300	400	500
Berat silinder + tanah padat (gram)	3200	3257	3517	3492	3420
Berat tanah padat (gram)	1312	1369	1629	1604	1532
Berat volume tanah (gr/cm ³)	1.395	1.456	1.732	1.706	1.629
Kadar air (%)	27.58	29.16	40.88	43.50	49.51
Berat volume tanah kering (gr/cm ³)	1.093	1.127	1.230	1.189	1.090

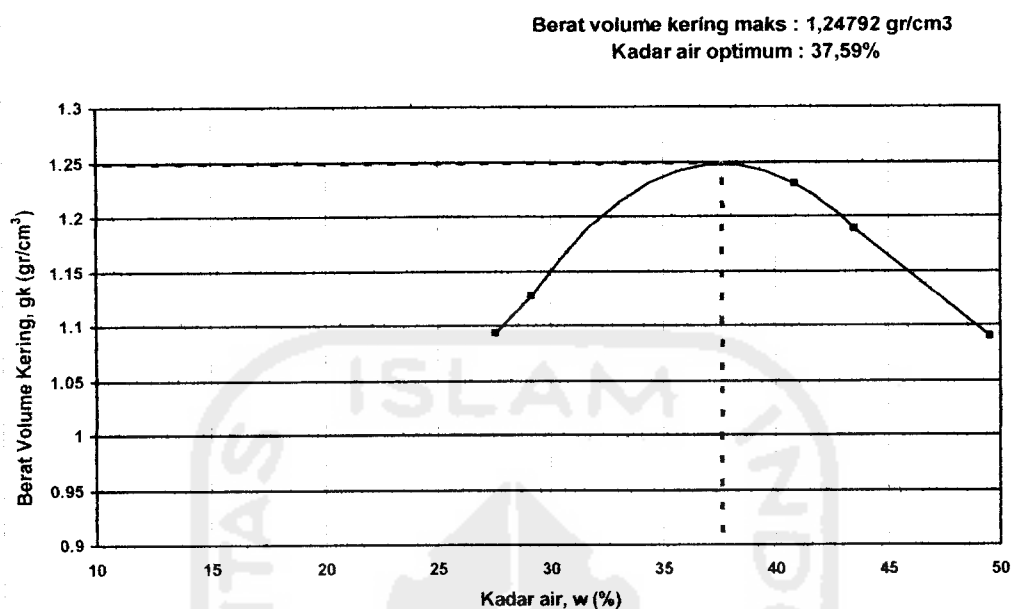
Perhitungan berat volume tanah pada sampel 1 pada kolom sampel 1:

$$\begin{aligned}\gamma_b &= \frac{W}{V(m)} \\ \gamma_b &= \frac{1312\text{gr}}{940,45\text{m}^3} \\ &= 1,395 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Perhitungan berat volume tanah kering pada sampel 1 pada kolom sampel 1:

$$\begin{aligned}\gamma_d &= \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}} \\ \gamma_d &= \frac{1,395\text{gr/cm}^3}{1 + 0,2758} \\ &= 1,093 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Kurva hubungan antara kadar air (w) dan berat volume kering (γ_d) dibuat dengan kadar air (w) sebagai *absis* sedangkan berat volume kering (γ_d) sebagai *ordinat*. Puncak kurva merupakan nilai (γ_d) maksimum, kemudian dari titik puncak kurva ditarik garis vertikal memotong *absis*, pada titik ini adalah merupakan kadar air optimumnya. Kurva hasil pengujian kepadatan tanah (sampel 1) dapat dilihat pada Gambar 5.10 di bawah ini.



Gambar 5.10 Hasil uji kepadatan tanah (sampel 1)

Gambar 5.10 menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar air maka meningkat pula berat volume kering sampai di temukan kadar air optimum dari pemadatan tersebut, dan untuk selanjutnya jika terus dilakukan penambahan air akan mengakibatkan berat volume kering menurun. Gambar 5.10 menunjukkan bahwa sampel tanah mempunyai berat volume kering maksimum ($1,2479 \text{ gr/cm}^3$) pada kadar air optimum 37,59%.

5.4.2 Pengujian Konsolidasi

Pengujian konsolidasi dilaksanakan untuk mendapatkan nilai Indeks Kompresi (C_c), nilai Koefisien Konsolidasi (C_v) dan waktu yang diperlukan suatu lapisan tanah lempung hingga penurunan 90% selesai (t_{90}). Nilai-nilai tersebut ditentukan dengan menggunakan rumus .

Perhitungan untuk benda uji pada pengujian pertama untuk Tanah asli dengan beban $0,25 \text{ kg/cm}^2$ adalah sebagai berikut :

Diketahui :

Berat jenis tanah (G_s)	= 2,37
Berat Cincin (W_o)	= 117,14 gr
Diameter cincin	= 7,5 cm
Tinggi cincin	= 2 cm
Luas cincin (A_o)	= 44,178 cm ²
Kadar air tanah (w)	= 37,6 %

Sebelum pengujian :

$$\text{Berat cincin + tanah basah (W1)} = 262,46 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah basah (Wb)} &= W1 - W_o \\ &= 262,46 - 117,14 \\ &= 145,32 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah kering (Wk)} &= \frac{Wb}{1 + w} \\ &= \frac{145,32}{1 + 0,376} \\ &= 105,613 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Volume kering (} \gamma_d \text{)} &= \frac{W_k}{V} \\ &= \frac{105,613}{88,357} \\ &= 1,195 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi bagian padat (Ht)} &= \frac{Wk}{G_s \times A_o} \\ &= \frac{105,613}{2,37 \times 44,178} \\ &= 1,01 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori (} e_o \text{)} &= \frac{H_o - H_t}{H_t} \\ &= \frac{2 - 1,01}{1,01} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,983 \\
 \text{Derajat kekenyangan} &= \frac{W_o - G_s}{e_o} \\
 &= \frac{37,6 \times 2,37}{0,983} \\
 &= 91 \% .
 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya hasil dari perhitungan parameter tanah sebelum pengujian dapat dilihat pada table 5.12 dibawah ini :

Tabel 5.12 Parameter tanah sebelum pengujian

Berat ring + tanah basah (W1)	262.46	gr
Berat volume tanah basah (γ_b)	1.645	gr/cm ³
Berat tanah kering (Wk)	105.613	gr
Tinggi bagian padat (Ht)	1.01	cm
Angka pori (e_o)	0.98277049	%
Derajat kejenuhan (Sr)	91	%

Saat pengujian :

Perhitungan untuk beban 0,00 kg/cm² dan beban 0,25 kg/cm²

Diketahui :

Pembacaan beban 0,00 kg/cm², (H₁) = 0,000 mm

Pembacaan beban 0,25 kg/cm², (H₂) = 0,692 mm

Ht = 1,01 cm

Analisis :

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_2 - H_1 \\
 &= 0,0692 - (0,000) \\
 &= 0,0692 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Perubahan angka pori } (\Delta e_1) = \frac{\Delta H}{H_t}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,0692}{1,00} \\
 &= 0,0692 \\
 \text{Angka pori } (e_0) &= \frac{H_0 - H_t}{H_t} \\
 &= \frac{2,0 - 1,01}{1,01} \\
 &= 0,983 \\
 \text{Tebal akhir } (H_1) &= H_0 - \Delta H \\
 &= 2,00 - (0,0692) \\
 &= 1,931 \text{ cm} \\
 \text{Tebal rata-rata } (d) &= \left(\frac{H_0 + H_1}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{2,0 + 1,931}{2} \right) \\
 &= 1,9655 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk beban $0,25 \text{ kg/cm}^2$ dan beban $0,50 \text{ kg/cm}^2$

Diketahui :

Pembacaan beban $0,25 \text{ kg/cm}^2$, $(H_1) = 0,692 \text{ mm}$

Pembacaan beban $0,50 \text{ kg/cm}^2$, $(H_2) = 1,112 \text{ mm}$

$$H_1 = 1,931 \text{ cm (tebal akhir beban } 0,00 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 0,25 \text{ kg/cm}^2)$$

$$H_t = 1,01 \text{ cm}$$

$$e_0 = 0,983$$

$$\Delta e_1 = 0,0692$$

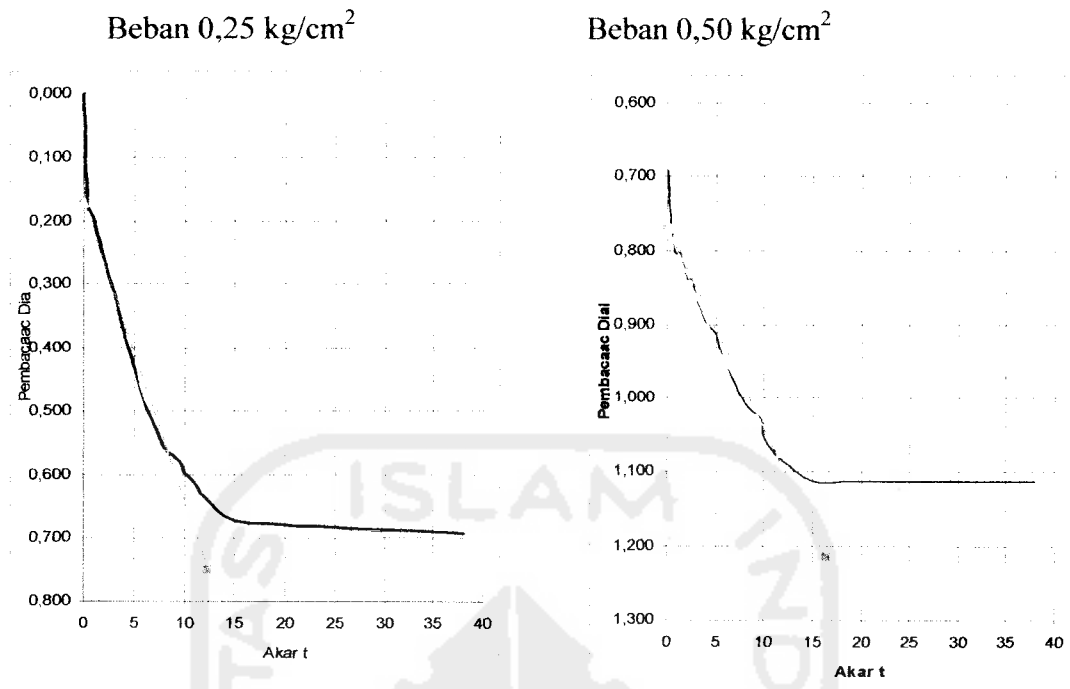
Analisis :

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_2 - H_1 \\
 &= 1,112 - 0,0692 \\
 &= 0,042
 \end{aligned}$$

$$\text{Perubahan angka pori } (\Delta e_2) = \frac{\Delta H}{H_t}$$

Tabel 5.13 Pembacaan dial untuk beban $0,25 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,50 \text{ kg/cm}^2$

Waktu pembacaan		Pembacaan dial	
t	\sqrt{t}	0,25	0,5
5,40"	0	0.000	0.692
15,00"	0,3	0.170	0.770
29,40"	0,5	0.180	0.782
1,00"	0,7	0.190	0.792
2,05"	1	0.203	0.804
4,00"	1,5	0.231	0.804
6,25"	2	0.256	0.840
9,00"	2,5	0.286	0.840
12,25"	3	0.316	0.862
16,00"	3,5	0.346	0.880
25,00"	4	0.374	0.897
36,00"	5	0.432	0.914
49,00"	5,8	0.482	0.948
64,00"	7	0.524	0.979
81,00"	8	0.558	1.008
100,00"	9,6	0.581	1.029
121,00"	10	0.598	1.054
144,00"	12	0.612	1.074
225,00"	15	0.636	1.085
400,00"	20	0.672	1.112
1440,00"	37,9	0.680	1.112



Gambar 5.11 Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 0,25 kg/cm² dan 0,50 kg/cm²

Akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) yang dihasilkan dari pembacaan grafik untuk beban 0,25 kg/cm² adalah 8,340 menit, sehingga $t_{90} = 8,340^2 \cdot 60 = 4173,336$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 0,00 kg/cm² dan 0,25 kg/cm² yaitu 1,9654 cm.

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0,848 (1,9654/2)^2}{4173,336} \\
 &= 0,0007849 \text{ cm}^2/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

Akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) untuk pembebanan 0,50 kg/cm² adalah 11,46 menit, sehingga $t_{90} = 11,46^2 \cdot 60 = 7879,896$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 0,25 kg/cm² dan 0,50 kg/cm² yaitu 1,9098 cm.

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{0,848 (d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0,848 (1,9098/2)^2}{7879,896} \\
 &= 0,00039251 \text{ cm}^2/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

Perhitungan untuk beban $0,50 \text{ kg/cm}^2$ dan beban $1,00 \text{ kg/cm}^2$

Diketahui :

Pembacaan beban $0,50 \text{ kg/cm}^2$, (H_1) = 1,112mm

Pembacaan beban $1,00 \text{ kg/cm}^2$, (H_2) = 1,755 mm

$$H_2 = 1,889 \text{ cm (tebal akhir beban } 0,25 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan } 0,50 \text{ kg/cm}^2)$$

$$H_t = 1,01 \text{ cm}$$

$$e_1 = 0,914$$

$$\Delta e_2 = 0,042$$

Analisis :

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_2 - H_1 \\
 &= 1,755 - 1,112 \\
 &= 0,643 \text{ mm} \\
 &= 0,0643 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_3) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\
 &= \frac{0,0643}{1,01} \\
 &= 0,064
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori } (e_2) &= e_1 - \Delta e_2 \\
 &= 0,873
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Indeks kompresi } (C_c) &= \frac{\Delta e_3}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{0,064}{\log\left(\frac{1,00}{0,50}\right)}
 \end{aligned}$$

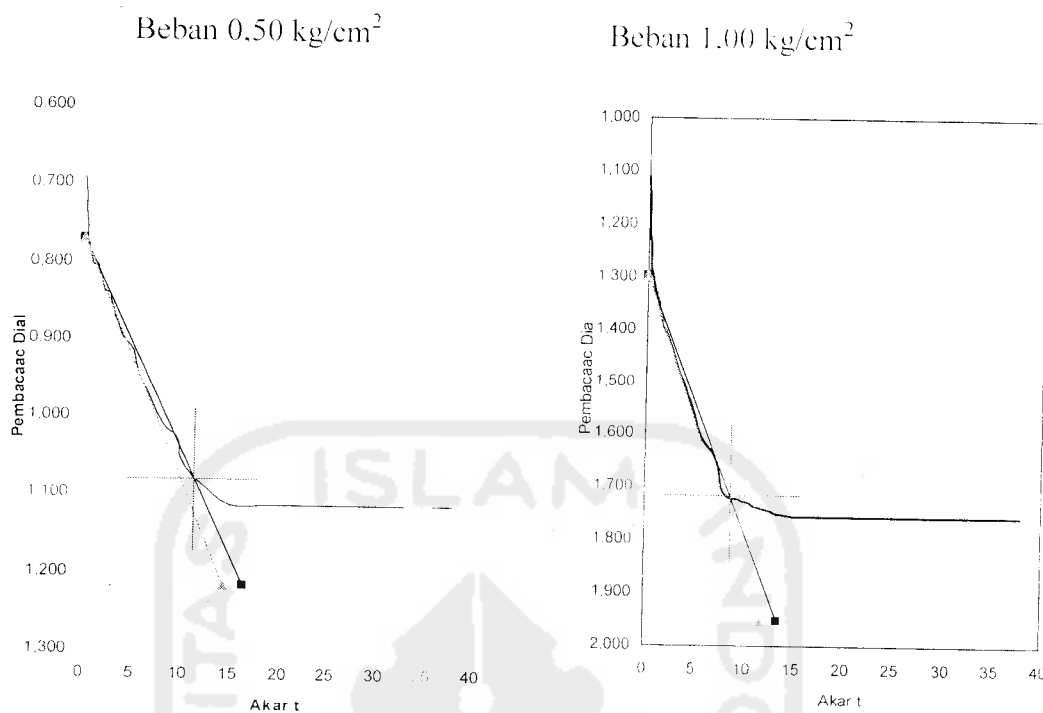
$$\begin{aligned}
 &= 0,212 \\
 \text{Tebal akhir (H}_1\text{)} &= H_2 - \Delta H \\
 &= 1,889 - 0,0643 \\
 &= 1,825 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal rata-rata (d)} &= \left(\frac{H_2 + H_3}{2} \right) \\
 &= \left(\frac{1,889 + 1,825}{2} \right) \\
 &= 1,857 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pembacaan dial pembebanan dan akar waktu penurunan untuk beban 0,50 kg/cm² dan beban 1,00 kg/cm² dapat dilihat pada tabel 5.14 dan pada gambar 5.14 berikut ini.

Tabel 5.14 Pembacaan dial untuk beban 0,50 kg/cm² dan beban 1,00 kg/cm²

Waktu pembacaan		Pembacaan dial	
t	√t	0,5	1
5,40"	0	0.692	1.112
15,00"	0,3	0.770	1.268
29,40"	0,5	0.782	1.296
1,00"	0,7	0.792	1.324
2,05"	1	0.804	1.344
4,00"	1,5	0.804	1.382
6,25"	2	0.840	1.408
9,00"	2,5	0.840	1.438
12,25"	3	0.862	1.464
16,00"	3,5	0.880	1.490
25,00"	4	0.897	1.514
36,00"	5	0.914	1.564
49,00"	5,8	0.948	1.606
64,00"	7	0.979	1.644
81,00"	8	1.008	1.709
100,00"	9,6	1.029	1.724
121,00"	10	1.054	1.727
144,00"	12	1.074	1.735
225,00"	15	1.085	1.742
400,00"	20	1.112	1.755
1440,00"	37,9	1.112	1.755



Gambar 5.12 Grafik hubungan antara penurunan dan akar waktu beban 0.50 kg/cm² dan beban 1.00 kg/cm²

Akar waktu ($\sqrt{t_{90}}$) untuk pembebanan 1.00 kg/cm² adalah 3.300 menit, sehingga $t_{90} = 8.65^2 \cdot 60 = 4489.35$ detik. Tebal rata-rata (d) yang digunakan adalah tebal rata-rata (d) pada pembebanan 0.50 kg/cm² dan 1.00 kg/cm² yaitu 1.789 cm.

$$\begin{aligned}
 C_v &= \frac{0.848(d/2)^2}{t_{90}} \\
 &= \frac{0.848(1,789/2)^2}{4489.35} \\
 &= 0.000651 \text{ cm}^2/\text{detik}.
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung untuk pembebanan 2.00: 4.00: 8.00:16.00 kg/cm² dan beban rebound 4.00 dan 1.00 kg/cm² dengan cara yang sama seperti diatas. Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ dapat dilihat pada Tabel 5.15 dibawah ini.

Tabel 5.15 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah asli I

Beban (kg/cm^2)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm^2/detik)
0,25	0.138	8,340	0,0007849
0,50	0.212	11,460	0,00039251
1,00	0.235	8,650	0,000651137
2,00	0.262	6,870	0,00095825
4,00	0.597	6,900	0,000871493
8,00	0.240	6,000	0,001046922
16,00	0.048	5,190	0,001270203

Setelah pengujian :

Diketahui :

Pembacaan beban rebound 4,00 kg/cm^2 , (H_1) = 5,660 mm

Pembacaan beban rebound 1,00 kg/cm^2 , (H_2) = 5,242 mm

Berat cincin + tanah basah (W_2) = 247,29 gr

Berat cincin + tanah kering (W_3) = 227,03 gr

Analisis :

$$\begin{aligned} \text{Berat tanah kering } (W_k) &= W_3 - W_0 \\ &= 227,03 - 117,14 \\ &= 109,89 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kadar air } (W_r) &= \frac{W_2 - W_3}{W_k} \\ &= \frac{247,29 - 227,03}{109,89} \end{aligned}$$

$$= 18,44 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Perubahan tebal } (\Delta H) &= H_2 - H_3 \\ &= 5,242 - 5,660 \\ &= - 0,42 \text{ mm} \\ &= - 0,042 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Perubahan angka pori } (\Delta e_r) &= \frac{\Delta H}{H_t} \\
 &= \frac{-0,042}{1,01} \\
 &= -0,041
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Angka pori } (e_{sp}) &= e_{r1} - \Delta e_r \\
 &= 0,422 - (-0,041) \\
 &= 0,463
 \end{aligned}$$

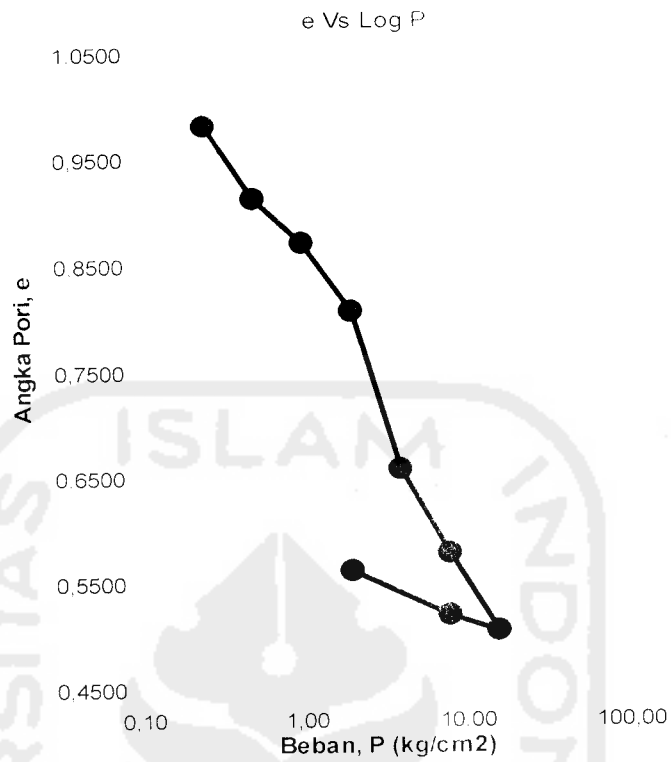
$$\begin{aligned}
 \text{Derajat kejenuhan } (S_r) &= \left(\frac{W_r \cdot G_s}{e_{sp}} \right) \times 100 \% \\
 &= \left(\frac{0,1844 \cdot 2,55}{0,463} \right) \times 100 \% \\
 &= 94,356 \%
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian parameter tanah sesudah pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

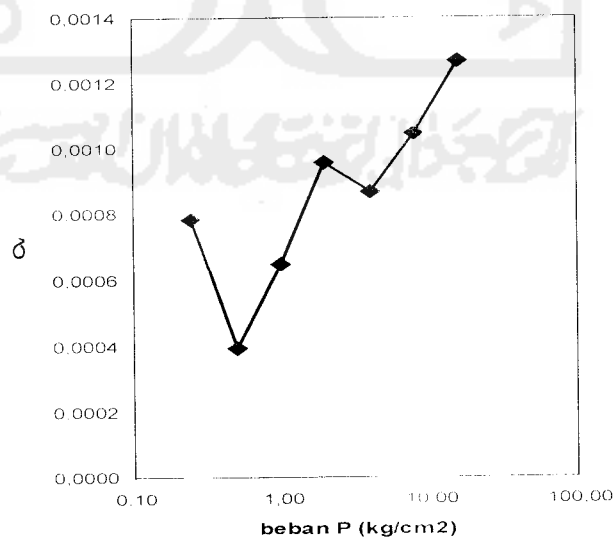
Tabel 5.16 Hasil perhitungan parameter tanah sesudah pengujian

Berat ring + tanah basah, W_2 (gr)	247.29
Berat ring + tanah kering, W_3 (gr)	227.03
Kadar air, (w) (%)	18.4366184
Angka pori, (e) (%)	0.46308635
Derajat kejenuhan, (Sr) (%)	94.3555904

Grafik hubungan tegangan efektif dan angka pori dapat dilihat pada gambar 5.13 dan grafik hubungan pembebanan dan koefisien konsolidasi dapat dilihat pada gambar 5.14 dibawah ini.



Gambar 5.13 Grafik hubungan pembebanan dan angka pori



Gambar 5.14 Grafik hubungan pembebanan dan Cv

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,042}{1,01} \\
 &= 0,042 \\
 \text{Angka pori (e}_1\text{)} &= e_0 - \Delta e_1 \\
 &= 0,983 - (0,0692) \\
 &= 0,914 \\
 \text{Indeks kompresi (Cc)} &= \frac{\Delta e_2}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{0,042}{\log\left(\frac{0,50}{0,25}\right)} \\
 &= 0,138 \\
 \text{Tebal akhir (H}_2\text{)} &= H_1 - \Delta H \\
 &= 1,931 - 0,042 \\
 &= 1,889 \text{ cm} \\
 \text{Tebal rata-rata (d)} &= \left(\frac{H_1 + H_2}{2}\right) \\
 &= \left(\frac{1,931 + 1,889}{2}\right) \\
 &= 1,9098 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Pembacaan dial pembebanan dan akar waktu penurunan untuk beban 0,25 kg/cm² dan beban 0,50 kg/cm² dapat dilihat pada tabel 5.13 dibawah ini.

Tabel 5.13 Pembacaan dial untuk beban $0,25 \text{ kg/cm}^2$ dan $0,50 \text{ kg/cm}^2$

Waktu pembacaan		Pembacaan dial	
t	\sqrt{t}	0,25	0,5
5,40"	0	0.000	0.692
15,00"	0,3	0.170	0.770
29,40"	0,5	0.180	0.782
1,00"	0,7	0.190	0.792
2,05"	1	0.203	0.804
4,00"	1,5	0.231	0.804
6,25"	2	0.256	0.840
9,00"	2,5	0.286	0.840
12,25"	3	0.316	0.862
16,00"	3,5	0.346	0.880
25,00"	4	0.374	0.897
36,00"	5	0.432	0.914
49,00"	5,8	0.482	0.948
64,00"	7	0.524	0.979
81,00"	8	0.558	1.008
100,00"	9,6	0.581	1.029
121,00"	10	0.598	1.054
144,00"	12	0.612	1.074
225,00"	15	0.636	1.085
400,00"	20	0.672	1.112
1440,00"	37,9	0.680	1.112

Diketahui :

Angka pori awal (e_0) = 0,983

Angka pori akhir (e_r) = 0,506

Analisis :

$$\begin{aligned}
 Cc \text{ total} &= \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{0,983 - 0,506}{\log\left(\frac{16}{0,25}\right)} \\
 &= 0,264
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan-perhitungan untuk sampel tanah asli II dan tanah asli III untuk pembebanan yang sama (beban 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; 4,00; 8,00; 16,00 serta beban rebound 4,0; dan 1,00 kg/cm²) seperti contoh perhitungan pada tanah sampel I diatas dapat kita lihat pada tabel 5.17 dan tabel 5.18 dibawah ini.

Tabel 5.17 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah asli II

Beban (kg/cm ²)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,25	0.241	4,670	0,000648053
0,50	0.222	6,330	0,000339726
1,00	0.336	9,000	0,000156043
2,00	0.319	6,810	0,000248266
4,00	0.318	6,570	0,000237652
8,00	0.289	6,950	0,000188554
16,00	0.164	7,100	0,000160198

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah asli sampel II

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Angka pori awal } (e_0) &= 0,948 \\ (e_r) &= 0,429 \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} C_c \text{ total} &= \frac{\Delta_e}{\log\left(\frac{P_2}{P}\right)} \\ &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\ &= \frac{0,948 - 0,429}{\log\left(\frac{16}{0,25}\right)} \\ &= 0,287 \end{aligned}$$

Tabel 5.18 Hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah asli III

Beban (kg/cm ²)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,25	0.329	8,720	0,000185871
0,50	0.180	3,050	0,001441772
1,00	0.398	3,400	0,001066891
2,00	0.261	4,040	0,000683938
4,00	0.259	4,160	0,000572046
8,00	0.247	4,580	0,000426967
16,00	0.086	4,120	0,000476191

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah asli sampel III

Diketahui :

$$\text{Angka pori awal } (e_0) = 0,913$$

Angka pori akhir (e_r) = 0,410

Sehingga

$$\begin{aligned}
 Cc \text{ total} &= \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)} \\
 &= \frac{0,913 - 0,410}{\log\left(\frac{16}{0,25}\right)} \\
 &= 0,278
 \end{aligned}$$

Nilai Cc total rata-rata dari ketiga sampel diatas dan Cc terbesar rata-rata dapat kita lihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Nilai Cc total dan Cc terbesar rata-rata tanah asli sampel I, II, III

Jenis sampel	Cc total rata-rata	Cc terbesar rata-rata
Tanah asli (I)	0,264	0,267
Tanah asli (II)	0,287	0,336
Tanah asli (III)	0,278	0,398
Cc rata-rata	0.276	0,334

Selanjutnya hasil nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ dari ketiga sampel diatas akan diambil nilai rata-rata yang hasilnya akan dapat kita lihat pada tabel 5.20 berikut ini.

Pada perhitungan selanjutnya untuk Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ akan ditampilkan dalam bentuk tabel yang dapat kita lihat pada tabel 5.11 s/d tabel 5.23 dibawah ini.

Tabel 5.21 Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel I

Beban (kg/cm ²)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,25	0.227	8,410	0,000199826
0,50	0.149	7,290	0,000252709
1,00	0.160	8,060	0,000189402
2,00	0.221	8,480	0,000158747
4,00	0.170	7,740	0,000173038
8,00	0.167	6,870	0,000197906
16,00	0.054	6,180	0,000222509

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel I

Diketahui :

Angka pori awal (e_0) = 0,354

Angka pori akhir (e_r) = 0,024

Sehingga

$$C_c \text{ total} = \frac{\Delta e}{\log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}$$

$$= \frac{e_0 - e_r}{\log \left(\frac{P_2}{P_1} \right)}$$

$$= \frac{0,354 - 0,024}{\log\left(\frac{16}{0,25}\right)}$$

$$= 0,182$$

Tabel 5.22 Nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel II

Beban (kg/cm ²)	Cc	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	Cv (cm ² /detik)
0,25	0.131	6,650	0,000319596
0,50	0.225	9,140	0,000164311
1,00	0.141	6,170	0,000332384
2,00	0.235	8,240	0,000170806
4,00	0.194	7,300	0,000198154
8,00	0.160	7,700	0,000159104
16,00	0.048	6,260	0,000218217

Dari hasil nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ t Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel II

Diketahui :

Angka pori awal (e_0) = 0,363

Angka pori akhir (e_r) = 0,036

Sehingga

$$C_c \text{ total} = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$= \frac{e_0 - e_s}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$= \frac{0,363 - 0,036}{\log\left(\frac{16}{0,25}\right)}$$

$$= 0,181$$

Tabel 5.23 Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel III

Beban (kg/cm ²)	C_c	$\sqrt{t_{90}}$ (menit)	C_v (cm ² /detik)
0,25	0.191	6,810	0,000304755
0,50	0.222	8,500	0,000188561
1,00	0.165	6,800	0,000271455
2,00	0.245	8,240	0,000170636
4,00	0.255	8,390	0,000150637
8,00	0.188	7,250	0,000180083
16,00	0.062	6,300	0,000214458

Dari hasil nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel III

Diketahui :

Angka pori awal (e_0) = 0,576

Angka pori akhir (e_r) = 0,195

Sehingga

$$C_c \text{ total} = \frac{\Delta e}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$= \frac{e_0 - e_r}{\log\left(\frac{P_2}{P_1}\right)}$$

$$= \frac{0,576 - 0,195}{\log\left(\frac{16}{0,25}\right)}$$

$$= 0,211$$

Nilai Cc total rata-rata dari ketiga sampel diatas dapat kita lihat pada tabel 5.24 berikut ini.

Tabel 5.24 Nilai Cc total rata-rata Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel I, II, III

Jenis sampel	Cc total
Tanah lempung 90% dan pasir 10 % (I)	0,1705
Tanah lempung 90% dan pasir 10 % (II)	0,1644
Tanah lempung 90% dan pasir 10 % (III)	0,18935
Cc rata-rata	0,17475

Tabel 5.25 Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %, sampel I, II dan III

Beban	Sampel I			Sampel II			Sampel III			Rata-rata		
	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v
0,25	0,227	8,41	0,0001998	0,131	6,65	0,00032	0,191	6,81	0,0003048	0,183	7,29	0,00027473
0,5	0,149	7,29	0,0002527	0,225	9,14	0,00016	0,222	8,5	0,0001886	0,19866667	8,31	0,00020186
1	0,16	8,06	0,0001894	0,141	6,17	0,00033	0,165	6,8	0,0002715	0,155333333	7,01	0,00026441
2	0,221	8,48	0,0001587	0,235	8,24	0,00017	0,245	8,24	0,0001706	0,23366667	8,32	0,00016673
4	0,17	7,74	0,000173	0,194	7,3	0,0002	0,255	8,39	0,0001506	0,206333333	7,81	0,00017394
8	0,167	6,87	0,0001979	0,16	7,7	0,00016	0,188	7,25	0,0001801	0,17166667	7,27333333	0,00017903
16	0,054	6,18	0,0002225	0,048	6,26	0,00022	0,062	6,3	0,0002145	0,05466667	6,2466667	0,00021839

Menghitung Nilai Cc pada masing-masing sampel benda uji

Nilai Cc yang akan dihitung adalah nilai Cc yang terbesar disetiap pembebanan yang dilakukan pada jenis sampel tanah. Selanjutnya dari nilai tersebut akan diambil nilai rata-rata sebagai perbandingan terhadap nilai Cc rata-rata pada sampel tanah yang lain.

Tabel 5.26 Nilai Cc terbesar dan Cc terbesar rata-rata Variasi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %

Jenis sampel	Pada beban	Cc	Cc rata-rata
Tanah lempung 90% dan pasir 10 % (I)	0 kg/cm ² dan 1 kg/cm ²	0,227	0,239
Tanah lempung 90% dan pasir 10 % (II)	2 kg/cm ² dan 4 kg/cm ²	0,235	
Tanah lempung 90% dan pasir 10 % (III)	4 kg/cm ² dan 8 kg/cm ²	0,255	

Pada perhitungan selanjutnya untuk Variasi campuran tanah lempung 80% dan pasir 20 % dan Variasi campuran tanah lempung 70% dan pasir 30 %, nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ akan ditampilkan dalam bentuk tabel yang dapat kita lihat pada tabel 5.27 s/d tabel 5.29 dibawah ini.

Tabel 5.27 Nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 80% dan pasir 20 %, sampel I, II dan III

Beban	Sampel I			Sampel II			Sampel III			Rata-rata		
	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv
0,25	0,133	6,920	0,00029514	0,21	6,880	0,000299	0,133	8,720	0,00018587	0,158667	7,506667	0,0002599
0,5	0,1	7,130	0,00027026	0,173	6,730	0,000298	0,14	7,540	0,00024166	0,137667	7,133333	0,0002701
1	0,15	8,000	0,00020409	0,189	6,480	0,000296	0,259	8,220	0,00019161	0,199333	7,566667	0,0002305
2	0,211	6,790	0,00026794	0,275	8,730	0,00015	0,222	7,190	0,00022884	0,236	7,57	0,0002156
4	0,239	8,000	0,00017755	0,24	8,470	0,000142	0,24	8,610	0,00014231	0,239667	8,36	0,0001541
8	0,178	6,490	0,00024186	0,181	8,240	0,000132	0,181	6,110	0,00025151	0,18	6,946667	0,0002084
16	0,057	6,200	0,00023819	0,056	5,880	0,000231	0,056	7,790	0,00013828	0,056333	6,623333	0,0002023

Tabel 5.28 Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ Variasi campuran tanah lempung 70% dan pasir 30 %, sampel I, II dan III

Beban	Sampel I			Sampel II			Sampel III			Rata-rata		
	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v	C_c	$\sqrt{t_{90}}$	C_v
0,25	0,251	6,730	0,00031204	0,266	6,730	0,000312	0,524	14,000	7,2109E-05	0,347	9,153333	0,0002321
0,5	0,179	8,100	0,0002044	0,332	9,300	0,000155	0,204	11,300	9,9022E-05	0,238333	9,566667	0,0001527
1	0,188	9,000	0,00015083	0,174	7,000	0,000239	0,221	8,600	0,00014484	0,194333	8,2	0,0001783
2	0,475	8,500	0,00015559	0,283	6,470	0,000249	0,33	9,210	0,00011387	0,362667	8,06	0,0001727
4	0,19	7,370	0,00017639	0,214	6,720	0,000206	0,161	5,000	0,00033501	0,188333	6,363333	0,0002391
8	0,17	5,880	0,00023283	0,164	9,310	9,41E-05	0,158	5,420	0,00024879	0,164	6,87	0,0001919
16	0,047	5,420	0,00024771	0,048	5,420	0,00025	0,048	5,100	0,00025582	0,047667	5,313333	0,0002512

Untuk semua Variasi, nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ rata-rata akan ditampilkan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada tabel 5.29 dibawah ini.

Tabel 5.29 Nilai C_c , C_v dan $\sqrt{t_{90}}$ untuk semua Variasi

Beban	Variansi tanah asli		Variansi campuran tanah lempung 90% dan pasir 10 %		Variansi campuran tanah lempung 80% dan pasir 20 %		Variansi campuran tanah lempung 70% dan pasir 30 %	
	C_c	$\sqrt{90}$	C_c	$\sqrt{90}$	C_c	$\sqrt{90}$	C_c	$\sqrt{90}$
0,25	0,236	7,2433333	0,183	7,29	0,158667	7,506667	0,347	9,153333
0,5	0,20466667	6,9466667	0,19866667	8,31	0,137667	7,133333	0,238333	9,566667
1	0,323	7,0166667	0,15533333	7,01	0,199333	7,566667	0,194333	8,2
2	0,28066667	5,9066667	0,23366667	8,32	0,236	7,57	0,362667	8,06
4	0,39133333	5,8766667	0,20633333	7,81	0,239667	8,36	0,188333	6,363333
8	0,25866667	5,8433333	0,17166667	7,2733333	0,18	6,946667	0,164	6,87
16	0,09933333	5,47	0,05466667	6,2466667	0,056333	6,623333	0,047667	5,313333

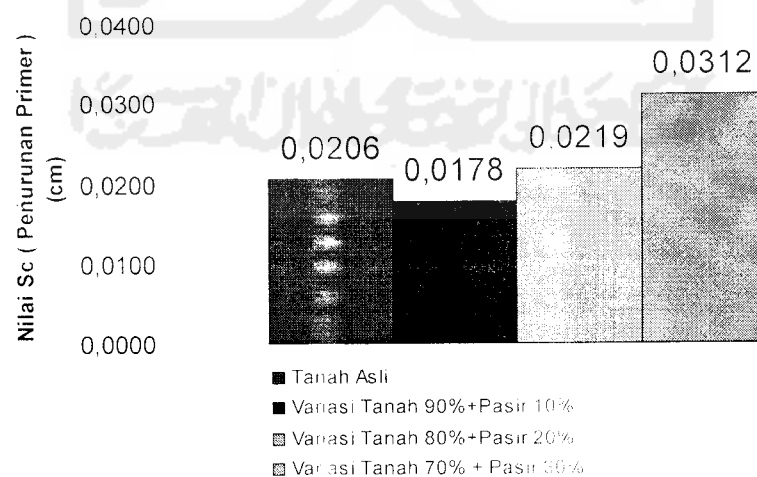
Penurunan akibat konsolidasi primer diberikan menurut persamaan di bawah ini :

$$S_c = \frac{\Delta e}{1 + e_0} H$$

Tabel 5.30 Hitungan Penurunan

Jenis Tanah	Nilai Penurunan Primer (Sc)
Tanah asli 1	0,0206 cm
Tanah 90% + Pasir 10%	0,0178 cm
Tanah 80% + Pasir 20%	0,0219 cm
Tanah 70% + Pasir 30%	0,0312 cm

Grafik Penurunan Primer (Sc) dari Sampel Tanah



Gambar 5.15 Grafik Penurunan Primer (Sc)

5.4.3 UJI CBR LABORATORIUM

Sampel yang digunakan untuk uji CBR Laboratorium adalah tanah asli (disturb) dengan berat volume kering maksimum dan kadar air yang optimum. Uji CBR dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material perkerasan jalan raya dimana pengujian CBR yang dilakukan adalah di laboratorium.

Perhitungan untuk pengujian CBR tanah asli (sampel 1) adalah sebagai berikut :

Sebelum pengujian

Diketahui :

Data cetakan :

Berat jenis tanah	= 2,37
Berat cetakan	= 3191 gr
Diameter	= 15,2 cm
Tinggi	= 17,7 cm
Volume (V)	= 3210,185 cm ³
Angka kalibrasi	= 13,7073

Data alat penumbuk :

Diameter	= 5.005 cm
Tinggi jatuh	= 30,48 cm
Berat	= 2,505 gr
Jumlah lapis	= 3
Jumlah tumbukan tiap lapis	= 56

Data Berat volume tanah :

Berat tanah + cetakan	= 7990 gr
Berat tanah (W)	= 4799 gr

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tanah basah, } \gamma_b &= \frac{W}{V} \\ &= \frac{4799}{3210,385} \\ &= 1,495 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume tanah kering, } \gamma_d &= \frac{\gamma_b}{1 + W} \\
 &= \frac{1,495}{1 + 0,3760} \\
 &= 1,086 \text{ gr/cm}^3.
 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya perhitungan parameter tanah sebelum pengujian dapat dilihat pada tabel 5.27 dibawah ini.

Tabel 5.31 Hasil parameter tanah sebelum pengujian

Berat tanah + cetakan	gr	7990
Berat tanah, (W)	gr	4799
Berat volume tanah basah, (γ_b)	gr/cm ³	1,495
Berat tanah kering, (γ_d)	gr/cm ³	1,086

Saat pengujian :

Dibawah ini adalah Perhitungan untuk penetrasi 0,025 dan 0,050 inc.

Diketahui :

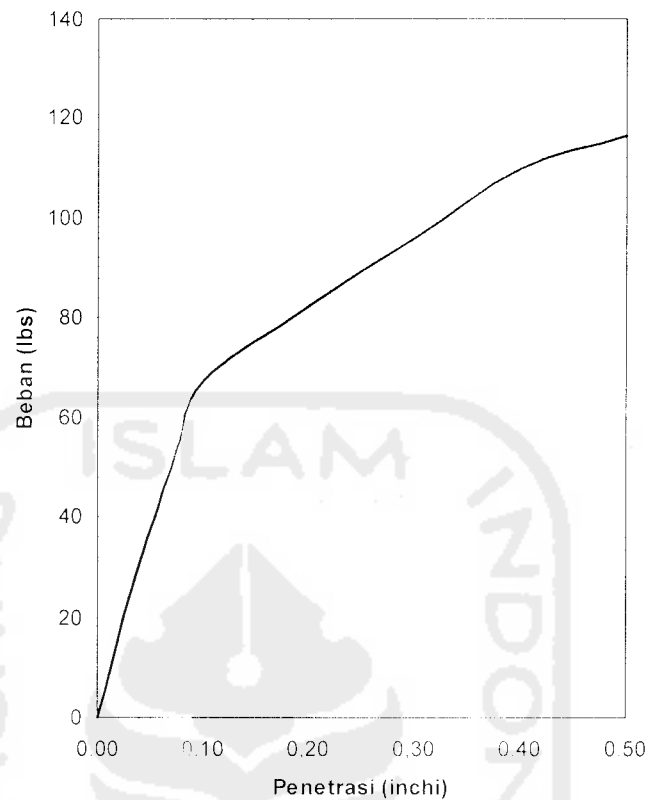
Dial reading :

- Penetrasi 0,025 :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban (lbs)} &= \text{Pembacaan dial} \times \text{kalibrasi} \\
 &= 2,1 \times 13,69 \\
 &= 28,77 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$

Penetrasi 0,025 :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Beban (lbs)}}{3} \\
 &= \frac{28,77}{3} \\
 &= 9,59 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.16 Grafik hubungan beban dan penetrasi uji CBR

Nilai CBR :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Penetrasi } 0.1'' &= \frac{\text{Tekanan terkoreksi}}{3 \times 1000} \times 100\% \\
 &= \frac{67.13}{3 \times 1000} \times 100\% \\
 &= 2.24 \% \\
 \text{b. Penetrasi } 0.2'' &= \frac{\text{Tekanan terkoreksi}}{3 \times 1500} \times 100\% \\
 &= \frac{82.2}{3 \times 1500} \times 100\% \\
 &= 1.83 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil penetrasi CBR terkoreksi didapatkan hasil :

- Penetrasi 0.1'' : 2.24%

- Penetrasi 0,2" : 1,83%

Setelah pengujian

Data Kadar air tanah :

Kadar air tanah rata-rata (w_r) setelah pengujian : 31,37 %.

Perhitungan untuk pengujian CBR Variasi Campuran Tanah Lempung 90% dan Pasir 10% adalah sebagai berikut :

Sebelum pengujian

Diketahui :

Data cetakan :

Berat jenis tanah	= 2,03
Berat cetakan	= 3191 gr
Diameter	= 15,2 cm
Tinggi	= 17,7 cm
Volume (V)	= 3210,185 cm ³
Angka kalibrasi	= 13,69

Data alat penumbuk :

Diameter	= 5.005 cm
Tinggi jatuh	= 30,48 cm
Berat	= 2,505 gr
Jumlah lapis	= 3
Jumlah tumbukan tiap lapis	= 56

Data Berat volume tanah :

Berat tanah + cetakan	= 8045 gr
Berat tanah (W)	= 4854 gr

$$\begin{aligned} \text{Berat volume tanah basah, } \gamma_b &= \frac{W}{V} \\ &= \frac{4854}{3210,185} \\ &= 1,512 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat volume tanah kering, } \gamma_d &= \frac{\gamma_b}{1 + W} \\
 &= \frac{1,512}{1 + 0,376} \\
 &= 1,099 \text{ gr/cm}^3.
 \end{aligned}$$

Untuk lebih jelasnya perhitungan parameter tanah sebelum pengujian dapat dilihat pada tabel 5.32 berikut ini.

Tabel 5.32 Hasil parameter tanah sebelum pengujian

Berat + cetakan	gr	8045
Berat tanah (W)	gr	4854
Berat volume tanah basah (γ_b)	gr/cm ³	1,512
Berat volume tanah kering (γ_d)	gr/cm ³	1,099

Saat pengujian :

Dibawah ini adalah Perhitungan untuk penetrasi 0,025 dan 0,050 inc.

Diketahui :

Dial reading :

- Penetrasi 0,025 :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban (lbs)} &= \text{Pembacaan dial} \times \text{kalibrasi} \\
 &= 2,4 \times 13,69 \\
 &= 32,88 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$

Penetrasi 0,025 :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Beban (lbs)}}{3} \\
 &= \frac{32,88}{3} \\
 &= 10,96 \text{ lbs}
 \end{aligned}$$

- Penetrasi 0,050 :

$$\text{Beban (lbs)} = \text{Pembacaan dial} \times \text{kalibrasi}$$

$$= 3,3 \times 13.69$$

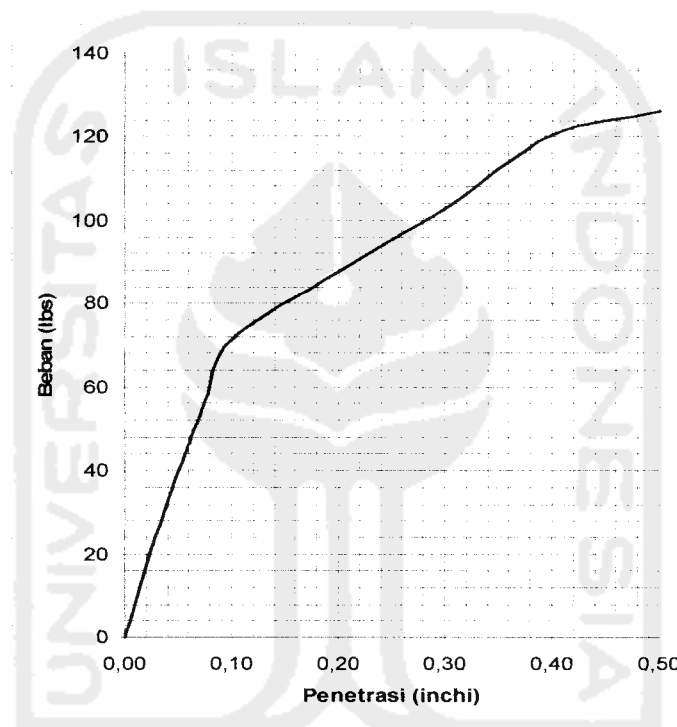
$$= 45,21 \text{ lbs}$$

Penetrasi 0,050 :

$$= \frac{\text{Beban (lbs)}}{3}$$

$$= \frac{45,21}{3}$$

$$= 15,07 \text{ lbs}$$



Gambar 5.17 Grafik hubungan antara beban dan penetrasi uji CBR

Nilai CBR :

$$\text{a. Penetrasi } 0,1'' = \frac{\text{Tekanan terkoreksi}}{3 \times 1000} \times 100\%$$

$$= \frac{71,24}{3 \times 1000} \times 100\%$$

$$= 2,375 \%$$

$$\begin{aligned}
 \text{b. Penetrasi } 0,2'' &= \frac{\text{Tekanan terkoreksi}}{3 \times 1500} \times 100\% \\
 &= \frac{87,68}{3 \times 1500} \times 100\% \\
 &= 1,948 \%
 \end{aligned}$$

Dari hasil penetrasi CBR terkoreksi didapatkan hasil :

- Penetrasi 0,1'' : 2,375 %
- Penetrasi 0,2'' : 1,948 %

Setelah pengujian

Data Kadar air tanah :

Kadar air tanah rata-rata (w_r) setelah pengujian : 38,307 %.

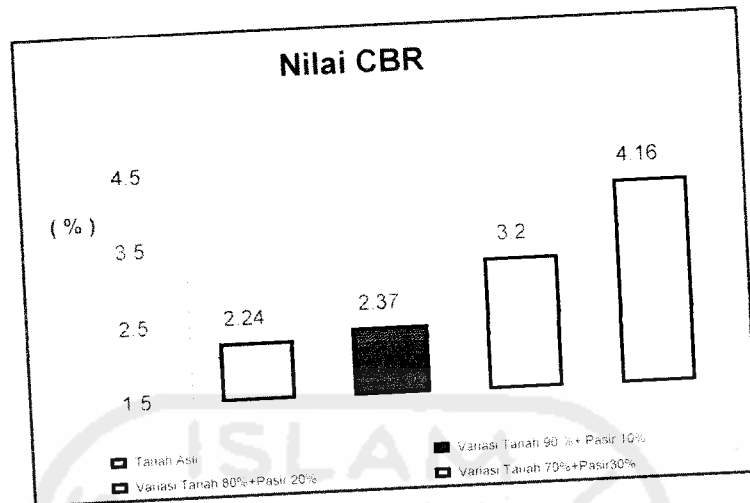
Pada percobaan selanjutnya untuk mendapatkan nilai penetrasi 0,1'' pada sampel 3 dan sampel ke 4 secara analitis dilakukan perhitungan seperti contoh diatas. Selanjutnya dibuat tabel hasil pengujian CBR yang dapat dilihat pada Tabel 5.33 dibawah ini.

Tabel 5.33 Hasil nilai penetrasi uji CBR sampel I, II, III, IV

Percobaan	Jenis sampel benda uji	Nilai
		(%)
1	Tanah asli 1	2,24
2	Tanah 90% + Pasir 10%	2,37
3	Tanah 80% + Pasir 20%	3,2
4	Tanah 70% + Pasir 30%	4,16

Tabel 5.20 Nilai Cc, Cv dan $\sqrt{t_{90}}$ tanah asli sampel I, II dan III

Beban	Sampel I			Sampel II			Sampel III			Rata-rata		
	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv	Cc	$\sqrt{t_{90}}$	Cv
	0,25	0,138	8,34	0,0007849	0,241	4,67	0,000648	0,329	8,72	0,00018587	0,236	7,2433333
0,5	0,212	11,46	0,00039251	0,222	6,33	0,00034	0,18	3,05	0,00144177	0,20466667	6,9466667	0,00072467
1	0,235	8,65	0,00065114	0,336	9	0,000156	0,398	3,4	0,00106689	0,323	7,0166667	0,00062469
2	0,262	6,87	0,00095825	0,319	6,81	0,000248	0,261	4,04	0,00068394	0,28066667	5,9066667	0,00063015
4	0,597	6,9	0,00087149	0,318	6,57	0,000238	0,259	4,16	0,00057205	0,39133333	5,8766667	0,0005604
8	0,24	6	0,00104692	0,289	6,95	0,000189	0,247	4,58	0,00042697	0,25866667	5,8433333	0,00055415
16	0,048	5,19	0,0012702	0,164	7,1	0,00016	0,086	4,12	0,00047619	0,09933333	5,47	0,00063553



Gambar 5.18 Perbandingan nilai CBR antara variasi campuran tanah

Dari hasil perhitungan diatas maka terlihat dalam gambar 5.18 nilai CBR semakin besar yang nilai CBR terbesar yaitu pada” variasi tanah lempung 70% + pasir 30% dengan nilai 4,16 %.