

BAB V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian ini merupakan data hasil pengujian langsung di laboratorium. Pengujian yang dilakukan adalah uji karakteristik fisik dan karakteristik mekanis tanah. Pengujian karakteristik fisik meliputi pengujian kadar air tanah, berat volume tanah, berat jenis tanah, batas-batas konsistensi (batas cair, plastis, batas susut), *grain analysis* (uji analisa saringan dan *hidrometer*), dan proktor standar. Kemudian pengujian karakteristik mekanis tanah ialah uji *California Bearing Ratio* (CBR). Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

1.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah

5.2.1 Uji Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan berat air yang ada di dalam tanah dengan berat tanah kering oven. Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar air pada tanah yang diuji. Hasil pengujian kadar air disajikan pada Tabel 5.1 dibawah.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Pengujian Kadar Air Tanah Asli

No	Keterangan		1	2
1	Berat Countainer (W1)	gr	12,85	13,13
2	Berat Countainer + Tanah Basah (W2)	gr	27,84	28,58
3	Berat Countainer +Tanah Kering (W3)	gr	25,08	26,16
4	Berat Air	gr	2,76	2,42
5	Berat Tanah Kering	gr	12,23	13,03
6	Kadar Air	%	22,5675	18,5725
7	Kadar Air Rata2	%	20,569	

Contoh perhitungan kadar air sampel satu:

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

$$w = \frac{2,76}{12,23} \times 100\%$$

$$w = 22,5675 \%$$

Nilai kadar air sampel kedua sebesar 18,5725. Hasil dari kadar air rata-rata sebesar 20,569, hal ini menunjukkan kadar air tanah lempung Dusun Jogotamu, Desa Lowano, Kecamatan Lowano, Kab. Purworejo, Yogyakarta sebesar 20,569.

5.2.2 Uji Berat Volume Tanah Asli

Berat volume adalah nilai perbandingan antara total berat tanah termasuk berat air dalam tanah dan volume total tanah. Berat volume tanah asli yang sedang diteliti dapat diketahui dengan melakukan pengujian berat volume. Hasil pengujian berat volume dapat dijelaskan pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli

No	No Pengujian		1	2
1	Diameter Ring (d)	cm	5,73	5,25
2	Tinggi Ring (t)	cm	2,9	1,9
3	Volume Ring (V)	cm ³	74,782	41,1303
4	Berat Ring (W1)	gr	39,1	34,86
5	Berat Ring + Tanah Basah (W2)	gr	107	98,21
6	Berat Tanah Basah	gr	67,9	63,35
7	Berat Volume Tanah	gr/cm ³	0,907	1,540
8	Berat Volume Rata2	gr/cm ³	1,224	

Contoh perhitungan berat volume tanah sampel satu:

$$\gamma = \frac{W2 - W1}{V}$$

$$\gamma = \frac{107 - 39,1}{74,782}$$

$$\gamma = 0,907 \text{ gr/cm}^3$$

Nilai berat volume tanah sampel kedua adalah sebesar $1,540 \text{ gr/cm}^3$. Dari pengujian kedua sampel tersebut berat volume tanah rata-rata kedua sampel adalah sebesar $1,224 \text{ gr/cm}^3$.

5.2.3 Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

Berat jenis tanah merupakan perbandingan antara berat butiran tanah dengan berat air destilasi udara terhadap volume yang sama dan pada *temperature* tertentu. Berat jenis sampel tanah dapat diketahui dengan melakukan pengujian ini. Hasil pengujian berat jenis tanah asli dijelaskan pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

No	No Pengujian		1	2
1	Berat Picknometer (W1)	gr	40,75	41,05
2	Berat Picknometer + Tanah Kering (W2)	gr	75,11	77,5
3	Berat Picknometer + Tanah + Air Penuh (W3)	gr	160,48	166
4	Berat Picknometer + Air Penuh (W4)	gr	139,5	143,6
5	Suhu Air	°C	26	26
6	gw pada suhu ($t^{\circ}\text{C}$)	gr/cm^3	0,9968	0,9968
7	gw pada suhu ($27,5^{\circ}\text{C}$)	gr/cm^4	0,9964	0,9964
8	Berat Tanah Kering (Ws)	gr	34,36	36,45
9	$A = W_s + W_4$	gr	173,86	180,05
10	$I = A - W_3$	gr	13,38	14,05
11	Berat Jenis Pada Suhu ($t^{\circ}\text{C}$)		2,568	2,594
12	Berat Jenis Pada Suhu ($27,5^{\circ}\text{C}$)		2,569	2,595
13	Berat Jenis Rata2 Pada Suhu ($27,5^{\circ}\text{C}$)		2,582	

Contoh perhitungan berat jenis tanah sampel satu:

$$G_s (t^{\circ}\text{C}) = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

$$G_s (t^{\circ}\text{C}) = \frac{75,11 - 40,75}{(139,5 - 40,75) - (160,48 - 75,11)} = 2,568$$

$$G_s (t^{\circ}\text{C}) = 2,56801 \times \frac{0,9968}{0,9964} = 2,569$$

Berat jenis tanah sampel kedua sebesar 2,595. Nilai berat jenis rata-rata dari kedua sampel sebesar 2,582. Dari hasil pengujian tersebut maka berat jenis tanah Dusun

Jogotamu, Desa Lowano, Kecamatan Lowano, Kab. Purworejo, Yogyakarta sebesar 2,582.

5.2.4 *Grain Size Analysis*

Grain Size Analysis (analisis ukuran butiran) bertujuan untuk mengetahui sebaran ukuran butiran pada tanah. Pada pengujian ini juga dapat diketahui karakteristik jenis tanah sampel yang sedang di uji.

5.2.4.1 Uji Analisa saringan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui presentase butiran tanah yang tertinggal pada saringan no. 200 dan mengetahui sebaran ukuran butiran (gradasi) agregat kasar dan agregat halus pada tanah. Tanah yang lolos saringan no. 200 kemudian dilakukan pengujian hidrometer. Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 merupakan hasil pengujian analisa saringan.

Tabel 5. 4 Rekapitulasi Hasil Uji Analisa Saringan Sampel Satu

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	% Tertahan (%)	% Lolos (%)
4	4,750	0,00	273,78	0,00	100,00
10	2,000	0,46	273,32	0,17	99,83
20	0,850	0,92	272,40	0,34	99,50
40	0,425	1,26	271,14	0,46	99,04
60	0,250	3,73	267,41	1,36	97,67
140	0,106	25,48	241,93	9,31	88,37
200	0,075	6,93	235,00	2,53	85,84
Pan		235,00	0,00	85,84	0,00

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Uji Analisa Saringan Sampel Dua

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat Tanah Tertahan (gr)	Berat Tanah Lolos (gr)	% Tertahan (%)	% Lolos (%)
4	4,750	0,00	784,92	0,00	100,00
10	2,000	1,30	783,62	0,17	99,83
20	0,850	3,02	780,60	0,38	99,45
40	0,425	5,66	774,94	0,72	98,73
60	0,250	11,95	762,99	1,52	97,21
140	0,106	78,79	684,20	10,04	87,17
200	0,075	3,72	680,48	0,47	86,69
Pan		680,48	0,00	86,69	0,00

Dari kedua sampel tersebut maka didapatkan persen lolos rata-rata dari pengujian kedua sampel di atas yang dapat dilihat pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Hasil Uji Analisa Saringan Gabungan

No. Saringan	Diameter saringan	Persen lolos (%)		Persen lolos rata-rata
		Sampel 1	Sampel 2	
4	4,75	100,00	100,00	100,00
10	2,00	99,83	99,83	99,83
20	0,85	99,50	99,45	99,47
40	0,43	99,04	98,73	98,88
60	0,25	97,67	97,21	97,44
140	0,11	88,37	87,17	87,77
200	0,08	85,84	86,69	86,26
Pan		0,00	0,00	0,00

Dari hasil pengujian diatas didapatkan persen lolos saringan no. 200 sampel satu sebesar 85,84% dan sampel dua sebesar 86,69% sehingga didapatkan presentase lolos saringan no. 200 rata-rata dari kedua sampel diatas sebesar 86,26%.

5.2.4.2 Uji Hidrometer

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran atau distribusi butiran agregat yang lolos pada saringan no. 200. Karena diameter butiran lolos saringan no. 200 berukuran lebih kecil dari 0,075 mm sehingga mengharuskan dilakukan

analisa sedimen menggunakan alat hidrometer. Hasil dari pengujian hidrometer ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Pengujiann Hidrometer Sampel Satu

Waktu menit	Temperatur (t) °C	Pembacaan Hidrometer, (Ra)	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi, (Rc)	% Lolos	Hyd Terkoreksi Miniscus, (R)	Kedalaman Efektif, (L)	L/t	K	Diameter, (D)
						cm			mm
0	27	46	48	72,102	49	12,4	0,00	0,01319	0,0000
2	27	36	38	57,081	39	13,5	6,75	0,01319	0,0343
5	27	30	32	48,068	33	14,3	2,86	0,01319	0,0223
30	27	19	21	31,544	22	15,2	0,51	0,01319	0,0094
60	27	16	18	27,038	19	15,6	0,26	0,01319	0,0067
250	27	14	16	24,034	17	15,8	0,06	0,01319	0,0033
1440	27	9	11	16,523	12	16,1	0,01	0,01319	0,0014

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Hasil Pengujiann Hidrometer Sampel Dua

Waktu menit	Temperatur (t) °C	Pembacaan Hidrometer, (Ra)	Pembacaan Hidrometer Terkoreksi, (Rc)	% Lolos	Hyd Terkoreksi Miniscus, (R)	Kedalaman Efektif, (L)	L/t	K	Diameter, (D)
						cm			mm
0	27	53	55	83,443	56	7,6	0,00	0,01277	0,0000
2	27	48	50	75,857	51	8,4	4,20	0,01277	0,0262
5	27	40	42	63,720	43	9,7	1,94	0,01277	0,0178
30	27	30	32	48,549	33	11,4	0,38	0,01277	0,0079
60	27	20	22	33,377	23	13	0,22	0,01277	0,0059
250	27	18	20	30,343	21	13,3	0,05	0,01277	0,0029
1440	27	13	15	22,757	16	14,2	0,01	0,01277	0,0013

ari kedua sampel tersebut kemudian didapatkan persen lolos gabungan pada pengujian hidrometer dari kedua sampel di atas yang dapat dilihat pada Tabel 5.9.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Hasil Pengujiann Hidrometer Rata-Rata

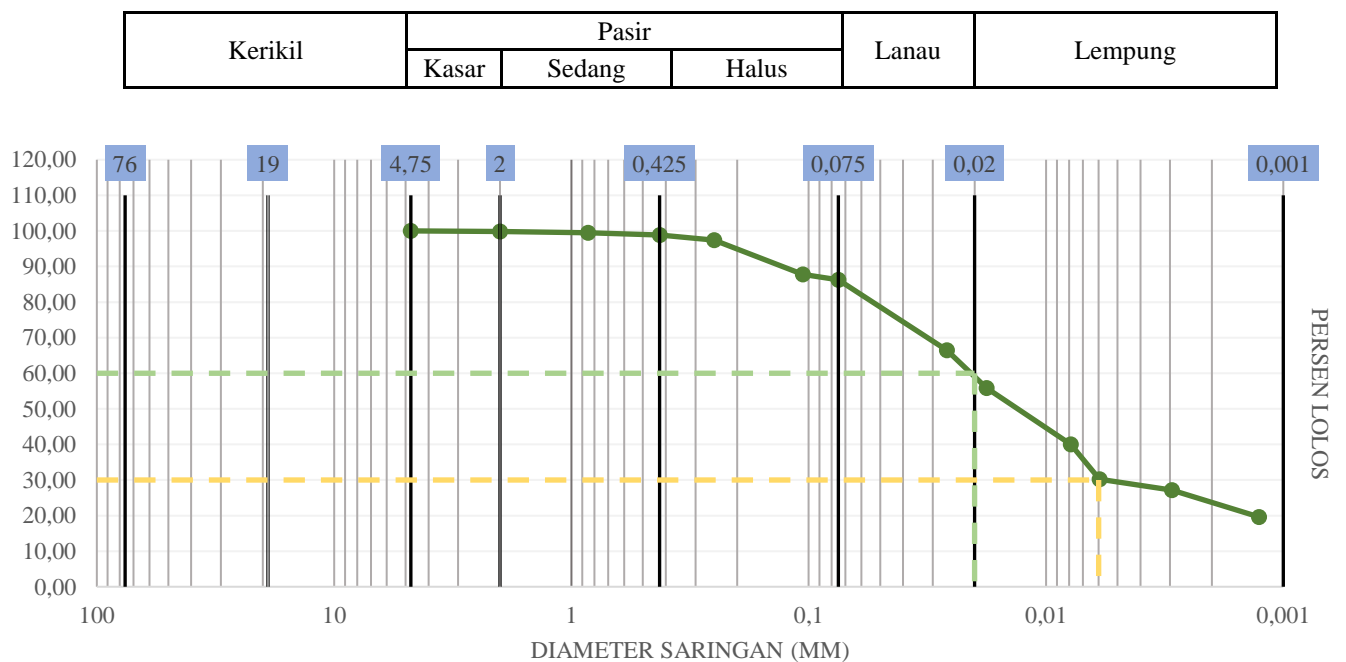
Diameter Butiran (mm)	Persen Lolos		Persen Lolos rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
0,02617	57,08	75,86	66,47
0,01779	48,07	63,72	55,89
0,00787	31,54	48,55	40,05
0,00594	27,04	33,38	30,21
0,00295	24,03	30,34	27,19
0,00127	16,52	22,76	19,64

Setelah mendapatkan distribusi ukuran butiran dari pengujian analisa saringan dan pengujian hidrometer maka dapat diketahui sebaran butiran tanah sampel tanah asli yang sedang di uji seperti pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5. 10 Hasil Pengujian *Grain Size Analysis*

Diameter Butiran (mm)	Persen Lolos		Persen Lolos rata-rata
	Sampel 1	Sampel 2	
4,75	100,00	100,00	100,00
2	99,83	99,83	99,83
0,85	99,50	99,45	99,47
0,425	99,04	98,73	98,88
0,25	97,67	97,21	97,44
0,106	88,37	87,17	87,77
0,075	85,84	86,69	86,26
0,02617	57,08	75,86	66,47
0,01779	48,07	63,72	55,89
0,00787	31,54	48,55	40,05
0,00594	27,04	33,38	30,21
0,00295	24,03	30,34	27,19
0,00127	16,52	22,76	19,64

Dari pengujian analisa saringan dan uji hidrometer pada kedua sampel tanah kemudian didapatkan hasil distribusi sebaran ukuran butiran dari kedua sampel tanah asli yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 *Grain Size Analysis* Rata-Rata Sampel satu dan Sampel dua

Dari grafik tersebut didapatkan presentase ukuran butiran pada sampel tanah asli yang menunjukkan karakteristik jenis tanah. Presentase ukuran butiran pada sampel tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 5. 11 Presentase Ukuran Butiran

%Lolos #200	86,265	D10 (mm)	0,000
Kerikil	0,000	D30 (mm)	0,006
Pasir	13,735	D60 (mm)	0,020
Lanau	22,297	$Cu = D60/D10$	0,000
Lempung	63,967	$Cc = D30^2/(D10 \times D60)$	0,000

5.2.5 Uji Batas-Batas *Atterberg*

Uji batas-batas *Atterberg* dilakukan untuk mengetahui batas-batas konsistensi tanah berbutir halus yang bergantung pada kadar air tanah. Batas-batas konsistensi tanah tersebut meliputi batas cair, batas plastis, dan batas susut pada tanah.

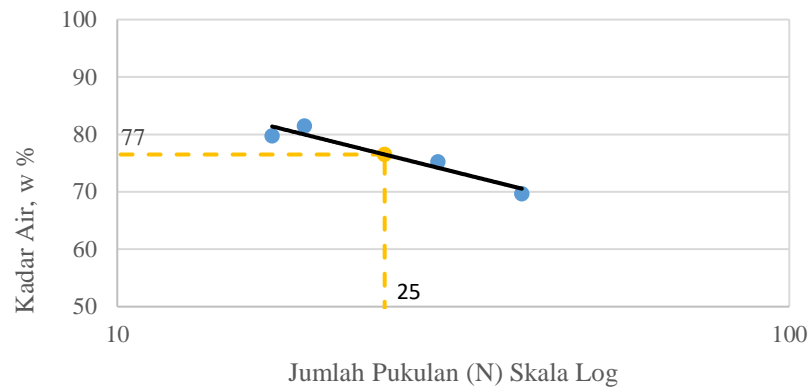
5.2.5.1 Uji Batas Cair

Pengujian batas cair bertujuan untuk mengetahui batas cair tanah. batas cair merupakan kadar air tanah diantara batas cair dan batas plastis. Batas cair ini bertujuan mengetahui sifat-sifat jenis tanah yang lolos saringan no. 40. Hasil pengujian batas cair tanah dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5. 12 Perhitungan Batas Cair Tanah Sampel Satu

No	No. Pengujian		I		II		III		IV	
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	No. cawan									
2	Berat cawan	gr	8,96	9,2	9,08	9,17	9,18	9,13	8,88	8,91
3	Berat cawan + tanah basah	gr	18,39	24,35	18,52	17,93	22,95	18,94	19,96	19,63
4	Berat cawan + tanah kering	gr	14,2	17,64	14,29	13,99	17,02	14,74	15,41	15,23
5	Berat air	gr	4,19	6,71	4,23	3,94	5,93	4,2	4,55	4,4
6	Berat tanah kering	gr	5,24	8,44	5,21	4,82	7,84	5,61	6,53	6,32
7	Kadar air	%	79,96	79,50	81,19	81,74	75,64	74,87	69,68	69,62
8	Kadar air rata-rata	%	79,73		81,47		75,25		69,65	
9	Jumlah pukulan (N)		17		19		30		40	

Berdasarkan tabel di atas maka perbandingan antara kadar air dengan jumlah pukulan dapat disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 5.2.

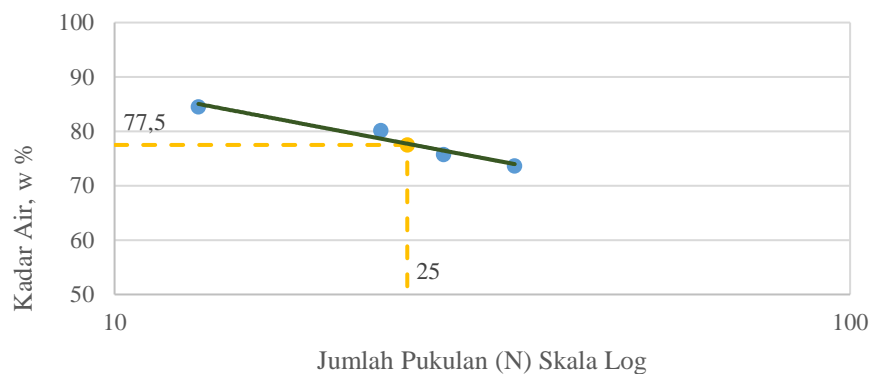


Gambar 5. 2 Uji Batas Cair Sampel Satu

Tabel 5. 13 Perhitungan Batas Cair Tanah Sampel Dua

No	No. Pengujian	1		2		3		4	
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	No. cawan								
2	Berat cawan	gr 9,07	8,84	8,96	9,13	9,15	8,88	8,86	9,15
3	Berat cawan + tanah basah	gr 18,8	18,69	15,92	16,26	20,86	18,14	19,93	17,91
4	Berat cawan + tanah kering	gr 14,34	14,18	12,81	13,1	15,81	14,15	15,23	14,2
5	Berat air	gr 4,46	4,51	3,11	3,16	5,05	3,99	4,7	3,71
6	Berat tanah kering	gr 5,27	5,34	3,85	3,97	6,66	5,27	6,37	5,05
7	Kadar air	% 84,63	84,46	80,78	79,60	75,83	75,71	73,78	73,47
8	Kadar air rata-rata	% 84,54		80,19		75,77		73,62	
9	Jumlah pukulan (N)		13		23		28		35

Berikut merupakan grafik perbandingan antara kadar air dengan jumlah pukulan dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Uji Batas Cair Sampel Dua

Dari kedua sampel tersebut didapatkan kadar air pada pukulan ke 25 rata-rata yang disajikan pada Tabel 5.14 dibawah ini.

Tabel 5. 14 Batas Cair (*Liquid Limit*) LL

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Batas Cair (%)	77	77,5	77,25

Dari kedua grafik di atas didapatkan nilai batas cair tanah asli (LL) pada pukulan ke 25 sebesar 77,25%.

5.2.5.2 Uji Batas Plastis

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kadar air pada kondisi batas plastis. Suatu kondisi kadar air minimum sampel tanah dalam keadaan plastis (kondisi kadar air peralihan dari kondisi semi solid hingga kondisi plastis). Hasil pengujian batas plastis dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5. 15 Rekapitulasi Pengujian Batas Plastis Tanah Asli

No	No. Pengujian		Sampel 1		Sampel 2	
			1	2	1	2
1	No. Cawan					
2	Berat cawan	gr	9,11	8,72	8,99	9,12
3	Berat cawan + tanah basah	gr	10,6	10,59	10,4	10,4
4	Berat cawan + tanah kering	gr	10,06	9,91	9,9	9,95
5	Berat air	gr	0,54	0,68	0,5	0,45
6	Berat tanah kering	gr	0,95	1,19	0,91	0,83
7	Kadar air	%	56,84	57,14	54,95	54,22
8	Kadar air rata-rata	%	56,99		54,58	
9	Kadar air rata-rata sampel 1 dan sampel 2	%	55,79			

Dari kedua sampel tersebut didapatkan batas plastis rata-rata sebesar 55,79%. Dari nilai batas cair dan batas plastis maka dapat dihitung nilai indeks plastisitas pada tanah asli dengan menggunakan persamaan $IP=LL-PL$ yaitu sebesar 21,46%.

5.2.5.3 Uji Batas Susut

Pengujian batas susut bertujuan untuk mengetahui kondisi air dalam tanah pada kondisi batas susut. Batas susut didefinisikan kadar air tanah minimum pada

keadaan semi solid, dan batas keadaan semi solid ke keadaan solid (keadaan kadar air pada tanah ketika ditambahkan air pada tanah volumenya mulai berubah). Hasil pengujian batas susut dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan Tabel 5.17 berikut.

Tabel 5. 16 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli Sampel Satu

A. Kadar Air				
No	Pengujian		I	II
1	Berat cawan susut (W1)	gr	39	37,92
2	Berat cawan susut + tanah basah (W2)	gr	63,3	62,67
3	Berat cawan susut + tanah kering (W3)	gr	52,41	51,59
4	Berat tanah kering (W ₀)	gr	13,41	13,67
5	Kadar air (w)	%	81,21	81,05
B. Volume tanah basah				
No	Pengujian		I	II
1	Diameter ring (d)	cm	4,16	4,17
2	Tinggi ring (t)	cm	1,16	1,2
3	Volume ring (V)	cm ³	15,77	16,39
C. Volume Tanah Kering				
No	Pengujian		I	II
1	Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur (W4)	gr	169,750	170,610
2	Berat gelas ukur (W5)	gr	60,500	60,500
3	Berat air raksa (W6)	gr	109,250	110,110
4	Berat tanah kering (W ₀)	gr	13,410	13,670
5	Volume tanah kering (V ₀)	cm ³	8,033	8,096
6	Batas susut tanah (SL)	%	23,539	20,393
7	Angka susut (SR)	cm	1,669	1,688
8	Susut volumetrik (VS)	cm ³	96,269	102,421
9	Susut linier (LS)	%	20,130	20,948
10	Batas susut tanah (SL) rata-rata		2,662	

Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli Sampel Dua

A. Kadar Air				
No	Pengujian		I	II
1	Berat cawan susut (W1)	gr	42,14	42,16
2	Berat cawan susut + tanah basah (W2)	gr	66,62	66,54
3	Berat cawan susut + tanah kering (W3)	gr	55,8	55,22
4	Berat tanah kering (W ₀)	gr	13,66	13,06
5	Kadar air (w)	%	79,21	86,68

Lanjutan Tabel 5. 17 Hasil Pengujian Batas Susut Tanah Asli Sampel Dua

B. Volume tanah basah				
No	Pengujian		I	II
1	Diameter ring (d)	cm	4,14	4,14
2	Tinggi ring (t)	cm	1,2	1,22
3	Volume ring (V)	cm ³	16,15	16,41
C. Volume Tanah Kering				
No	Pengujian		I	II
1	Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur (W4)	gr	171,180	176,250
2	Berat gelas ukur (W5)	gr	60,500	60,500
3	Berat air raksa (W6)	gr	110,680	115,750
4	Berat tanah kering (W0)	gr	13,660	13,060
5	Volume tanah kering (V0)	cm ³	8,138	8,511
6	Batas susut tanah (SL)	%	20,591	26,160
7	Angka susut (SR)	cm	1,678	1,534
8	Susut volumetrik (VS)	cm ³	98,391	92,863
9	Susut linier (LS)	%	20,416	19,663
10	Batas susut tanah (SL) rata-rata		2,564	

Nilai batas susut tanah asli hasil pengujian rata-rata ditunjukkan pada Tabel 5.18 dibawah.

Tabel 5. 18 Nilai Batas Susut Tanah Asli

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
Batas Susut Tanah (SL) %	2,662	2,564	2,613

Dari perhitungan di atas didapatkan nilai batas susut pada tanah asli sampel yang sedang di uji sebesar 2,613%.

5.2.6 Pengujian Proktor Standar

Pengujian Proktor Standar ini bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum (w_{opt}) dan kepadatan maksimum ($\gamma_{d maks}$) pada sampel tanah asli yang sedang diuji. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.19, Tabel 5.20, Tabel 5.21 dan Tabel 5.22 di bawah ini.

Tabel 5. 19 Berat Volume Tanah Basah Pengujian Proktor Standar Sampel Satu

No	No. Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Diameter (cm)	10,145	10,145	10,145	10,145	10,145	10,145	10,145	10,145	10,145
2	Tinggi (cm)	11,680	11,680	11,680	11,680	11,680	11,680	11,680	11,680	11,680
3	Volume (cm ²)	944,141	944,141	944,141	944,141	944,141	944,141	944,141	944,141	944,141
4	Berat cetakan (gr)	1843,000	1843,000	1843,000	1843,000	1843,000	1843,000	1843,000	1843,000	1843,000
2	Berat cetakan + tanah basah (gr)	3173,000	3190,000	3228,000	3226,000	3339,000	3430,000	3438,000	3380,000	3345,000
3	Berat tanah basah (gr)	1330,000	1347,000	1385,000	1383,000	1496,000	1587,000	1595,000	1537,000	1502,000
4	Berat volume tanah basah, γ (gr/cm ³)	1,409	1,427	1,467	1,465	1,585	1,681	1,689	1,628	1,591

Tabel 5. 20 Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering (γ_d) Pengujian Proktor Standar Sampel Satu

1	No. Pengujian	1		2		3		4		5		6		7		8		9		
2	No. Cawan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
3	Berat cawan	gr	8,57	9,23	9,02	9,23	9,23	9,2	9,08	9,17	9,17	9,02	8,9	8,94	8,92	8,88	9,02	9,13	9,02	9,14
4	Berat cawan + tanah basah	gr	36,72	38,63	37,2	37,72	40,6	42,47	42,58	36,56	33,87	40,78	33,77	36,51	34,59	30,22	29,69	33,09	38,79	38,99
5	berat cawan + tanah kering	gr	30,75	32,39	31,79	32,25	33,54	34,92	34	29,54	26,77	31,67	26,19	28,08	26,09	23,23	22,45	24,63	27,63	27,76
6	Berat air	gr	5,97	6,24	5,41	5,47	7,06	7,55	8,58	7,02	7,1	9,11	7,58	8,43	8,5	6,99	7,24	8,46	11,16	11,23
7	Berat tanah kering	gr	22,18	23,16	22,77	23,02	24,31	25,72	24,92	20,37	17,6	22,65	17,29	19,14	17,17	14,35	13,43	15,5	18,61	18,62
8	Kadar air	%	26,916	26,943	23,759	23,762	29,042	29,355	34,430	34,462	40,341	40,221	43,840	44,044	49,505	48,711	53,909	54,581	59,968	60,311
9	Kadar air rata-rata	%	26,930		23,761		29,198		34,446		40,281		43,942		49,108		54,245		60,140	
10	Berat volume tanah kering, γ_d	gr/cm ³	1,110		1,153		1,135		1,090		1,130		1,168		1,133		1,055		0,993	

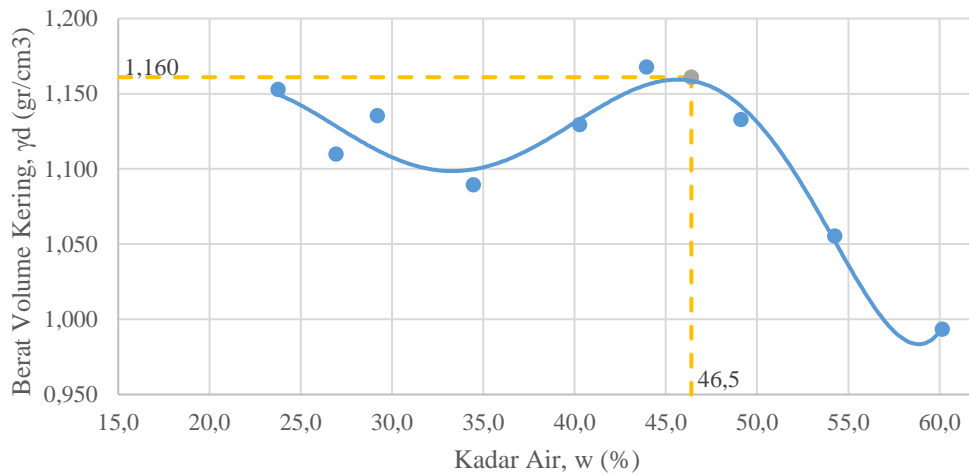
Tabel 5. 21 Berat Volume Tanah Basah Pengujian Proktor Standar Sampel Dua

No	No. Sampel	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Diameter (cm)	10,140	10,140	10,140	10,140	10,140	10,140	10,140	10,140
2	Tinggi (cm)	11,560	11,560	11,560	11,560	11,560	11,560	11,560	11,560
3	Volume (cm ²)	933,520	933,520	933,520	933,520	933,520	933,520	933,520	933,520
4	Berat cetakan (gr)	1835,000	1835,000	1835,000	1835,000	1835,000	1835,000	1835,000	1835,000
2	Berat cetakan + tanah basah (gr)	3118,000	3183,000	3232,000	3262,000	3375,000	3452,000	3420,000	3340,000
3	Berat tanah basah (gr)	1283,000	1348,000	1397,000	1427,000	1540,000	1617,000	1585,000	1505,000
4	Berat volume tanah basah, γ (gr/cm ³)	1,374	1,444	1,496	1,529	1,650	1,732	1,698	1,612

Tabel 5. 22 Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering (γ_d) Pengujian Proktor Standar Sampel Dua

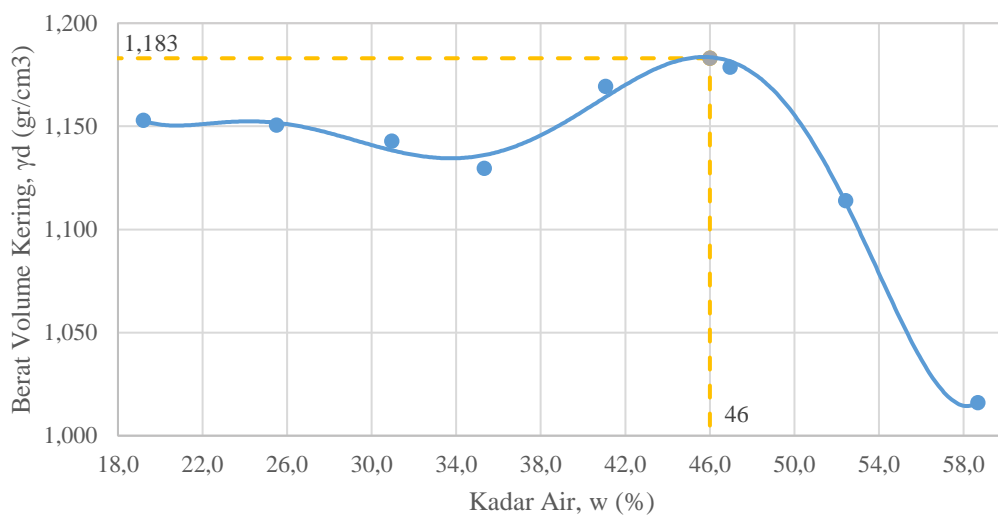
1	No. Pengujian	1		2		3		4		5		6		7		8		
2	No. Cawan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
3	Berat cawan	gr	8,91	8,89	9,12	9	8,87	8,89	8,75	9,08	7,79	9,09	9	9,13	8,93	9,27	7,79	7,63
4	Berat cawan + tanah basah	gr	27,68	27,73	27,44	29,15	32,12	28,5	36,99	30,98	39,13	36,09	37,74	31,2	37,17	35,78	38,25	46,69
5	berat cawan + tanah kering	gr	24,64	24,71	23,73	25,04	26,62	23,87	29,57	25,3	29,97	28,26	28,54	24,16	27,47	26,65	26,99	32,24
6	Berat air	gr	3,04	3,02	3,71	4,11	5,5	4,63	7,42	5,68	9,16	7,83	9,2	7,04	9,7	9,13	11,26	14,45
7	Berat tanah kering	gr	15,73	15,82	14,61	16,04	17,75	14,98	20,82	16,22	22,18	19,17	19,54	15,03	18,54	17,38	19,2	24,61
8	Kadar air	%	19,326	19,090	25,394	25,623	30,986	30,908	35,639	35,018	41,298	40,845	47,083	46,840	52,319	52,532	58,646	58,716
9	Kadar air rata-rata	%	19,208		25,509		30,947		35,329		41,072		46,961		52,425		58,681	
10	Kadar air rata-rata (/100)	%	0,192		0,255		0,309		0,353		0,411		0,470		0,524		0,587	
11	Berat volume tanah kering, γ_d	gr/cm ³	1,153		1,151		1,143		1,130		1,169		1,179		1,114		1,016	

Dari data kadar air dan berat volume tanah kering berdasarkan tabel di atas maka dapat digambarkan grafik uji proktor standar, hubungan kadar air ($w\%$) dengan berat volume tanah kering γ_d (gr/cm^3) sampel satu dan sampel dua seperti pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5. 4 Hasil Uji Proktor Standar Sampel Satu

Berdasarkan grafik di atas maka didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 46,50% dengan kepadatan maksimum sebesar 1,16 (gr/cm^3). Sedangkan grafik uji proktor standar hubungan kadar air ($w\%$) dengan berat volume tanah kering γ_d (gr/cm^3) sampel dua dapat dilihat pada Gambar 5.5



Gambar 5. 5 Hasil Uji Proktor Standar Sampel Dua

Berdasarkan grafik di atas maka didapatkan kadar air optimum (w_{opt}) pada tanah asli sampel dua sebesar 46,00% dan berat volume tanah kering maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) sebesar 1,183 gr/cm³. Dari kedua sampel tersebut maka didapatkan kadar air optimum rata-rata seperti pada Tabel 5.23

Tabel 5. 23 Kadar Air Optimum (w_{opt}) dan Berat Volume Tanah Kering Maksimum ($\gamma_{d maks}$)

No Sampel	Kadar air Optimum (w_{opt}) (%)	Berat Volume Tanah Kering Maksimum (γ_{dmaks}) (gr/cm ³)	w_{opt} Rata-Rata (%)	$\gamma_{d maks}$ Rata- Rata (gr/cm ³)
1	46,50	1,160	46,25	1,171
2	46,00	1,183		

Berdasarkan Tabel 5.24 maka tanah sampel yang berasal dari Dusun Jogotamu, Desa Lowano, Kecamatan Lowano, Kab. Purworejo, Yogyakarta memiliki kadar air optimum (w_{opt}) sebesar 46,25% dan berat volume tanah kering maksimum ($\gamma_{d maks}$) sebesar 1,171 gr/cm³.

5.2.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

Dari keseluruhan pengujian sifat fisik tanah maka didapatkan parameter-parameter sifat fisik tanah asli Dusun Jogotamu, Desa Lowano, Kecamatan Lowano, Kab. Purworejo, Yogyakarta yang dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5. 24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

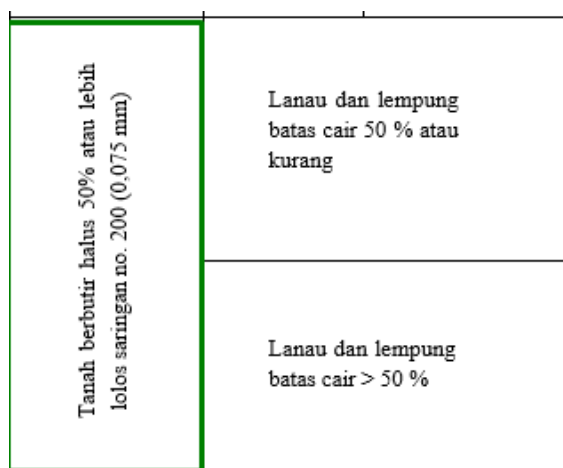
No	Nama Pengujian	Hasil	Satuan
1	Kadar air	20,570	%
2	Berat volume	1,224	gr/cm ³
3	Berat Jenis	2,582	
4	Batas-batas Atterberg		
	• Batas cair (LL)	77,250	%
	• Batas plastis (PL)	55,787	%
	• Indeks plastisitas (IP=LL-PL)	21,463	%
	• Batas susut	2,613	%

Lanjutan Tabel 5. 24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

No	Nama Pengujian	Hasil	Satuan
5	Grain Analysis		
	• %Lolos saringan no.200	86,265	%
	• Kerikil	0,000	%
	• Pasir	13,735	%
	• Lanau	22,297	%
	• Lempung	63,967	%
6	Uji proktor standar		
	kadar air optimum	46,250	%
	berat volume tanah kering maksimum	1,172	gr/cm ³

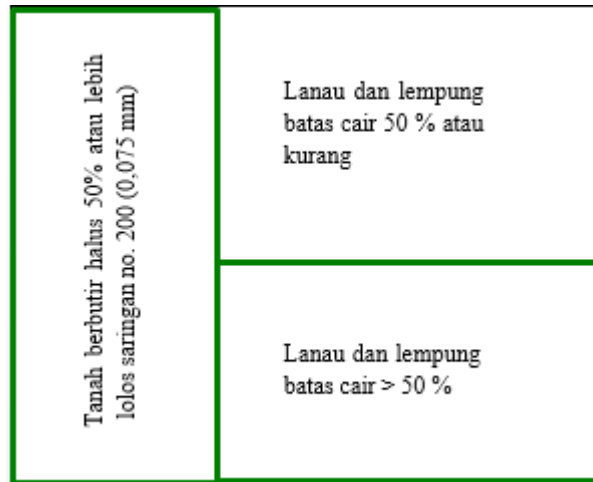
Dari keseluruhan pengujian sifat fisik tanah yang sudah dilakukan maka dapat diketahui jenis karakteristik fisik tanah yang digunakan menjadi sampel yang diteliti menggunakan metode USCS dan metode AASHTO. Berdasarkan metode USCS didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Klasifikasi divisi utama tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Hasil pengujian didapatkan sebanyak 86,265% tanah lolos saringan no. 200. Klasifikasi divisi utama dapat dilihat pada Gambar 5.6.



Gambar 5. 6 Pentuan Divisi Utama Sistem Klasifikasi USCS

2. Hasil pengujian didapatkan nilai batas cair sebesar 77,250%. Dengan nilai batas cair lebih dari 50% maka sampel tanah yang digunakan termasuk jenis lanau dan lempung dengan batas cair lebih besar dari 50%.



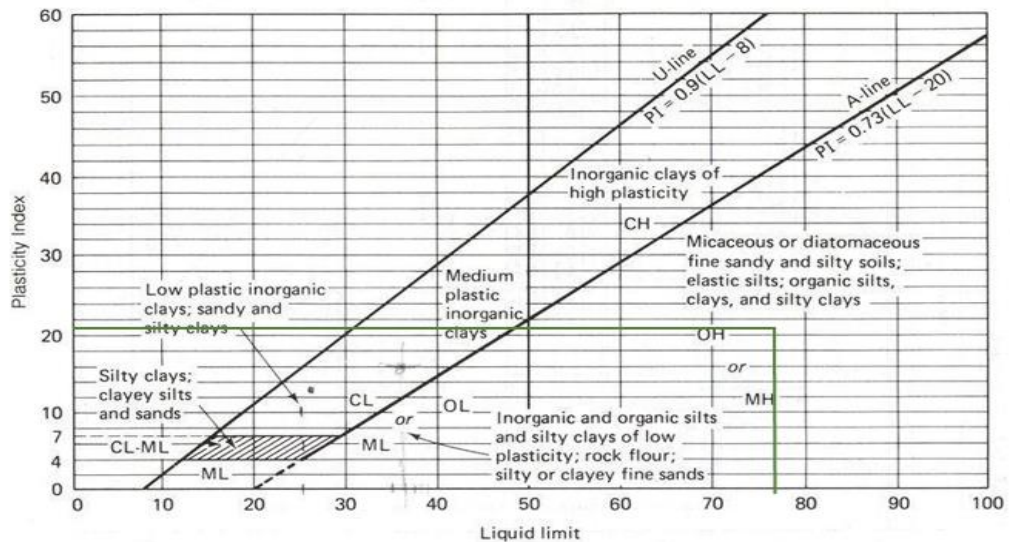
Lanjutan Gambar 5. 6 Penentuan Divisi Utama Sistem Klasifikasi USCS

3. Nilai indeks plastisitas tanah hasil pengujian didapatkan sebesar 21,463%. Berdasarkan Tabel 3.5, nilai indeks plastisitas tanah lebih besar dari 17% maka tanah memiliki sifat plastisitas tinggi. Berdasarkan sistem klasifikasi USCS termasuk kedalam tanah lempung organik dengan plastisitas rendah sampai tinggi (OH). Klasifikasi tanah berdasarkan metode USCS dapat dilihat pada Gambar 5.7.

Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm)	Lanau dan lempung batas cair 50 % atau kurang	ML	Lanau tak organik dan pasir sangat halus, serbuk batuan atau pasir halus berlanau atau berlempung
		CL	Lempung tak organik dengan plastisitas rendah sampai sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus ("lean clays")
		OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah
	Lanau dan lempung batas cair > 50 %	MH	Lanau tak organik atau pasir halus diatome, lanau elastis
		CH	Lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk ("fat clays")
		OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi

Gambar 5. 7 Sistem Klasifikasi Tanah Metode USCS

4. Hasil pengujian didapatkan nilai batas plastis sebesar 55,787%, dengan nilai batas cair sebesar 77,250%, maka didapatkan nilai indeks plastisitas sebesar 21,463%. Menurut diagram plastisitas maka tanah termasuk kedalam jenis OH (Lempung organik) yang ditunjukkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5. 8 Diagram Plastisitas

Klasifikasi Tanah menggunakan metode AASHTO didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Tanah lolos saringan no. 200 diameter (0,075mm) (F) sebesar 86,265%. Karena (F) lebih besar dari 35%, maka tanah termasuk dalam jenis lanau atau lempung yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.

Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan no. 200)			
A-4	A-5	A-6	A-7
			A-7-5/A-7-6
-	-	-	-
36 min	36 min	36 min	36 min

Gambar 5. 9 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

2. Batas cair (LL) tanah asli sebesar 77,250% dan nilai indeks plastisitas (IP) sebesar 21,463%, maka tanah termasuk dalam kelompok A-5 , A-7-5 atau A-7-6 seperti pada lanjutan Gambar 5.9 dibawah ini.

Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan no. 200)			
A-4	A-5	A-6	A-7
			A-7-5/A-7-6
- - 36 min	- - 36 min	- - 36 min	- - 36 min
40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min
8 maks	12 maks	16 maks	20 maks

Lanjutan Gambar 5. 9 Sistem klasifikasi Tanah AASHTO

3. Untuk menentukan sampel tanah termasuk kelompok A-7-5 atau A-7-6 ialah dengan meninjau batas plastisnya. Batas plastis (PL) tanah yang sedang diuji sebesar 55,787%, karena nilai PL lebih besar dari 30% maka tanah asli yang sedang diuji termasuk kedalam kelompok A-7-5.
4. Indeks Kelompok (GI)

$$\begin{aligned}
 GI &= (f-35) [0,2+0,005(LL-40)] + 0.01 (F-15) (PI-10) \\
 &= (86,265-35) [0,2+0,005(77,250-40)] + 0.01 (86,265-15) (21,463-10) \\
 &= 27,970 \sim 28
 \end{aligned}$$

Klasifikasi umum	Material granuler (< 35% lolos saringan no. 200)						Tanah-tanah lanau-lempung (> 35% lolos saringan no. 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi kelompok	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Analisis saringan (% lolos) 2,00 mm (no. 10) 0,425 mm (no. 40) 0,075 mm (no. 200)	50maks 30 maks 15 maks	- 50 maks 25 maks	- 51 min 10 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 35 maks	- 36 min	- 36 min	- 36 min	- 36 min
Sifat fraksi lolos saringan no. 40 Batas cair (LL) Indeks plastis (PI)	- 6 maks	-	- Np	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min	40 maks 10 maks	41 min 10 maks	40 maks 11 min	41 min 11 min
Indeks kelompok (G)	0		0	0		4 maks		8 maks	12 maks	16 maks	20 maks
Tipe material yang pokok pada umumnya	Pecahan batu, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil berlanau atau berlempung dan pasir				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian umum sebagai tanah dasar	Sangat baik sampai baik						Sedang sampai buruk				

Lanjutan Gambar 5. 9 Sistem klasifikasi Tanah AASHTO

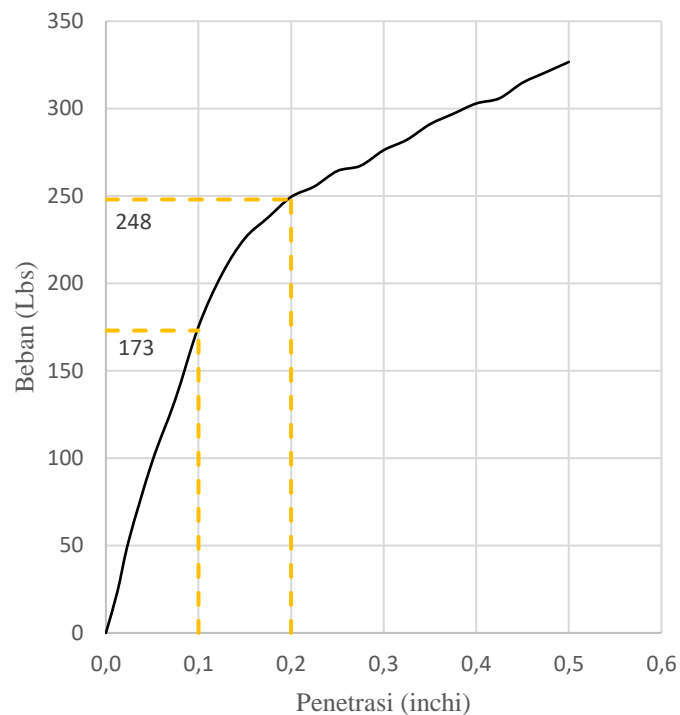
5.3 Pengujian Sifat Mekanis Tanah

Pengujian sifat mekanis tanah dilakukan dengan melakukan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR). Pengujian CBR dilakukan pada dua kondisi, kondisi pertama ialah kondisi tanah tidak direndam (*Unsoaked*) dan kondisi kedua ialah kondisi dengan tanah direndam (*Soaked*). Pengujian CBR *soaked* dilakukan untuk mengetahui kekuatan tanah pada kondisi terburuk (terendam air).

5.3.1 Pengujian CBR *Unsoaked*

Pengujian CBR bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara beban penetrasi sampel tanah asli yang sudah dicampur dengan asbuton terhadap kedalaman penetrasi dan kecepatan penetrasi beban yang sama. Pada pengujian CBR *unsoaked* benda uji diperam dengan variasi waktu peram selama 0, 3, dan 7 hari. Memberikan beban dengan kecepatan penetrasi yang teratur hingga kedalaman penetrasi mencapai 1,27 mm (0,005 inch). Dilakukan pembacaan beban penetrasi dengan interval 0,025 (0,64 mm), sampai dengan penetrasi 0,5 inch (12,4 mm). Data hasil pembacaan kemudian disajikan dalam bentuk grafik, nilai CBR dapat ditentukan dengan membagi masing- masing beban CBR penetrasi 0,1 dan 0,2 inch dengan beban standar 70,31 kg (1000 psi) dan 105,47 kg (1500 psi). Nilai CBR dinyatakan dalam persen (%).

Jika grafik hasil pengujian harus mengharuskan untuk dikoreksi, maka beban penetrasi 0,1 dan 0,2 inch yang digunakan adalah beban yang terkoreksi. Pengujian harus diulang jika beban penetrasi 0,1 inch lebih kecil daripada beban penetrasi 0,2 inch. Apabila setelah dilakukan pengujian kedua nilai CBR penetrasi 0,1 inch masih lebih kecil dari nilai CBR penetrasi 0,2 inch, maka nilai CBR yang dipakai ialah nilai CBR yang terbesar. Hasil pengujian CBR tanah asli disajikan pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 berikut.



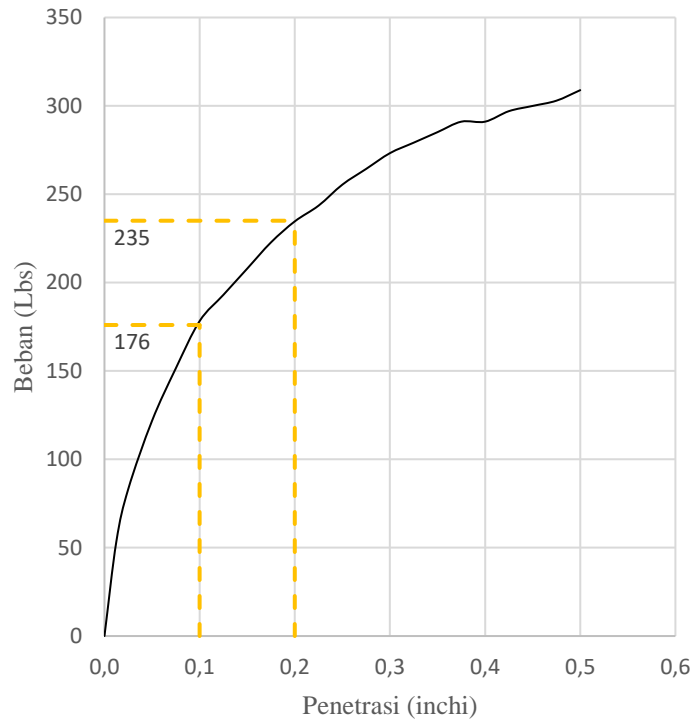
Gambar 5. 10 Grafik CBR Tanah Asli Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) Sampel Satu

Harga CBR penetrasi 0,1 inch dan CBR penetrasi 0,2 inch dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$CBR_{0,1"} = \frac{173}{3 \times 1000} \times 100\% = 5,767\%$$

$$CBR_{0,2"} = \frac{248}{3 \times 1500} \times 100\% = 5,511\%$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan harga CBR penetrasi 0,1” sebesar 5,767% lebih besar dari harga CBR penetrasi 0,2” sebesar 5,511%. Maka harga CBR yang digunakan ialah 5,767%.



Gambar 5. 11 Grafik CBR Tanah Asli Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) Sampel Dua

Harga CBR penetrasi 0,1 inch dan CBR penetrasi 0,2 inch dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$CBR_{0,1"} = \frac{176}{3 \times 1000} \times 100\% = 5,867\%$$

$$CBR_{0,2"} = \frac{235}{3 \times 1500} \times 100\% = 5,222\%$$

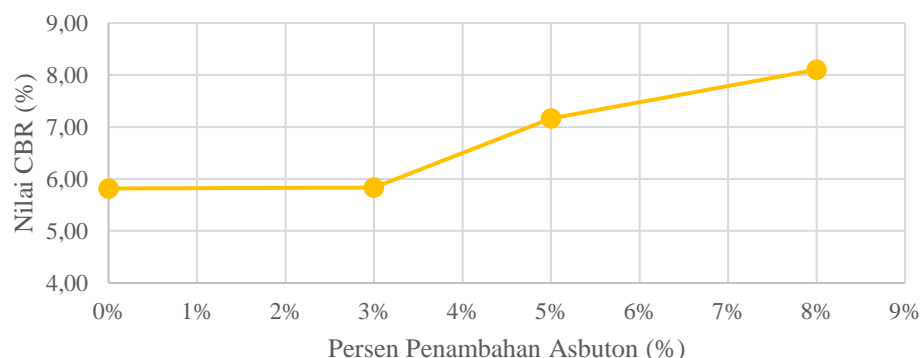
Dari perhitungan tersebut didapatkan harga CBR penetrasi 0,1” sebesar 5,867% lebih besar dari harga CBR penetrasi 0,2” sebesar 5,222%. Maka harga CBR yang digunakan ialah 5,867%. Dari kedua sampel tanah asli yang sudah diuji maka didapatkan harga CBR rata-ratanya sebesar 5,820%. Hasil Rekapitulasi

pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) tanah asli dan tanah yang dicampur dengan asbuton dapat pada Tabel 5.25 dan Gambar 5.12.

Tabel 5. 25 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

No	Persen Penambahan	Keterangan	Nilai CBR	CBR rata-rata
1	0%	Unsoaked	5,77	5,82
			5,87	
2	3%	Unsoaked	5,67	5,83
			6	
3	5%	Unsoaked	7	7,17
			7,33	
4	8%	Unsoaked	7,53	8,1
			8,67	

Hubungan antara harga CBR terhadap variasi penambahan campuran asbuton dan waktu peram dapat dilihat pada Gambar 5.12.



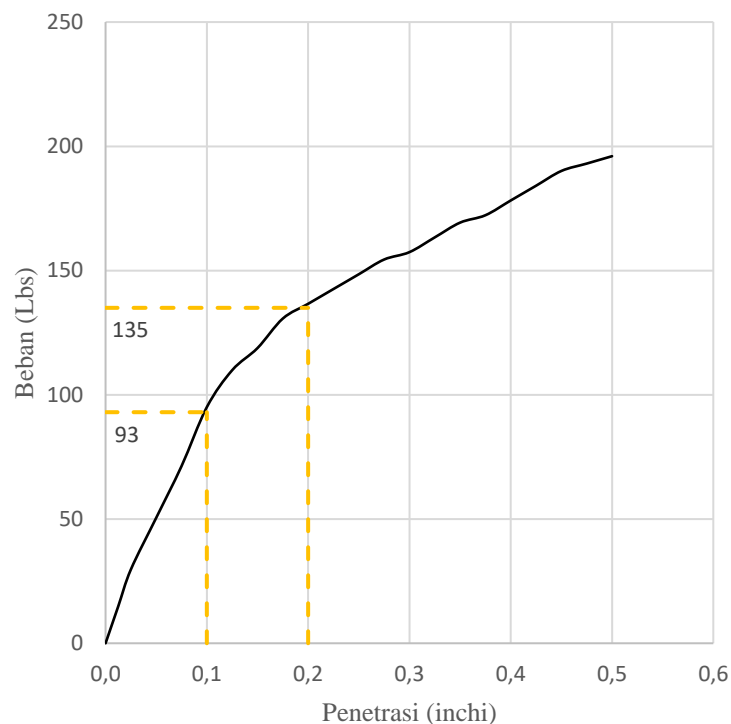
Gambar 5. 12 Grafik Peningkatan Nilai CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) Terhadap Penambahan Presentase Asbuton

Dari grafik di atas menunjukkan terjadinya peningkatan CBR seiring dengan peningkatan campuran asbuton yang digunakan. Pada penambahan campuran asbuton 3% terjadi peningkatan nilai CBR menjadi sebesar 5,83%, nilai CBR meningkat pada kadar asbuton 5% menjadi 7,17%, kemudian terus meningkat pada kadar asbuton 8% dengan nilai CBR sebesar 8,10%, dari pengujian tersebut penambahan asbuton 8% dapat meningkatkan nilai CBR sebesar 39,255% dari nilai

CBR tanah asli. Hal ini menunjukkan penambahan campuran asbuton pada campuran tanah dapat meningkatkan nilai CBR.

5.3.2 Pengujian CBR *Soaked*

Hasil pengujian CBR *soaked* dapat dilihat pada Gambar 5.13 dan Gambar 5.14 berikut.



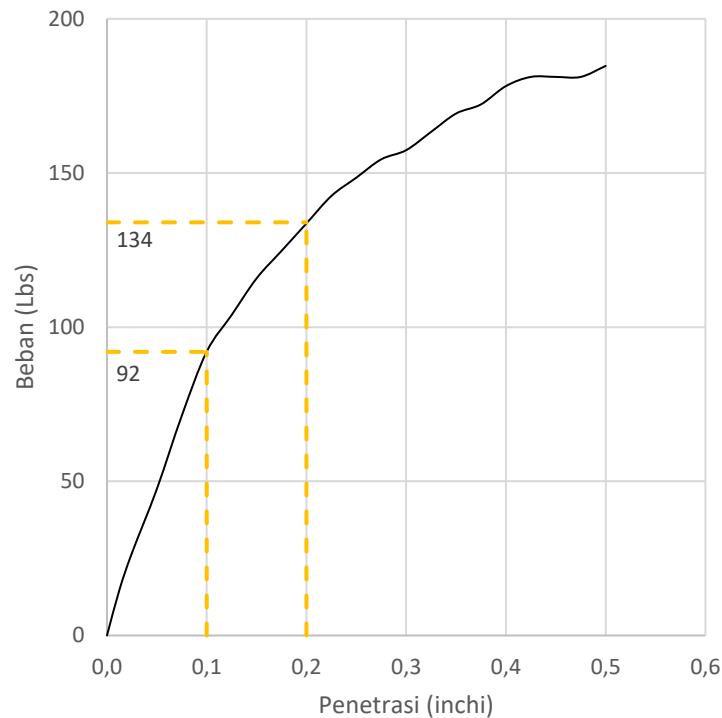
Gambar 5. 13 Hasil Pengujian CBR Rendaman (*Soaked*) Pada Tanah Asli Sampel Satu

Harga CBR penetrasi 0,1 inch dan CBR penetrasi 0,2 inch dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$CBR\ 0,1'' = \frac{93}{3 \times 1000} \times 100\% = 3,1\%$$

$$CBR\ 0,2'' = \frac{135}{3 \times 1500} \times 100\% = 3\%$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan harga CBR penetrasi 0,1'' sebesar 3,1% lebih besar dari harga CBR penetrasi 0,2'' sebesar 3%. Maka harga CBR yang digunakan ialah 3,1%.



Gambar 5. 14 Hasil Pengujian CBR Rendaman (*Soaked*) Pada Tanah Asli Sampel Dua

Harga CBR penetrasi 0,1 inch dan CBR penetrasi 0,2 inch dapat dicari dengan persamaan berikut.

$$CBR\ 0,1'' = \frac{92}{3 \times 1000} \times 100\% = 3,067\%$$

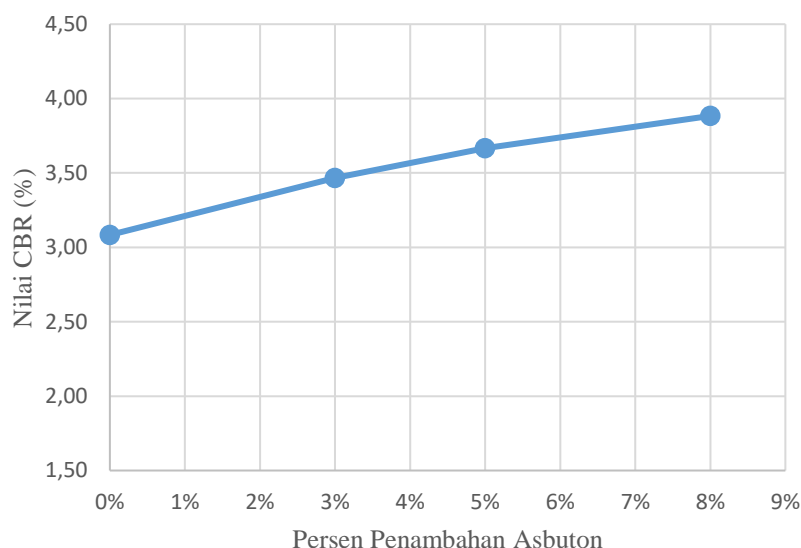
$$CBR\ 0,2'' = \frac{134}{3 \times 1500} \times 100\% = 2,978\%$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan harga CBR penetrasi 0,1'' sebesar 3,067% lebih besar dari harga CBR penetrasi 0,2'' sebesar 2,978%. Maka harga CBR yang digunakan ialah 3,067%. Dari kedua sampel tanah asli yang sudah diuji maka didapatkan harga CBR rata-ratanya sebesar 3,08%. Hasil Rekapitulasi pengujian CBR tanpa rendaman (*unsoaked*) tanah asli dan tanah yang dicampur dengan asbuton dapat pada Tabel 5.26 dan Gambar 5.15.

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Rendaman (*Soaked*)

No	Persen Penambahan	Waktu Peram (hari)	Keterangan	Nilai CBR	CBR rata-rata
1	0%	4	Soaked	3,1	3,08
				3,07	
2	3%	4	Soaked	3,57	3,47
				3,37	
3	5%	4	Soaked	4	3,67
				3,33	
4	8%	4	Soaked	3,83	3,88
				3,93	

Hubungan antara harga CBR *soaked* terhadap variasi penambahan campuran asbuton dan waktu peram dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Grafik Peningkatan Nilai CBR Rendaman (*Soaked*) Terhadap Penambahan Presentase Asbuton

Berdasarkan hasil pengujian CBR *soaked* tersebut terjadi peningkatan nilai CBR pada variasi penambahan kadar asbuton 8% sebesar 3,88% dari nilai CBR tanah asli sebesar 3,08% hal ini menunjukkan penambahan kadar asbuton dapat memperbaiki nilai CBR tanah asli rendaman sebesar 25,946%.

5.3.3 Pembahasan Hasil Pengujian CBR

Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013 telah mengatur persyaratan nilai CBR minimum yang dapat digunakan sebagai lapisan tanah dasar jalan (*subgrade*) adalah sebesar 6% yang didapat dengan perendaman selama 4 hari (*CBR soaked*). Dari hasil pengujian *CBR soaked* didapatkan nilai *CBR soaked* tertinggi sebesar 3,88%, hasil tersebut tentunya belum memenuhi standar minimum *CBR soaked* yang ditentukan 'Manual Desain Perkerasan Jalan Nomor 02/M/BM/2013'. Berdasarkan Tabel 3.7, tanah tersebut masuk kedalam 'kelas kekuatan tanah dasar' SG3, diperlukan perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi dengan kapur atau timbunan pilihan dengan pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas.

Nilai *CBR soaked* yang masih belum sesuai spesifikasi tersebut dikarenakan partikel kandungan mineral asbuton yang terdiri dari mineral kapur tidak bereaksi dengan sampel tanah yang diuji, hal ini terjadi karena kandungan aspal dalam asbuton masih terikat dengan kandungan mineralnya sendiri (kandungan kapur pada asbuton). Pemanasan pada material asbuton diperlukan karena aspal bersifat termoplastik yaitu pada temperatur tinggi aspal akan melunak dan pada temperatur rendah akan mengeras dan memadat, oleh karena itu aspal juga bersifat viskoelastik dimana aspal akan bersifat sangat *viscous* (sangat kental) pada temperatur tinggi dan akan mengeras hingga memadat pada temperatur rendah. Tidak adanya proses pemanasan pada saat pembuatan benda uji membuat material asbuton yang berupa butiran padat tidak dapat mencair sehingga kandungan aspal tidak bisa melapisi sampel tanah yang akan diuji.