

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil dari masing-masing pengujian yang telah dilakukan. Pembahasan meliputi hasil pengujian sifat fisik yaitu pengujian kadar air, berat jenis, batas-batas *atterberg*, analisis saringan dan hasil analisis pengujian mekanik yang berupa pengujian pemadatan, pengujian *CBR*, pengujian pengembangan dan kuat tekan bebas. Pengujian – pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Pogram Studi Teknik Sipil, FTSP UII.

5.1.1 Pengujian Sifat Fisik Tanah

Pengujian sifat fisik tanah yaitu bertujuan untuk mengetahui mulai dari kadar air dilapangan, kadar air optimum, berat volume kering maksimum, serta klasifikasi jenis tanah. Pengujian sifat fisik tanah asli meliputi beberapa pengujian yaitu kadar air, berat volume, berat jenis, batas-natas *atterberg*, dan analisis saringan.

1. Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air menggunakan dua buah sampel, kemudian dari kedua sampel diperoleh nilai kadar air rata-rata. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kadar air sampel tanah yang akan di uji.

Contoh perhitungan kadar air (w) sampel 1 menggunakan Persamaan 3.1.

$$w = \frac{Ww}{Ws} = \frac{W2-W3}{W3-W1}$$

$$w = \frac{31,59 - 29,28}{29,28 - 12,64} \times 100 = 13,88\%$$

Hasil pengujian kadar air tanah di atas (w) didapatkan nilai dari kadar air tanah Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman sebesar 13,88%. Tabel dan hasil perhitungan kadar air dapat dilihat pada Lampiran halaman 69 dan 70.

2. Pengujian Berat Volume

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah. Berat volume tanah (γ) adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung di dalamnya dengan volume tanah total tersebut.

Contoh perhitungan pengujian berat volume (γ) sampel 1, menggunakan urutan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{W}{V} = \frac{W_2 - W_1}{V} = \frac{W_3}{V} \\ \text{Volume ring} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 5,05^2 \times 2,34 \\ &= 46,87 \text{ cm}^3 \\ \text{Berat tanah basah (W3)} &= W_2 - W_1 \\ &= 107,58 - 36,26 \\ &= 71,32 \text{ gram} \\ \text{Berat volume tanah } (\gamma_{\text{Unsat}}) &= \frac{W_3}{V} \\ &= \frac{71,32}{46,87} \\ &= 1,52 \text{ gram/cm}^3 \end{aligned}$$

Hasil pengujian diatas diketahui bahwa berat volume tanah rata-rata berasal dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman sebesar 1,52 gram/cm³. Hasil perhitungan berat volume tanah asli dapat dilihat pada lampiran halaman 71 dan 72.

3. Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis tanah dilakukan untuk menentukan kepadatan massa butiran atau partikel tanah yaitu perbandingan antara berat butiran tanah dan berat air suling dengan volume yang sama pada temperature tertentu. Temperature tertentu yang biasa digunakan yaitu pada suhu 27,5° C.

Contoh perhitungan berat jenis (G_s) sampel 1, menggunakan Persamaan 3.2.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat tanah kering } (W_s) &= W_2 - W_1 \\
 W_{s1} &= 78,32 - 40,08 \\
 &= 38,26 \text{ gr} \\
 \text{b. } A_1 &= (W_s + W_4) \\
 &= 38,26 + 140,35 \\
 &= 178,61 \text{ gr} \\
 I_1 &= (A_1 - W_3) \\
 &= 178,61 - 164,1 \\
 &= 14,51 \text{ gr} \\
 \text{c. Berat jenis tanah pada suhu } (t^\circ C), \text{ rumus : } G_s(t^\circ C) &= \frac{W_s}{I} \\
 G_{s1}(26^\circ C) &= \frac{38,26}{14,51} = 2,64 \\
 \text{d. Berat jenis tanah pada suhu } (27,5^\circ C), \text{ rumus :} \\
 G_s(27,5^\circ C) &= G_s(t^\circ C) \times \frac{(\gamma_w(t^\circ C))}{(\gamma_w(27,5^\circ C))} \\
 G_{s1}(27,5^\circ C) &= 2,64 \times \frac{0,9968}{0,9964} = 2,64 \\
 \text{e. Berat jenis rata-rata } G_{srt} (27,5^\circ C) \\
 G_{srt} &= 2,64 + 2,64 \\
 &= 2,64
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian diatas diketahui bahwa berat jenis rata-rata tanah yang berasal dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman sebesar 2,64 gr/cm³. Tabel dan hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran halaman 73 dan 74.

4. Pengujian Batas Cair

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas cair tanah. Batas cair tanah adalah kadar air tanah dalam keadaan batas antara air dan plastis. Pengujian ini untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat tanah dari bagian tanah yang mempunyai ukuran butir lolos saringan no 40.

Contoh perhitungan pengujian batas cair tanah sampel 1, menggunakan urutan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat air} &= W_2 - W_3 \\
 W_1 &= 21,90 - 19,29 \\
 &= 6,49 \text{ gr} \\
 \text{b. Berat tanah kering (} W_s \text{)} &= W_2 - W_1 \\
 W_{s1} &= 19,29 - 12,80 \\
 &= 6,49 \text{ gr} \\
 \text{c. Kadar air} &= \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\% \\
 &= \frac{2,61}{6,49} \times 100\% \\
 &= 40,22\%
 \end{aligned}$$

Diketahui hasil dari pengujian diatas bahwa batas cair Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman sebesar 40,22%. Jumlah pukulan pada sampel 1 yaitu sebanyak 10 pukulan dengan nilai batas cair rata-rata sebesar 40,68%. Tabel perhitungan dan grafik lengkap bisa dilihat pada lampiran halaman 75 sampai 78.

5. Pengujian Batas Plastis

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan kadar air pada kondisi batas plastis. Batas plastis adalah kadar air minimum suatu sampel tanah dalam keadaan plastis (kadar air peralihan dari kondisi semi solid ke kondisi plastis). Contoh perhitungan pengujian batas plastis tanah sampel 1, menggunakan urutan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat air} &= W_2 - W_3 \\
 W_1 &= 13,93 - 13,80 \\
 &= 0,13 \text{ gr} \\
 \text{b. Berat tanah kering (} W_s \text{)} &= W_2 - W_1 \\
 W_{s1} &= 13,93 - 12,85 \\
 &= 0,95 \text{ gr} \\
 \text{c. Kadar air} &= \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat tanah kering}} \times 100\% \\
 &= \frac{0,13}{0,95} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 13,91\%$$

Diketahui hasil dari pengujian diatas bahwa batas plastis Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman sebesar 13,91%. Nilai dari batas cair rata-rata batas plastis sebesar 13,91%. Tabel perhitungan dan grafik lengkap bisa dilihat pada lampiran halaman 75 sampai 78.

6. Pengujian Batas Susut

Tujuan dari pengujian batas susut adalah 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 semi solid dan solid (kadar air pada tanah yang diberi penambahan air dan tanah, volumenya mulai berubah).

Contoh perhitungan pengujian batas susut tanah sampel 1, menggunakan urutan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat tanah kering (W}_0\text{)} &= W_2 - W_1 \\
 &= 60,29 - 38,01 \\
 &= 22,28 \text{ gr} \\
 \text{b. Kadar air (w)} &= \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\% \\
 &= \frac{68,26 - 60,29}{60,29 - 38,01} \times 100\% \\
 &= 35,77\% \\
 \text{c. Volume tanah kering (V}_0\text{)} &= \frac{\text{Berat Air Raksa}}{13,6} \\
 &= \frac{138,75}{13,6} \\
 &= 10,20 \text{ cm}^3 \\
 \text{d. Batas susut tanah (SL)} &= \left(\frac{\text{volume tanah kering}}{\text{berat tanah kering}} \right) - \left(\frac{1}{2,598} \right) \times 100\% \\
 &= \left(\frac{10,20}{22,28} \right) - \left(\frac{1}{2,598} \right) \times 100\% \\
 &= 7,31\%
 \end{aligned}$$

Hasil pengujian ini telah diketahui bahwa nilai batas susut tanah Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman sebesar 7,31%. Diketahui nilai dari pengujian ini yaitu untuk batas cair (LL) sebesar 37,97%,

batas plastis (*PL*) sebesar 13,91% dan batas susut (*SL*) sebesar 8,19%. Tabel perhitungan dan grafik lengkap bisa dilihat pada lampiran halaman 79 dan 80.

7. Pengujian Analisa Saringan Dan Analisis Hidrometer

Dilihat secara fisik tanah dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman memiliki bentuk yang halus dan lanau. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui jenis tanah tersebut dengan cara uji analisis granuler (uji analisis saringan dan uji analisis hidrometer).

Uji analisis saringan tujuannya untuk menentukan persentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no 200 dan untuk menentukan pembagian butir-butir tanah (gradasi) agregat halus dan agregat kasar. Pengujian analisis hidrometer adalah untuk menentukan distribusi ukuran butir-butir tanah yang tidak mengandung butir tanah saringan no 10, pengujian ini dilakukan dengan cara analisa sedimen menggunakan hidrometer.

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1, Tabel 5.2, Tabel 5.3, dan Gambar 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Analisis Saringan

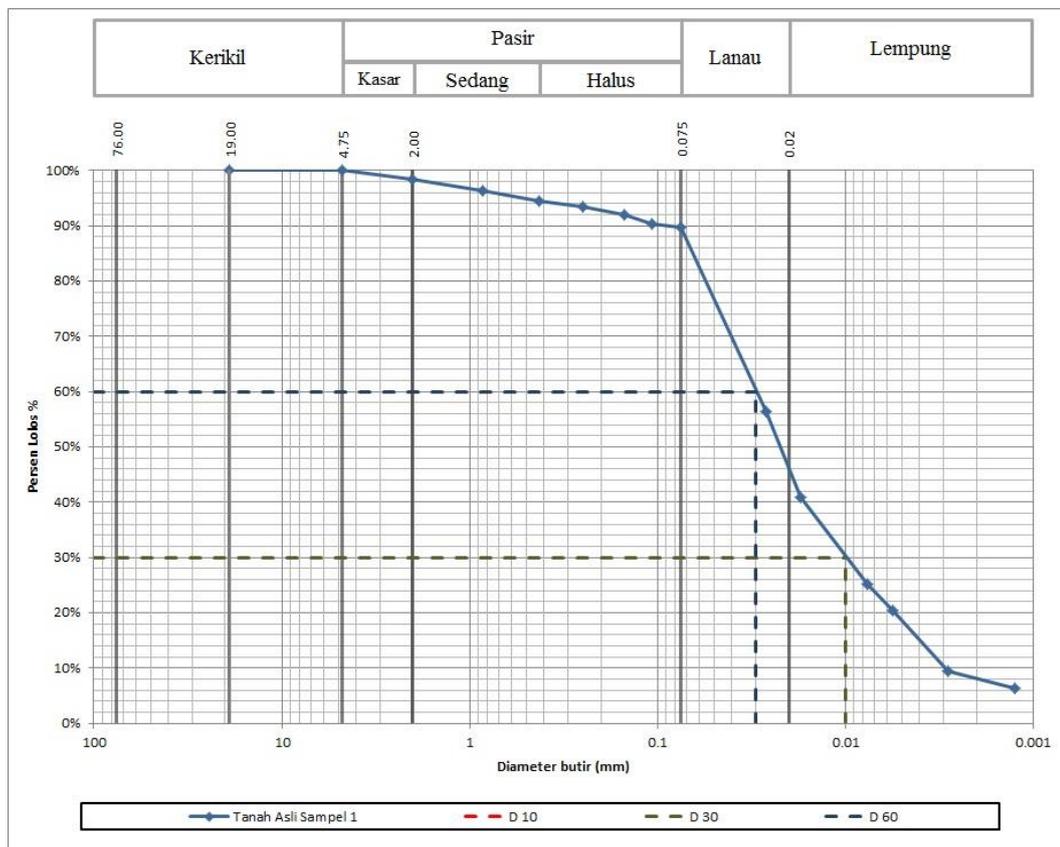
No Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)
4	4,750	0	993,71	0,00	100,00
10	2,000	16,93	976,78	1,70	98,30
20	0,850	20,41	956,37	2,05	96,24
40	0,425	17,53	938,84	1,76	94,48
60	0,250	10,08	928,76	1,01	93,46
100	0,149	15,46	913,30	1,56	91,91
140	0,106	16,50	896,80	1,66	90,25
200	0,075	6,02	890,78	0,61	89,64

Tabel 5.1 Lanjutan Hasil Pengujian Analisis Saringan

No Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	Tertahan (%)	Lolos (%)
Pan		890,78	0,00	89,64	0,00
	Jumlah	993,71	0,00	100,00	0,00

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Analisis Saringan

Waktu	Temperatur	Pembacaan Hidrometer	Pembacaan Hidrometer terkoreksi	Pembacaan Hidrometer oleh (m)	Kedalaman	L/t	Konstata	Diameter butir	Lolos
t	T	Ra	Rc	R'	L		K	D	
menit	°C		(Ra-z)	(Ra+m)	cm			mm	%
0	26	50	52	53	7,8	0,00000	0,01291	0,00000	83,14
2	26	33	35	36	8,4	4,20000	0,01291	0,02646	56,47
5	26	23	25	26	8,9	1,78000	0,01291	0,01722	40,79
30	26	13	15	16	10,4	0,34667	0,01291	0,00760	25,10
60	26	10	12	13	11,2	0,18667	0,01291	0,00558	20,39
250	26	3	5	6	12,2	0,04880	0,01284	0,00284	9,41
1440	26	1	3	4	13,7	0,00951	0,01284	0,00125	6,27



Gambar 5.1 Grafik Hubungan Pengujian Analisis Saringan dan Analisis Hidrometer

Tabel 5.3 Persentase Analisis Butiran, Koefisien Keseragaman (C_u), dan Koefisien Gradasi (C_c) Tanah Asli

Klasifikasi Tanah Butiran	Persen Butiran
Lolos # 200	89.64%
Kerikil	0.00%
Pasir	10.36%
Lanau	48.85%
Lempung	40.79%
D10 (mm)	-
D30 (mm)	0.0100
D60 (mm)	0.0300
$C_u = D_{60}/D_{10}$	-
$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$	-

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui tanah sampel yang berasal dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman berjenis lanau kelempungan. Tabel perhitungan dan grafik lengkap bisa dilihat pada lampiran halaman 81 dan 82.

8. Pengujian Pematatan Tanah (*Proctor Standart*)

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kadar air dengan berat volume tanah yang akan di uji, kegunaannya untuk menentukan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content*) dan kepadatan maksimum dari sampel tanah lempung yang di uji.

Pengujian laboratorium dilakukan dengan cara penambahan air pada tanah asli dengan beberapa interval sehingga didapatkan kadar air optimum dan volume kering maksimum. Jika penambahan air pada interval tertentu membuat sampel mengalami penurunan, itu disebabkan oleh rongga pori yang sebelumnya terisi butiran-butiran tanah padat diisi oleh air.

Contoh perhitungan berat volume tanah basah pada proctor standar,

menggunakan persamaan 3.4 : $\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V_o}$

$$1. \text{ Berat volume tanah basah } \gamma = \frac{W_2 - W_1}{V_o}$$

$$= \frac{3490 - 1640}{932,34}$$

$$= 1,76 \text{ gr/cm}^3$$

Hasil perhitungan lengkap berat volume tanah basah setiap interval pada proktor standar dapat dilihat pada lampiran halaman 83 sampai 87.

Menentukan hubungan kadar air dan berat volume untuk mengevaluasi tanah agar memenuhi persyaratan kepadatan, terdapat satu nilai kadar air optimum tertentu untuk mencapai berat volume kering maksimumnya. (*Proctor, 1933*)

Nilai berat volume kering (γ_d) adalah nilai dari berat volume basah (γ_b) dengan kadar air (w) yang dapat dinyatakan dalam Persamaan 3.5: $\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + \frac{w}{100}}$

Contoh perhitungan Berat Volume Tanah Kering (γ_d)

$$a. \text{ Kadar Air } (w) = \left[\frac{W_w}{W_s} \times 100 \% \right] / \left[\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \% \right]$$

$$\text{Cawan a } (w_1) = \left[\frac{1,47}{20,78} \times 100 \% \right] = 7,07 \%$$

$$\text{Cawan b } (w_2) = \left[\frac{1,87}{19,25} \times 100 \% \right] = 9,71 \%$$

$$b. \text{ Kadar air rata-rata} = \left[\frac{w_1 + w_2}{2} \right]$$

$$= \frac{7,07 + 9,71}{2}$$

$$= 8,39 \%$$

$$c. \text{ Berat volume tanah kering } (\gamma_d) = \frac{\gamma}{1 + w}$$

$$= \frac{1,76}{1 + 0,0839}$$

$$= 1,62 \text{ gr/cm}^3$$

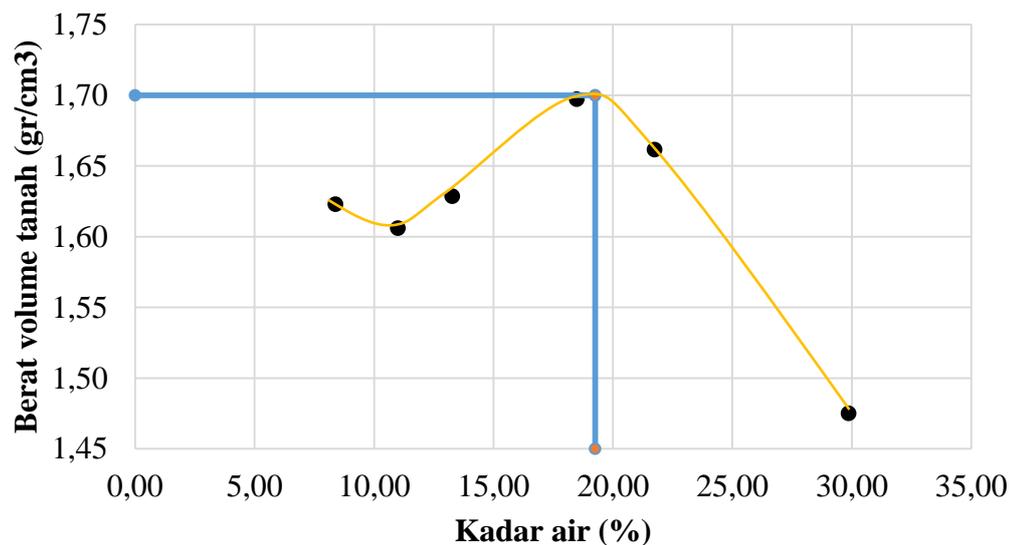
Perhitungan diatas dapat diketahui rekapitulasi perhitungan kadar air rata-rata dan berat volume kering setiap sampel interval penambahan air (sampel 1 = 50 ml, sampel 2 = 100 ml, sampel 3 = 200 ml, sampel 5 = 300 ml dan sampel 6 = 400 ml) seperti pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Nilai Kadar Air Rata-Rata (w) dan Berat Volume Kering (γ_d)
Pengujian Proktor Standar

Sampel	1	2	3	4	5	6
Kadar air rata-rata (%)	8,39	11,01	13,29	18,49	21,76	29,88
Berat volume kering (gr/cm ³)	1,62	1,61	1,63	1,70	1,66	1,47

Analisis dan tabel hasil perhitungan pengujian proktor standar secara lengkap dapat dilihat pada lampiran halaman 83 sampai 87.

Hasil dari perhitungan di atas, maka diperoleh nilai OMC dan MDD dari hasil grafik hubungan kadar air (%) dengan nilai kepadatan, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 5.2 berikut ini.



Gambar 5.2 Grafik Hasil Pemadatan Proktor Standar Tanah Asli

Pada grafik diatas dapat dilihat hubungan kadar air rata-rata (w) dan berat volume kering (γ_d) menghasilkan:

Kadar air optimum : 19,25 %

Berat volume kering maksimum : 1,70 gr/cm³

5.1.2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli

Rekapitulasi hasil pengujian fisik tanah asli yang berasal dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli

No.	Pengujian	Hasil	Satuan
1	Kadar Air	14,24	%
2	Berat Volume Basah	1,52	gr/cm ³
3	Berat Jenis (G_s)	2,64	
4	Uji Proktor Standar		

Tabel 5.5 Lanjutan Rekapitulasi Hasil Pengujian Fisik Tanah Asli

No.	Pengujian	Hasil	Satuan
	Kadar air optimum	19,25	%
	Berat Volume Kering Maksimal	1,70	gr/cm ³

5.2 Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengujian *CBR* bertujuan untuk mendapatkan nilai *CBR*, yaitu perbandingan antara beban penetrasi tanah asli dari lokasi Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Slemanyang dicampur dengan limbah karbit dan serat bambu dibandingkan dengan bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Pada pengujian *CBR* ini dilakukan dengan standar *ASTM D 1883*, dengan penetrasi yang dipakai mendekati 1,27 mm (0,005 inc). Pembacaan pembebanan pada dial alat uji *CBR* dengan interval penetrasi 0,025 (0,64 mm), sehingga mencapai penetrasi (12,4 mm). Perhitungan nilai *CBR* pada penetrasi 0,1 inchi menggunakan beban standar 70,31 (1000 psi) dan pada penetrasi 0,2 inchi menggunakan beban standar 105,47 kg (1500 psi). Jika ada koreksi grafik, beban yang dipakai adalah beban yang sudah di koreksi, yaitu pada penetrasi 2,54 mm (0,1 inc) dan 5,08 mm (0,2 inc).

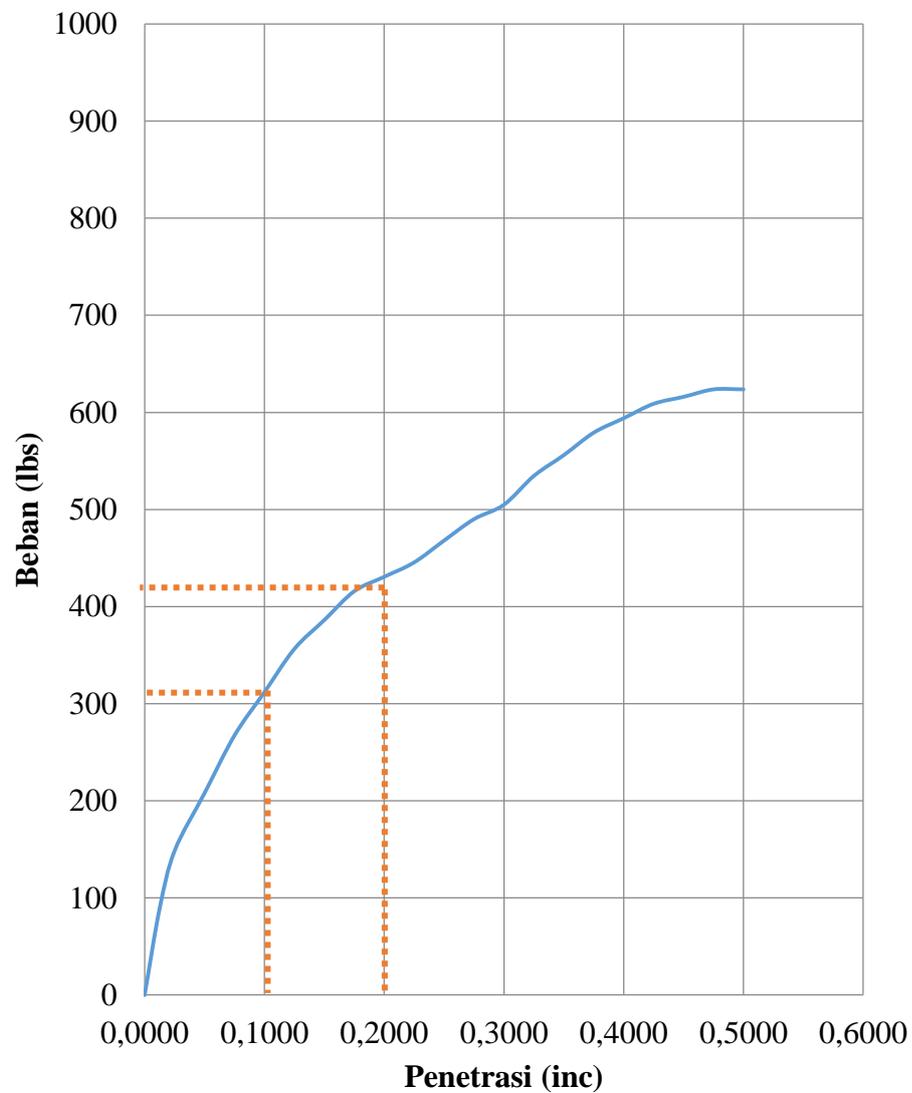
Jika ada koreksi grafik, maka beban yang dipakai adalah beban yang sudah dikoreksi pada 2,54 mm (0,1 inch) dan 5,08 mm (0,2 inch). Bila nilai *CBR* pada penetrasi 0,1 inch lebih kecil dari pada penetrasi 0,2 inch maka percobaan pengujian harus diulang, karena pada umumnya nilai *CBR* yang diambil pada penerasi 0,1 inch.

Pengujian *CBR* ini dibagi menjadi dua yaitu pengujian *CBR* tanpa rendaman (*Unsoaked*) dan *CBR* rendaman (*Soaked*). Sebelum sampel tanah pengujian *CBR* tanpa rendaman (*Unsoaked*) dilakukan terlebih dahulu pemadatan sebanyak 56 kali perlapis. Jika sudah didapat hasil *CBR* maksimum, maka dilakukan pengujian *CBR* rendaman (*Soaked*) selama 4 hari untuk mengetahui nilai pengembangan (*swelling*) yaitu nilai perbandingan antara perubahan nilai tinggi terhadap nilai tinggi semula

dan dinyatakan dalam persen. Selesai direndam, maka dapat dilakukan pengujian *CBR*.

5.2.1 Contoh Analisis Pengujian *CBR*

Stabilisasi suatu tanah dapat dilihat dari nilai *CBR*. Pengujian *CBR* tanah sekarang dilakukan dengan standar waktu pemeraman 0 dan 7 hari. Sebagai contoh perhitungan *CBR* dengan standar *ASTM D 1883* dapat dilihat pada hasil pengujian tanah asli sampel 1 pada Gambar 5.3 berikut.



Gambar 5.3 Grafik Pengujian *CBR Unsoaked* Tanah Asli Sampel 1

Tabel 5.6 Hasil Pembacaan Pengujian *CBR (Unsoaked)* Tanah Asli Sampel 1

penetrasi		pembacaan dial	beban	beban koreksi grafik
(inc)	(mm)	(div)	(lbs)	(lbs)
0,0000	0,00	0	0,00	0,00
0,0125	0,32	3	89,10	89,10
0,0250	0,64	5	148,50	148,50
0,0500	1,27	7	207,90	207,90
0,0750	1,91	9	267,30	267,30
0,1000	2,54	10,5	311,85	311,85
0,1250	3,18	12	356,40	356,40
0,1500	3,81	13	386,10	386,10
0,1750	4,45	14	415,80	415,80
0,2000	5,08	14,5	430,65	430,65
0,2250	5,72	15	445,50	445,50
0,2500	6,35	15,5	460,35	468,00
0,2750	6,99	16,5	490,05	490,05
0,3000	7,62	17	504,90	504,90
0,3250	8,26	18	534,60	534,60
0,3500	8,89	19	564,30	556,00
0,3750	9,53	19,5	579,15	579,15
0,4000	10,16	20	594,00	594,00
0,4250	10,80	20,5	608,85	608,85
0,4500	11,43	21	623,70	616,00
0,4750	12,07	21	623,70	623,70
0,5000	12,70	21	623,70	623,70

Nilai *CBR* pada penetrasi 0,1 inch dan penetrasi 0,2 inch dapat dihitung dengan perhitungan Persamaan (3.6 dan 3.7), dan didapatkan hasil berikut.

$$CBR_{0,1"} = \frac{311,85}{1000} \times 100\% = 10,40\% \qquad CBR_{0,2"} = \frac{430,65}{1500} \times 100\% = 9,57\%$$

Perhitungan diatas didapatkan hasil nilai *CBR* 0,1 inch sebesar 10,40% dan nilai *CBR* 0,2 sebesar 9,57%. Nilai *CBR* yang diambil adalah nilai penetrasi 0,1 inch sebesar 10,40%.

5.2.2 Hasil Pengujian CBR

Pengujian *CBR* tanah pada penelitian ini dilakukan dengan waktu pemeraman 0 dan 7 hari untuk semua variasi *CBR Unsoaked* dan pada *CBR Soaked* dilakukan perendaman 4 hari setelah pemeraman. Stabilisasi yang digunakan stabilisasi kimia, dimana tanah yang dicampurkan bahan *stabilizer* limbah karbit dan serat bambu pada prosentasi tertentu. Penambahan prosentase yang digunakan yaitu limbah karbit : serat bambu dengan variasi (12% + 0%), (12% + 0,6%) dan (12% + 1,2%).

Pengujian *CBR* tanpa rendaman (*Unsoaked*) dilakukan pada semua variasi campuran sedangkan untuk *CBR* rendaman (*Soaked*) dilakukan hanya pada variasi paling optimum dan variasi penambahan bahan limbah karbit tanpa serat bambu. Tujuan dari pengujian *CBR Soaked* pada variasi optimum adalah untuk mengetahui seberapa besar nilai *CBR* dilapangan setelah dilakukan pemadatan yang berubah karena factor cuaca sebagai contoh hujan, kemarau dan sebagainya, sedangkan pengujian pada variasi hanya dengan penambahan bahan limbah karbit tanpa serat bambu untuk mengetahui seberapa besar peran limbah karbit dalam stabilisasi ketika belum dicampur dengan serat bambu.

Hasil rekapitulasi pengujian *CBR Unsoaked* dan *Soaked* yang berasal dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman dapat dilihat pada Tabel 5.7 sampai 5.9 berikut ini.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian *CBR* Tanah Asli

Sampel		Nilai <i>CBR</i> (%)	
		1	2
Tanah Asli	<i>CBR</i>	10,40	10,89
	Rata- Rata	10,64	

Tabel 5.8 Hasil *CBR Unsoaked* dengan Limbah Karbit 12% dan Variasi Serat Bambu

Lama Pemeraman (Hari)	Variasi Serat Bambu (%)							
	0		0,6		0,9		1,2	
	1	2	1	2	1	2	1	2
0	26,57	29,07	28,71	30,69	33,33	34,65	41,58	46,53
Rata-rata	27,82		29,70		33,99		44,06	
7	44,00	45,51	47,52	49,5	60,39	64,43	73,26	77,33
Rata-rata	44,76		48,51		62,41		75,3	

Tabel 5.9 Hasil *CBR Soaked* (Pemeraman 7 Hari) dengan Limbah Karbit 12% dan *CBR Optimum*

Kadar Variasi Serat Bambu (%)	Nilai <i>CBR</i> (%)	
	1	2
0	42,57	38,61
Rata-rata	40,59	
1,2	67,32	69,3
Rata-rata	68,31	

Hasil pengujian *CBR Unsoaked* dan *Soaked* di laboratorium bias dilihat secara lengkap pada lampiran halaman 89 sampai 112.

5.3 Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Pengujian pengembangan (*Swelling*) bertujuan untuk mendapatkan nilai persen pengembangan pada sampel pengujian yang telah di stabilisasi dengan bahan *stabilizer* dan dilakukan perendaman selama 4 hari. Tanah yang di stabilisasi

dengan bahan tambah limbah karbit dengan campuran serat bambu yaitu tanah dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman.

5.3.1 Contoh Analisis Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Nilai pengembangan didapatkan dari perbandingan antara penambahan tinggi sampel yang direndam selama 4 hari dengan tinggi awal sebelum direndam. Nilai perbandingan tersebut dinyatakan dalam persen dan dapat dihitung dengan persamaan 3.8.

Contoh perhitungan pada sampel tanah asli ditambah limbah karbit sampel 1 rendaman hari 1 sebagai berikut.

$$S_w = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$$

$$S_w = \frac{0,0}{12,77} \times 100\%$$

$$S_w = 0 \%$$

Pengujian *Swelling* dilakukan pada sampel tanah asli ditambah limbah karbit 12% dan sampel variasi *CBR* optimum yaitu limbah karbit 12% + serat bambu 1,2% dengan lama pemeraman yang sama (7 hari) sebelum dilakukan perendaman selama 4 hari.

5.3.2 Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Hasil pengujian *swelling* tanah yang berasal dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman dapat dilihat pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*) dengan Limbah Karbit 12% Pemeraman 7 Hari

Variasi Campuran Serat Bambu	Nilai <i>swelling</i> (%) hari ke-			
	1	2	3	4
Tanah Asli	2,35	5,1	6,86	8,8
0	0,0	0,0	0,39	0,39
1,2	0,0	0,39	1,17	1,95

Hasil perhitungan pengembangan (*Swelling*) secara lengkap dapat dilihat pada lampiran halaman 113 sampai 117.

5.4 Pengujian Kuat Tekan Bebas

Pengujian ini tujuannya untuk mengetahui kuat geser tanah kohesif secara sederhana. Benda uji berbentuk silinder dengan tinggi sekitar dua kali diameter ditempatkan pada alat tekan bebas kemudian diberi beban tekanan dengan kecepatan deformasi 1,5 mm tiap menit. Sampel yang dijadikan pengujian yaitu sampel dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman. Sampel yang digunakan telah dicampur dengan bahan *stabilizer* yaitu sampel tanah asli ditambah limbah karbit 12% dan sampel tanah asli yang ditambah limbah karbit 12% + serat bambu 1,2%.

Analisis pengujian tekan bebas menggunakan Persamaan 3.9 dan 3.10. Hasil pengujian tanah asli dengan bahan tambah limbah karbit dan variasi serat bambu pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Gambar 5.4 berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Bebas

Nilai Pengujian	Tanah Asli + Variasi Campuran					
	Tanah Asli		Limbah Karbit 12% + Serat Bambu 0%		Limbah Karbit 12% + Serat Bambu 1,2%	
	1	2	1	2	1	2
Kuat Tekan Bebas (q_u) (Kg/cm ²)	0,920	1,051	2,167	3,0262	4,6757	3,5501
Rata-rata	0,985		2,5968		4,1129	
Kohesi (C) (Kg/cm ²)	0,287	0,328	0,6772	0,9455	1,4609	1,109
Rata-rata	0,308		0,8113		1,2850	
Sudut Pecah (α) (°)	54	58	53	57	59	56

Tabel 5.11 Lanjutan Rekapitulasi Hasil Kuat Tekan Bebas

Nilai Pengujian	Tanah Asli + Variasi Campuran					
	Tanah Asli		Limbah Karbit 12% + Serat Bambu 0%		Limbah Karbit 12% + Serat Bambu 1,2%	
	1	2	1	2	1	2
Rata-rata	56		55		57,5	
Sudut Gesek (ϕ) ($^{\circ}$)	26	18	16	24	28	22
Rata-rata	22		20		25	

Hasil rekapitulasi diatas menunjukkan bahwa perbandingan kuat tekan bebas (q_u) Tanah asli, limbah karbit 12% + serat bambu 0% dengan limbah karbit 12% + serat bambu 1,2% berturut-turut sebesar 0,985 Kg/cm², 2,5968 Kg/cm² dan 4,1129 Kg/cm². Rekapitulasi hasil kuat tekan bebas dengan berbagai variasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran halaman 118 sampai 119.

5.5 Pembahasan

Sub bab ini akan menguraikan pembahasan mengenai klasifikasi tanah dan perbandingan dari pengujian *CBR* tanah asli, *CBR* dengan bahan tambah *stabilizer* dalam keadaan tanpa rendaman (*unsoaked*) dan rendaman (*soaked*), pengujian pengembangan (*swelling*) dan kuat tekan bebas.

5.5.1 Sifat-Sifat Fisik Dan Mekanik Tanah Lempung Asli

Berdasarkan klasifikasi *Unified Soil Classification System (USCS)* tanah dibagi ke dalam tiga kelompok besar, yaitu tanah berbutir kasar, tanah berbutir halus dan tanah organik. Klasifikasi menurut *USCS* mengusulkan agar pengklasifikasian dilakukan secara visual (*ASTM D 2488*) dengan melihat sifat-sifat dari tanah lempung. Tanah yang berasal dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman merupakan tanah lanau berlempungan yang memiliki karakteristik berwarna coklat kemerahan, mengandung pasir halus dan sedikit kerikil.

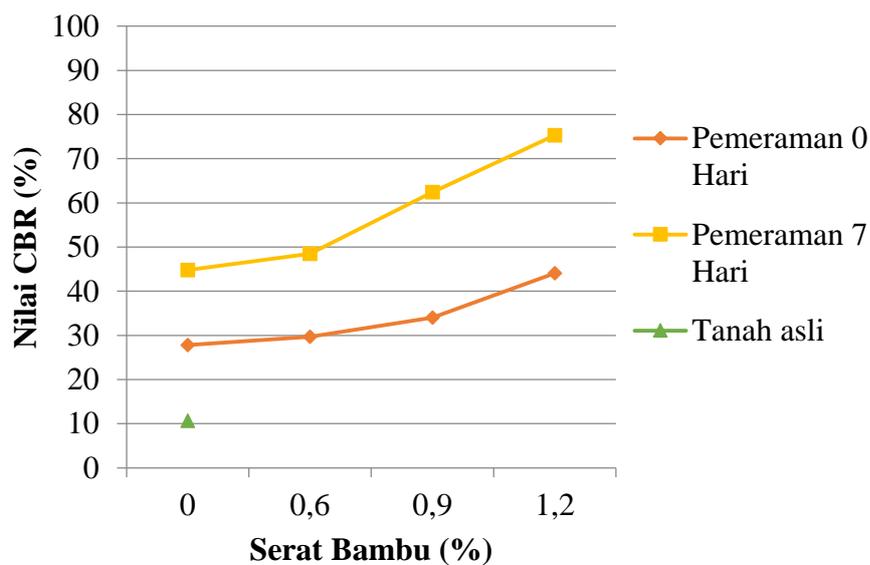
Secara umum sampel tanah yang akan diteliti memiliki kadar air sebesar 14,24%, berat volume $1,52 \text{ gr/cm}^3$ dan berat jenis sebesar 2,64. Ini menandakan tanah sangat ringan, sehingga apabila dicampur dengan air, maka tanah lempung ini akan sangat lunak. Pengklasifikasian dilakukan dengan menggunakan metode USCS. Berdasarkan nilai batas plastis 13,91% dan nilai batas cair 37,97% maka diperoleh nilai indeks plastis sebesar 24,06%.

Hasil dari klasifikasi menunjukkan bahwa tanah dari Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman masuk kedalam klasifikasi tanah berkarakteristik CL, karena nilai indeks plastisitas (PI) kurang dari 50 serta berada dalam daerah CL, maka diketahui tanah sampel bersifat lempung inorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (*clean clays*). Maksud dari lempung inorganik adalah tanah yang mengandung butiran halus dengan agregat yang berukuran mikroskopik dan tidak ada campuran bahan organik dan memiliki permeabilitas sangat rendah.

Sifat mekanik tanah asli dapat dilihat dengan menggunakan pengujian *CBR* dan nilai *swelling* pada tanah asli. Hasil *CBR* pada penelitian ini menunjukkan sebesar 10,64% pada keadaan *unsoaked* sedangkan pada keadaan *soaked* nilai *CBR* adalah sebesar 7,43%. Pembangunan jalan raya tidak selalu berada diatas tanah dasar yang relatif baik ada kemungkinan dibuat diatas tanah yang kurang baik, akibatnya tanah tersebut tidak dapat langsung dipakai sebagai lapisan (*subgrade*), oleh karena itu tanah dasar perlu dipersiapkan secara baik antara lain dengan perbaikan tanah, sehingga tanah tersebut layak digunakan sebagai tanah dasar untuk perkerasan jalan raya yaitu *CBR* 6%. Gambar 3.4 menunjukkan nilai *CBR* pada bagian *subgrade* tidak ada mengalami masalah, tetapi yang terjadi masalah yaitu pada nilai *swelling* tanah asli yang sangat besar yaitu sebesar 8,82% dan di klasifikasi DAS (1995) pada Tabel 3.3 menunjukkan bahwa pengembangan ini termasuk kategori tinggi (*High*).

5.5.2 Pengaruh Penambahan Kadar Serat Bambu Dengan Limbah Karbit 12 % Terhadap *CBR* Pada Kondisi *Unsoaked*.

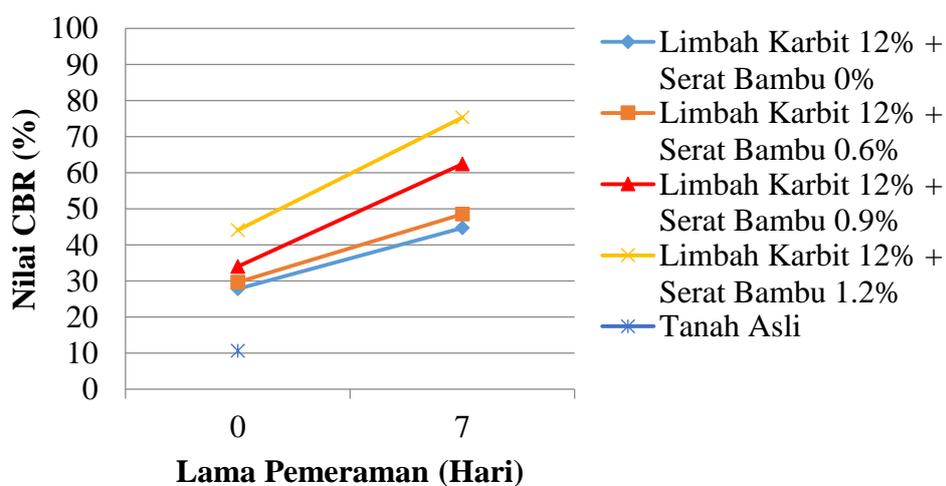
Pengujian pemadatan tanah selesai dilakukan dan didapatkan nilai kadar air optimumnya, maka setelah itu dilakukan pengujian *CBR* tanpa rendaman (*unsoaked*). Adapun sampel yang akan dilakukan pengujian yaitu tanah asli ditambah limbah karbit 12% dan variasi serat bambu (0%, 0,6%, 0,9%, 1,2%) dengan lama pemeraman 0 hari dan 7 hari. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat yang sama pada seluruh sampel. Berdasarkan pada data Tabel 5.8 berikut ini, dibuat grafik perbandingan nilai *CBR* terhadap penambahan limbah karbit dan serat bambu serta terhadap lama pemeraman dan grafik. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 berikut ini.



Gambar 5.4 Grafik Pengaruh Kadar Serat Bambu Dengan Lama Pemeraman Terhadap Nilai *CBR* Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

Tabel 5.12 Peningkatan Nilai *CBR* dari Nilai *CBR* Tanah Asli pada Pemeraman 0 Hari dan 7 Hari

Sampel	0		7	
	Nilai <i>CBR</i> (%)	Peningkatan Nilai <i>CBR</i> (%)	Nilai <i>CBR</i> (%)	Peningkatan Nilai <i>CBR</i> (%)
Tanah Asli	10,65		0	
Tanah Asli + Limbah Karbit 12% dan Serat Bambu 0%	27,82	17,17	44,76	34,11
Tanah Asli + Limbah Karbit 12% dan Serat Bambu 0,6%	29,70	19,05	48,51	35,88
Tanah Asli + Limbah Karbit 12% dan Serat Bambu 0,9%	33,99	26,23	62,41	51,76
Tanah Asli + Limbah Karbit 12% dan Serat Bambu 1,2%	44,06	33,41	75,30	64,65



Gambar 5.5 Grafik Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Nilai *CBR* Tanah dengan Limbah Karbit 12% dan Variasi Serat Bambu pada Kondisi Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

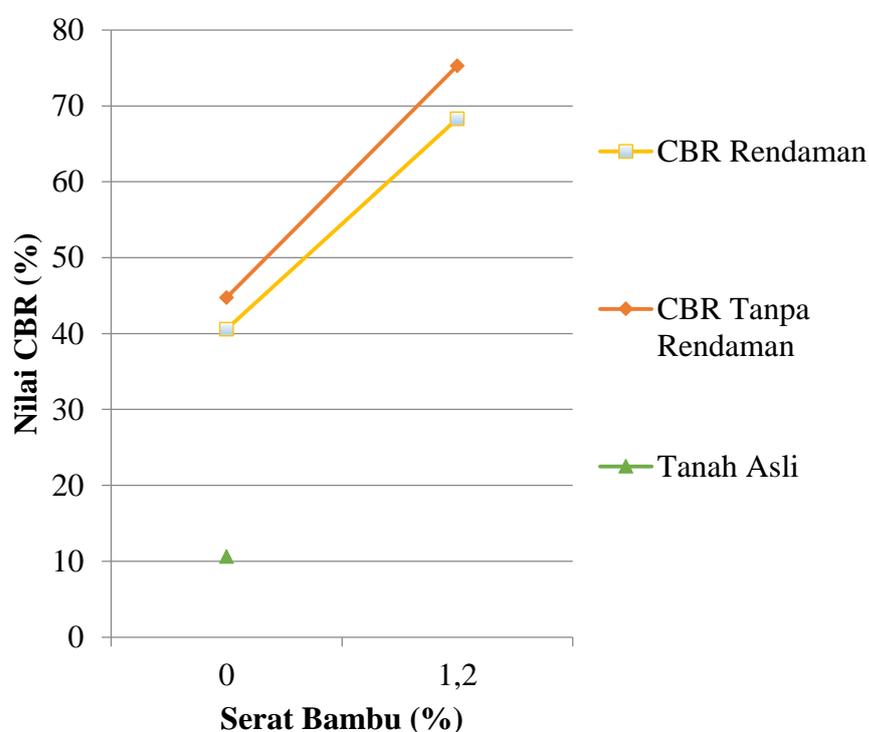
Tabel 5.12, Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 menunjukkan bahwa nilai *CBR* tanah asli yang dicampur dengan limbah karbit dan serat bambu mengalami peningkatan nilai *CBR* berbanding lurus dengan penambahan persentase limbah karbit dan serat bambu. Limbah karbit dan serat bambu semakin bereaksi dengan tanah berdasarkan lamanya masa pemeraman, sehingga nilai kuat daya dukung tanah semakin meningkat. Gambar 5.6 menunjukkan bahwa semakin besar penambahan serat bambu pada lama pemeraman yang sama peningkatan terbesar terjadi pada tanah asli ditambah limbah karbit 12% dan serat bambu 1,2% yaitu sebesar 64,65% terhadap tanah asli. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Huda dan Gunawan (2013), pada penelitian kadar 12% limbah karbit kali ini mengalami peningkatan sebesar 27,82%, sedangkan nilai *CBR* pada penelitian sebelumnya sebesar 18,69 %.

5.5.3 Perbandingan Nilai Serat Bambu 0 % dan *CBR* Maksimum dengan Ditambah Limbah Karbit 12 % pada Kondisi *Soaked*

Pengujian *CBR* rendaman (*soaked*) dilakukan pada tiga jenis sampel, yaitu pada tanah asli, tanah asli ditambah limbah karbit 12% dengan serat bambu 0% dan pada kondisi *CBR* optimum (limbah karbit 12% + serat bambu 1,2%). Sebelum dilakukan pengujian, sampel terlebih dahulu dilakukan pemeraman selama 7 hari. Berdasarkan data pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9, dibuat grafik perbandingan nilai *CBR* tanah asli, tanah asli ditambah limbah karbit 12% dengan serat bambu 0% dan pada *CBR* optimum (limbah karbit 12% + serat bambu 1,2%). Dilakukan pemeraman 7 hari pada kondisi rendaman (*soaked*) dan tanpa rendaman (*unsoaked*). Grafik perbandingan nilai *CBR* dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan Tabel 5.13 berikut ini.

Tabel 5.13 Perbandingan Hasil Pengujian *CBR Unsoaked* dan *Soaked* pada Pemeraman 7 Hari dengan Limbah Karbit 12%

Variasi Serat Bambu (%)	<i>CBR</i> Tanpa Rendaman (%)	<i>CBR</i> rendaman (%)
Tanah Asli	10,64	7,43
0	44,76	40,53
1,2	75,30	68,31



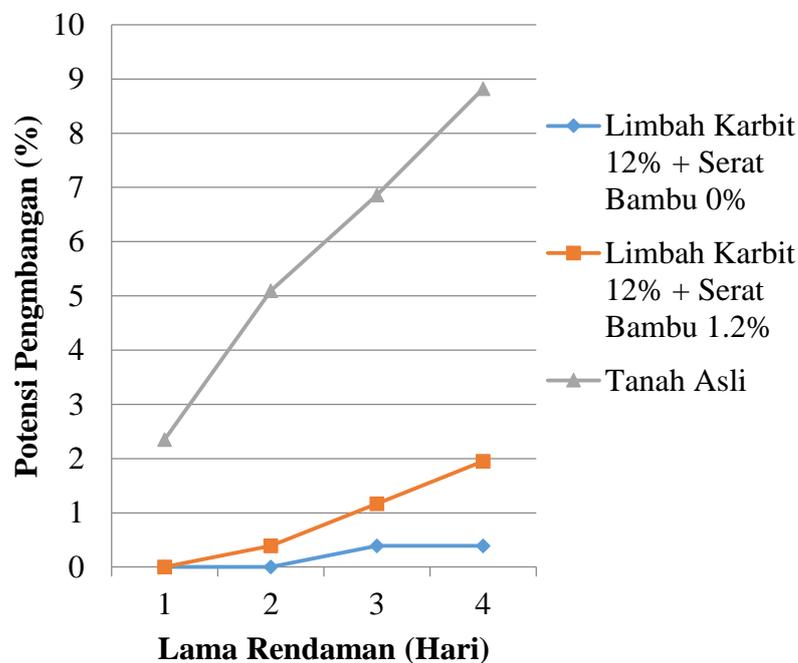
Gambar 5.6 Grafik Pengaruh Kadar Serat Bambu (0% dan 1,2%) ditambah Limbah Karbit 12% Pemeraman 0 dan 7 Hari Terhadap Nilai *CBR*

Perendaman menurunkan nilai kuat daya dukung tanah, hal ini dikarenakan adanya air yang mengisi rongga-rongga udara pada tanah sehingga tanah menjadi jenuh air dan lembek. Tabel 5.13 menjelaskan bahwa pada tanah asli ditambah limbah karbit 12% mengalami penurunan nilai *CBR* dari 44,75% menjadi 40,59%. Hasil dari penelitian ini lebih baik dari penelitian terdahulu oleh Huda dan Gunawan (2013) dengan menghasilkan nilai *CBR soaked* pada kadar 12% limbah

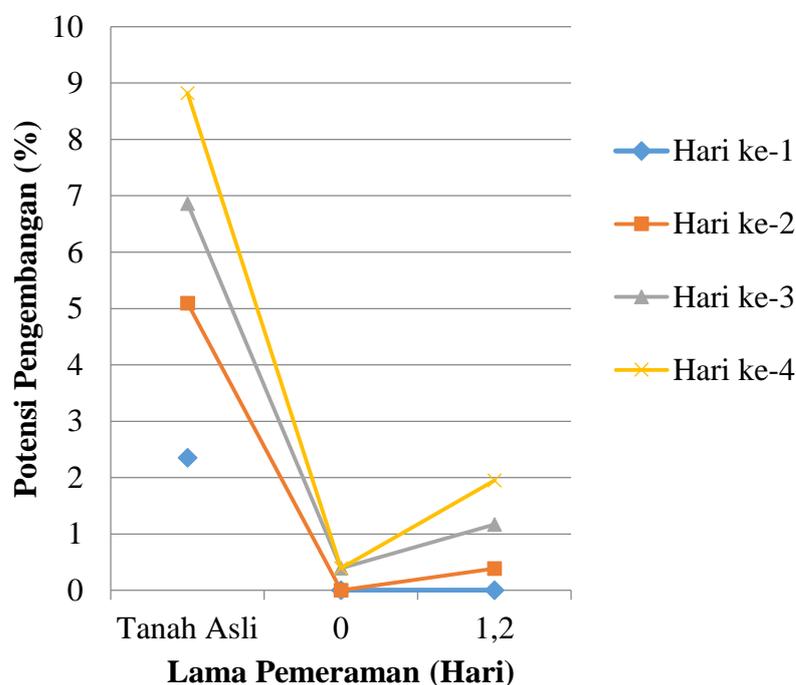
karbit mengalami penurunan sebesar 2,08%, sedangkan pada penelitian sebelumnya mengalami penurunan sebesar 3,44%. Perbandingan ini menunjukkan penurunan yang dialami peneliti sekarang lebih kecil dari pada peneliti terdahulu.

5.5.4 Perbandingan Nilai Serat Bambu 0 % Dan CBR Maksimum Dengan Ditambah Limbah Karbit 12 % Terhadap Pengembangan (*Swelling*)

Pengujian *CBR* rendaman (*soaked*) dilakukan pengujian pengembangan (*swelling*) pada sampel uji dengan meletakkan alat ukur pengembangan pada alat uji dan dilakukan pembacaan dial pada jarum alat uji selama 4 hari perendaman. Tabel 5.10 diketahui perbandingan nilai pengembangan tanah asli, tanah asli ditambah bahan *stabilizer* pada variasi optimum (limbah karbit 12% + serat bambu 1,2%) dan tanah yang dicampur dengan limbah karbit 12% dan serat bambu 0% yang dilakukan pemeraman terlebih dahulu selama 7 hari dan dilakukan perendaman selama 4 hari. Grafik perbandingan nilai pengembangan (*swelling*) dapat dilihat pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 berikut.



Gambar 5.7 Grafik Pengaruh Lama Rendaman Terhadap Nilai Pengembangan (*swelling*)



Gambar 5.8 Grafik Pengaruh Kadar Serat Bambu Terhadap Nilai Pengembangan (*swelling*) Tanah

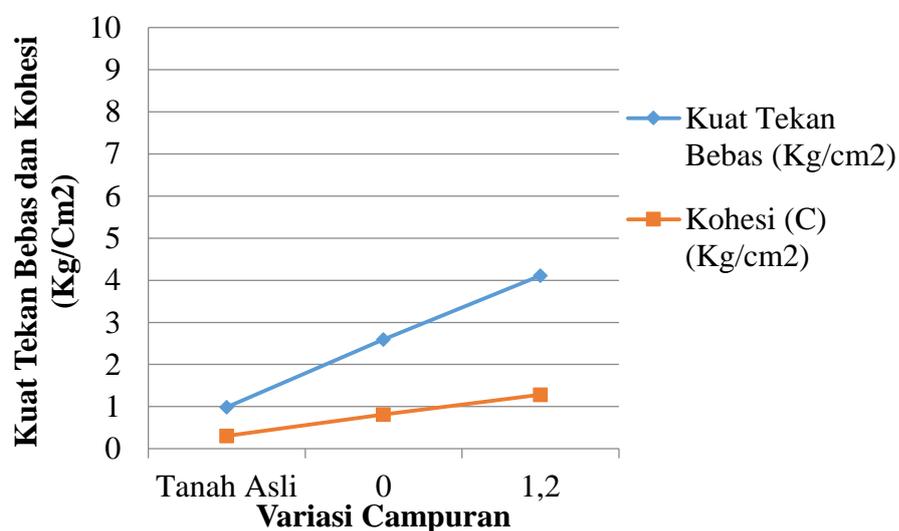
Menurut Das (1995) pada Tabel 3.3 menunjukkan bahwa pengembangan pada tanah asli sebesar 8,82%, ini menunjukkan bahwa tanah lempung pada Desa Klangkapan I, Marguluweh, Seyegan, Kabupaten Sleman masuk ke kategori pengembangan (*swelling*) tinggi (*High*). Sampel limbah karbit 12% ditambah serat bambu 0% sebesar 0,39% menunjukkan penurunan drastis dari pengembangan tanah asli sebesar 8,43% dan berada pada kategori pengembangan rendah, sedangkan pada sampel limbah karbit 12% ditambah serat bambu 1,2% yaitu sebesar 1,95% ini mengalami kenaikan dari pada limbah karbit 12% ditambah serat bambu 0%, tetapi masih masuk dalam kategori medium.

Gambar 5.8 menunjukkan pengembangan yang setiap hari mengalami kenaikan. Gambar 5.7 terlihat perbandingan tanah asli, limbah karbit 12% ditambah serat bambu 1,2% dan limbah karbit 12% ditambah serat bambu 0% mengalami penurunan. Penurunan terbesar terjadi pada bahan tambah limbah karbit 12% dan serat bambu 0%. Hasil diatas menunjukkan bahwa penurunan pada penelitian kali dengan menggunakan limbah karbit 12% dan serat bambu 1,2% ini sedikit lebih

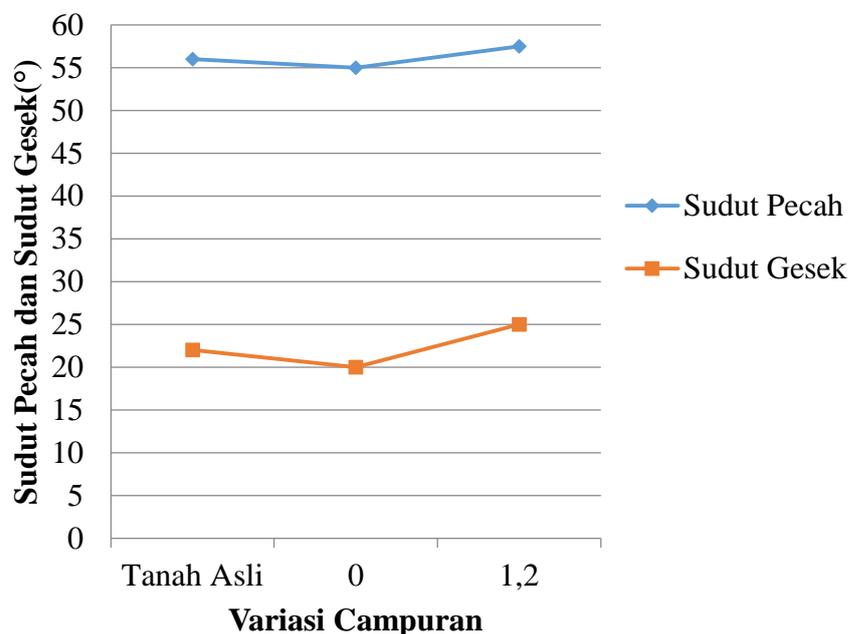
rendah yaitu sebesar 0,39% dibandingkan dengan penelitian sebelumnya Huda dan Gunawan (2013) yaitu sebesar 4,10%. Jika dibandingkan dengan campuran limbah karbit 12% ditambah serat bambu 1,2% pada penelitian ini pengembangan yang terjadi masih lebih rendah yaitu sebesar 1,95% dibandingkan penelitian sebelumnya yang sebesar 4,10%. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan limbah karbit dapat mengurangi pengembangan pada tanah.

5.5.5 Perbandingan Nilai Kuat Tekan Bebas Tanah Ditambah Limbah Karbit 12% dengan Serat Bambu 0 % dan Serat Bambu Maksimum.

Pengujian tekan bebas ini menggunakan dua sampel yaitu limbah karbit 12% ditambah serat bambu 0% dan limbah karbit 12% ditambah serat bambu 1,2% dengan lama pemeraman 7 hari sebelum dilakukan pengujian. Berdasarkan tabel 5.11 berikut, dibuatlah grafik perbandingan nilai kuat tekan bebas berdasarkan dua sampel yang telah dilakukan pengujian berikut. Grafik perbandingan nilai kuat tekan bebas dapat dilihat pada Gambar 5.11 dan Gambar 5.12 berikut.



Gambar 5.9 Grafik Pengaruh Kadar Serat Bambu Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas dan Kohesi Tanah



Gambar 5.10 Grafik Perbandingan Nilai Sudut Pecah dan Sudut Gesek dengan dan Tanpa Serat Bambu

Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 perbandingan nilai kuat tekan bebas antara tanah asli, limbah karbit 12% ditambah serat bambu 0% dan limbah karbit 12% ditambah serat bambu 1,2% berturut-turut sebesar $0,985 \text{ Kg/cm}^2$, $2,5968 \text{ Kg/cm}^2$ dan $4,1129 \text{ Kg/cm}^2$. Semakin besar penambahan serat bambu maka semakin besar juga nilai kuat tekan bebas. Terlihat dari Gambar 5.11 menunjukkan bahwa nilai kuat tekan (q_u) mempengaruhi nilai kohesi. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yaitu Batu (2010) yang melakukan uji triaxial dengan bahan tambah kapur 6% dan serat bambu 1% mendapatkan nilai sebesar $1,029 \text{ Kg/cm}^2$, sedangkan pada penelitian kali ini nilai kuat tekan bebas dan kohesi pada serat bambu 1,2% yaitu sebesar $4,1129 \text{ Kg/cm}^2$ dan $1,2850 \text{ Kg/cm}^2$. Penelitian terdahulu Diana (2013) dengan pengujian variasi tanah ditambah 50% limbah karbit dan 50% abu sekam padi menunjukkan nilai kohesi dan sudut gesek pada uji triaxial terbesar pada berturut turut sebesar $4,42 \text{ Kg/cm}^2$ dan $45,64^\circ$. Perbandingan dengan penelitian Diana (2013) diatas menunjukkan adanya perbedaan mulai dari bahan tambah dan tanah yang digunakan.