

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Sifat Fisik Tanah Asli

Hasil pengujian sifat fisik tanah asli meliputi uraian berikut.

5.1.1 Analisis Data Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

1. Pengujian Kadar Air

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan kadar air yang terkandung dalam suatu tanah. Kadar air dinyatakan dalam prosentasi terhadap berat tanah dalam kering, sehingga perhitungan kadar air menggunakan Persamaan 3.1 dan hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli

No	Pengujian	Satuan	1	2
1	Berat Countainer (W1)	gr	22,15	22,12
2	Berat Countainer + tanah basah (W2)	gr	47,18	45,61
3	Berat Countainer + tanah kering (W3)	gr	40,41	39,19
4	Berat air ($W_w = W_2 - W_3$)	gr	6,77	6,42
5	Berat tanah kering ($W_s = W_3 - W_1$)	gr	18,26	17,07
6	Kadar air ($w = W_w : W_s \times 100\%$)	%	37,0756	37,6098
7	Kadar air rata-rata	%	37,343	

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh nilai kadar air tanah asli sebesar 37,343 %. Hasil perhitungan dan pengujian kadar air secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 67 dan 68.

2. Pengujian Berat Volume

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah, berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total. Perhitungan berat volume tanah asli menggunakan Persamaan 3.2 dan hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli

No	Pengujian	Satuan	1	2
1	Diameter ring (d)	cm	5	5
2	Tinggi ring (t)	cm	2	2
3	Volume ring (V)	cm ³	39,270	39,270
4	Berat ring (W1)	gr	34,17	34,17
5	Berat ring + tanah basah (W2)	gr	99,92	98,95
6	Berat tanah basah (W3 = W2 - W1)	gr	65,75	64,78
7	Berat volume tanah ($\gamma_b = W3/V$)	gr/cm ³	1,674	1,650
8	Berat volume rata-rata	gr/cm ³	1,662	

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh berat volume tanah asli sebesar 1,662 gr/cm³. Hasil perhitungan dan pengujian berat volume secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 69 dan 70.

3. Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah, berat jenis tanah adalah nilai perbandingan berat butiran tanah dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada temperature tertentu, biasanya diambil pada suhu 27,5°C. Perhitungan berat jenis tanah menggunakan Persamaan 3.3 dan hasil pengujian berat volume dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Asli

No	Pengujian	Satuan	1	2
1	Berat piknometer (W1)	gr	36,87	38,73
2	Berat piknometer + Tanah kering (W2)	gr	75,52	70,6
3	Berat piknometer + Tanah + air penuh (W3)	gr	167,24	158,17
4	Berat piknometer + air penuh (W4)	gr	143,3	138,64
5	Suhu air (t°C)	°C	26	26
6	γ_w pada suhu (t°C)	gr/cm ³	0,9968	
7	γ_w pada suhu (27,5°C)	gr/cm ³	0,9964	
8	Berat tanah kering (Ws = W2 - W1)	gr	38,65	31,87
9	A = Ws + W4	gr	181,95	170,51
10	I = A - W3	gr	14,71	12,34
11	Berat jenis tanah pada suhu (t°C), Gs(t°C) = Ws/I		2,627	2,583
12	Berat jenis tanah pada suhu (27,5°C) = Gs(t°C) x (γ_w t°C / γ_w 27,5°C)		2,629	2,584
13	Berat jenis rata-rata suhu (27,5°C)		2,61	

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh berat jenis tanah asli sebesar $2,61 \text{ gr/ cm}^3$. Hasil perhitungan dan pengujian berat jenis secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 71 dan 72.

4. Pengujian Analisa Granuler

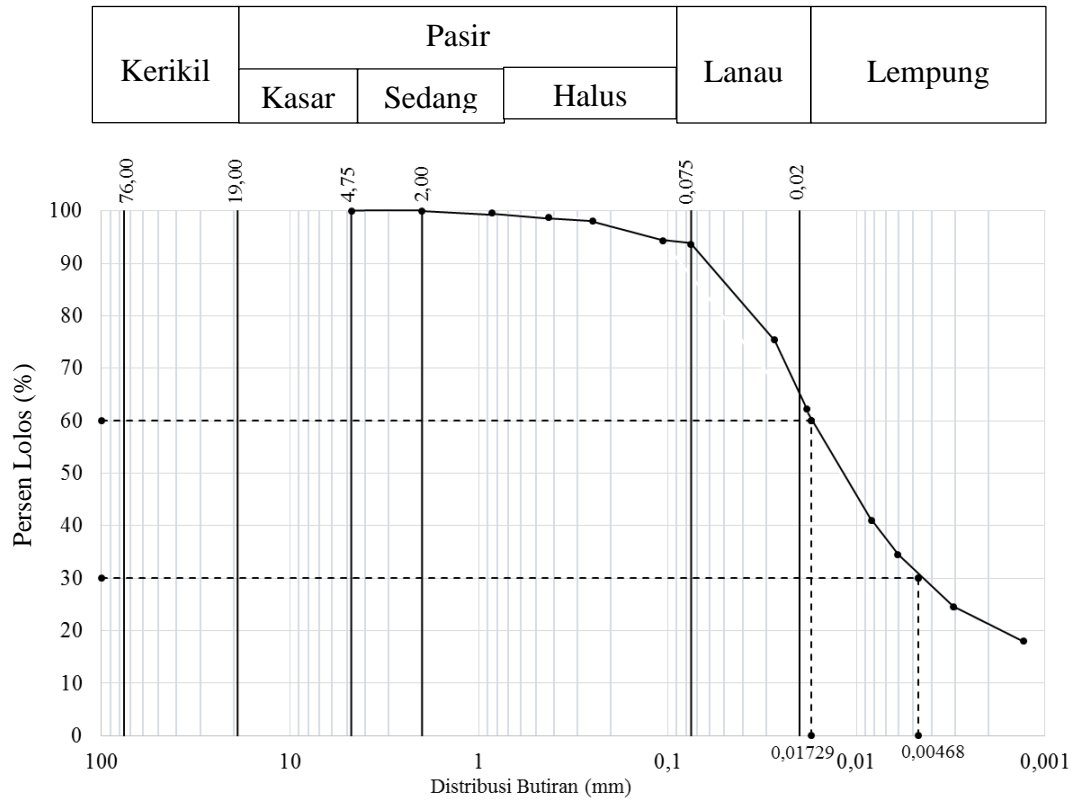
Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jenis tanah yang terdiri dari pengujian analisa saringan dan pengujian analisa hidrometer. Analisa saringan adalah metode yang dipakai untuk menentukan penyebaran distribusi butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih besar dari 0,075 mm. Analisa hidrometer ini bertujuan untuk menentukan penyebaran butiran tanah yang mempunyai ukuran lebih kecil dari 0,075 mm. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, Tabel 5.6, Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, Gambar 5.1, Gambar 5.2, dan Gambar 5.3 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 1

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	0,4	999,6	0,0401	99,9599
20	0,85	4,23	995,37	0,4243	99,5355
40	0,425	7,49	987,88	0,7514	98,7841
60	0,25	6,65	981,23	0,6671	98,1170
140	0,106	38,26	942,97	3,8382	94,2789
200	0,075	6,14	936,83	0,6160	93,6629
Pan		936,83	0	93,9809	0
Jumlah		996,83		100	

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisa Hirometer Sampel 1

t	T	Ra	Rc	% Lolos	R	L	L/t	K	D
Menit	°C		Ra-z		Ra+m	cm			mm
0	25	50	52	85,2332	53	7,6	0	0,0131	0
2	25	44	46	75,3986	47	8,6	4,3	0,0131	0,0271
5	25	36	38	62,2858	39	9,9	1,98	0,0131	0,0184
30	25	23	25	40,9775	26	12	0,4	0,0131	0,0083
60	25	19	21	34,4211	22	12,7	0,2117	0,0131	0,0060
250	25	13	15	24,5865	16	13,7	0,0548	0,0131	0,0031
1440	25	9	11	18,0301	12	14,3	0,0099	0,0131	0,0013



Gambar 5.1 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer Sampel 1

Berdasarkan dari grafik diatas didapatkan presentase ukuran butiran pada tanah asli sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Prosentase Analisa Butiran, Koefisien Keseragaman (Cu), dan Koefisien Gradasi (Cc) Tanah Asli Sampel 1

Lolos #200	93,663	D 60	0,01729
Kerikil	0,000	D 30	0,00468
Pasir	6,337	D 10	0
Lanau	31,377	Cu	-
Lempung	62,286	Cc	-

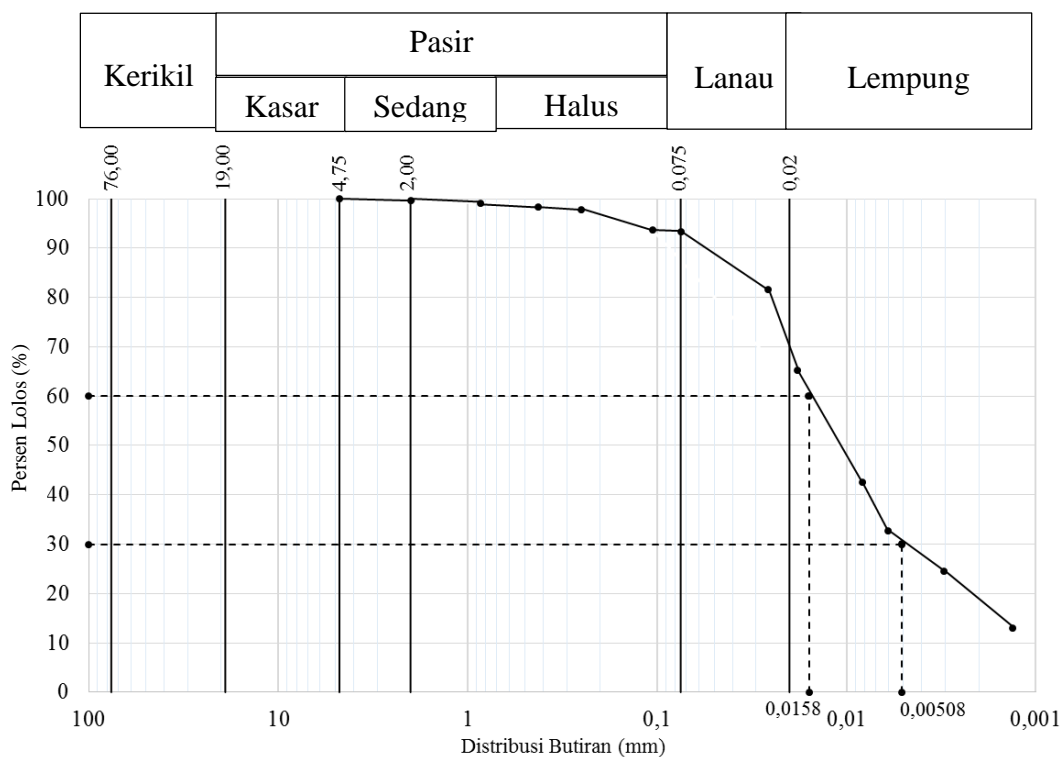
Berdasarkan tabel diatas, diperoleh tanah asli sampel 1 terdiri dari pasir sebesar 6,337%, lanau sebesar 31,377%, dan lempung sebesar 62,286%. Adapun hasil pengujian analisa granuler sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.7, Tabel 5.8, dan Gambar 5.2 berikut ini.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel 2

No. Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat tanah Lolos	% Tertahan	% Lolos
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	3,6	996,4	0,3623	99,6377
20	0,85	5,2	991,2	0,5233	99,1144
40	0,425	7,28	983,92	0,7326	98,3818
60	0,25	6,73	977,19	0,6773	97,7046
140	0,106	39,64	937,55	3,9891	93,7155
200	0,075	3,84	933,71	0,3864	93,3290
Pan		933,71	0	93,9620	0
Jumlah		993,71		100	

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Analisa Hirometer Sampel 2

t	T	Ra	Rc	% Lolos	R	L	L/t	K	D
Menit	°C		Ra-z		Ra+m	cm			mm
0	25	55	57	93,0957	58	6,8	0	0,0131	0
2	25	48	50	81,6629	51	7,9	3,95	0,0131	0,0260
5	25	38	40	65,3303	41	9,6	1,92	0,0131	0,0181
30	25	24	26	42,4647	27	11,9	0,3967	0,0131	0,0082
60	25	18	20	32,6652	21	12,9	0,215	0,0131	0,0061
250	25	13	15	24,4989	16	13,7	0,0548	0,0131	0,0031
1440	25	6	8	13,0661	9	14,8	0,0103	0,0131	0,0013



Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian Analisa Saringan dan Analisa Hidrometer Sampel 2

Berdasarkan dari grafik diatas didapatkan presentase ukuran butiran pada tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Prosentase Analisa Butiran, Koefisien Keseragaman (Cu), dan Koefisien Gradasi (Cc) Tanah Asli Sampel 2

Lolos #200	93,329	D 60	0,0158
Kerikil	0	D 30	0,0051
Pasir	6,6710	D 10	0
Lanau	27,999	Cu	-
Lempung	65,3303	Cc	-

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh tanah asli sampel 2 terdiri dari pasir sebesar 6,671%, lanau sebesar 27,999%, dan lempung sebesar 65,3303%. Dari pengujian sampel 1 dan 2 yang telah dilakukan, diperoleh hasil pengujian analisa granuler seperti pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Hasil Persen Lolos Uji Analisa Granuler

Sampel 1		Sampel 2		Rata-Rata	
Diameter, D (mm)	Persen Lolos (%)	Diameter, D (mm)	Persen Lolos (%)	Diameter, D (mm)	Persen Lolos (%)
4,75	100	4,75	100	4,75	100
2	99,960	2	99,638	2	99,7988
0,85	99,536	0,85	99,114	0,85	99,32498
0,425	98,784	0,425	98,382	0,425	98,58298
0,25	98,117	0,25	97,705	0,25	97,9108
0,106	94,279	0,106	93,715	0,106	93,99717
0,075	93,663	0,075	93,329	0,075	93,49598
0	85,233	0	93,096	0	89,16448
0,027	75,399	0,026	81,663	0,02652	78,53078
0,018	62,286	0,018	65,330	0,01824	63,80808
0,008	40,978	0,008	42,465	0,00824	41,72112
0,006	34,421	0,006	32,665	0,00603	33,54314
0,003	24,587	0,003	24,499	0,00306	24,54269
0,001	18,030	0,001	13,066	0,00131	15,54809

Berdasarkan tabel diatas hasil persen lolos uji analisa saringan dan hasil persen lolos uji hidrometer didapatkan grafik analisa granuler dimana sampel 1 dan 2 sudah diketahui rata-rata dari keduanya. Adapun presentase ukuran butiran pada tanah asli kedua sampel rata-rata dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Prosentase Analisa Butiran, Koefisien Keseragaman (Cu), dan Koefisien Gradasi (Cc) Tanah Asli Rata-Rata Sampel 1 dan Sampel 2

Lolos #200	93,496	D 60	0,0165
Kerikil	0	D 30	0,0049
Pasir	6,504	D 10	0
Lanau	29,688	Cu	-
Lempung	63,8081	Cc	-

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh tanah yang berasal dari desa Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta terdiri dari pasir sebesar 6,504%, lanau sebesar 29,688%, dan lempung sebesar 63,808%. Berdasarkan hasil tersebut tanah berjenis lempung kelanauan. Hasil perhitungan

dan pengujian analisa granuler secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 76.

5. Pengujian Batas-batas Atterberg

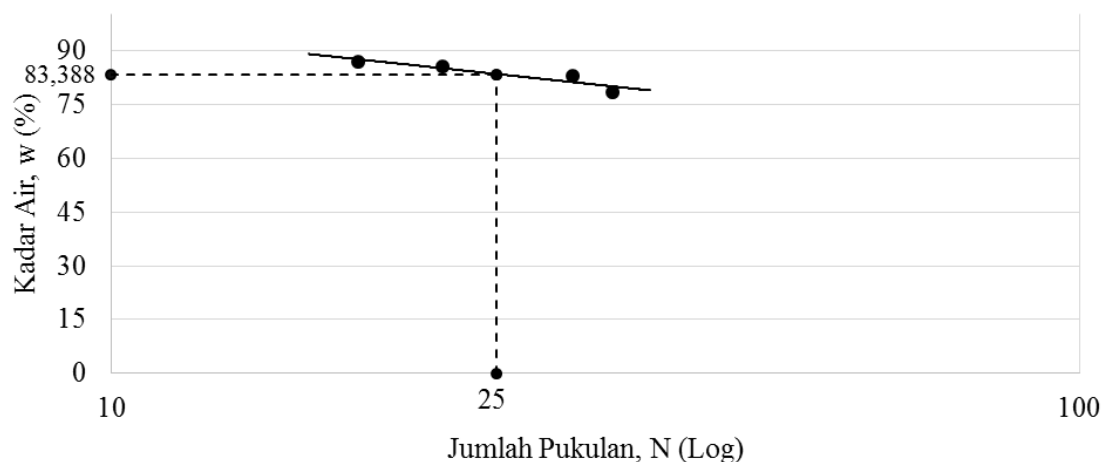
1) Batas Cair

Batas cair didefinisikan sebagai kadar air yang terkandung di dalam tanah pada perbatasan antara fase cair dan fase plastis. Pengujian batas cair dimaksudkan untuk menentukan besarnya kadar air di dalam tanah pada saat fase tanah akan berubah dari air menjadi plastis atau sebaliknya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.12, Tabel 5.13, Gambar 5.3, dan Gambar 5.4 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 1

No	Pengujian	Satuan	I		II		III		IV	
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	No Cawan									
2	Berat cawan	gr	9,82	12,7	12,8	12,83	9,49	12,9	12,7	12,8
3	Berat Cawan + tanah basah	gr	22,1	26,5	24,4	25	20,3	26,9	21,7	22,3
4	Berat cawan + tanah kering	gr	16,38	20,1	19,1	19,39	15,4	20,5	17,8	18,1
5	Berat air	gr	5,72	6,42	5,36	5,61	4,92	6,36	3,98	4,17
6	Berat tanah kering	gr	6,56	7,4	6,29	6,56	5,93	7,67	5,07	5,34
7	Kadar air	%	87,2	86,8	85,2	85,52	83	82,9	78,5	78,1
8	kadar air rata-rata	%	86,9759		85,3665		82,9442		78,2954	
9	Jumlah pukulan, N	%	18		22		30		33	

Berdasarkan tabel diatas, maka didapatkan grafik perbandingan jumlah pukulan terhadap kadar air. Grafik perbandingan jumlah pukulan terhadap kadar air dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



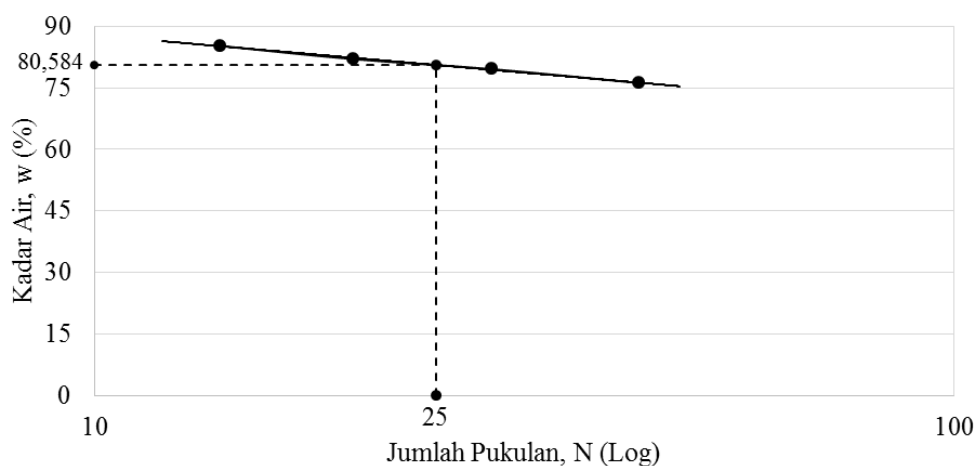
Gambar 5.3 Grafik Perbandingan Nilai Kadar Air vs Jumlah Pukulan Sampel 1

Berdasarkan gambar diatas, nilai batas cair sampel 1 sebesar 83,388%. Adapun hasil pengujian batas cair sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.13, dan Gambar 5.4 berikut ini.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel 2

No	Pengujian	Satuan	I		II		III		IV	
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	No Cawan									
2	Berat cawan	gr	12,6	12,84	12,6	12,87	12,63	12,76	12,28	12,82
3	Berat Cawan + tanah basah	gr	19,19	21,44	21,48	26,9	21,21	22,63	22,84	20,88
4	Berat cawan + tanah kering	gr	16,15	17,49	17,5	20,54	17,42	18,24	18,29	17,38
5	Berat air	gr	3,04	3,95	3,98	6,36	3,79	4,39	4,55	3,5
6	Berat tanah kering	gr	3,55	4,65	4,9	7,67	4,79	5,48	6,01	4,56
7	Kadar air	%	85,634	84,946	81,224	82,9205	79,123	80,109	75,707	76,754
8	kadar air rata-rata	%	85,2900		82,0725		79,6163		76,2308	

Berdasarkan tabel diatas, maka didapatkan grafik perbandingan jumlah pukulan terhadap kadar air. Grafik perbandingan jumlah pukulan terhadap kadar air dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Nilai Kadar Air vs Jumlah Pukulan Sampel 2

Berdasarkan gambar diatas, diperoleh batas cair tanah asli sampel 2 sebesar 80,584%. Dari hasil perhitungan dan grafik sampel 1 dan 2 diatas didapat nilai kadar air pada pukulan 25 dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Nilai Batas Cair (LL)

	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Batas Cair, LL (%)	83,388	80,584	81,986

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh batas cair (LL) sampel tanah sebesar 82,481%. Hasil perhitungan dan pengujian batas cair secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 82 sampai 83.

2) Batas Plastis

Batas plastis didefinisikan sebagai kadar air di dalam tanah pada fase antara plastis dan semi padat. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan besarnya kadar air di dalam tanah pada saat tanah akan berubah dari fase plastis menjadi fase semi padat atau sebaliknya. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.15 berikut.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Batas Plastis

No	Pengujian	Satuan	Sampel 1		Sampel 2	
1	Berat cawan	gr	9,09	9,1	8,93	9,25
2	Berat cawan + tanah basah	gr	10,16	9,96	9,58	10,9
3	Berat cawan + tanah kering	gr	9,91	9,76	9,42	10,5
4	Berat air	gr	0,25	0,2	0,16	0,4
5	Berat tanah kering	gr	0,82	0,66	0,49	1,25
6	Kadar air	%	30,4878	30,303	32,6531	32
7	Berat kadar air rata-rata	%	31,3610			

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh batas plastis (*PL*) sampel tanah sebesar 31,361%. Setelah mendapatkan hasil nilai batas cair (*LL*) dan batas plastis (*PL*), dengan menggunakan Persamaan 3.5 $IP = LL - PL$, didapat nilai indeks plastisitas sebesar 51,12%. Hasil perhitungan dan pengujian batas plastis (*PL*) secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 86.

3) Batas Susut

Batas susut diindikasikan sebagai kadar air dimana pengurangan kadar air pada tanah tidak lagi mempengaruhi volume total tanah. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar air di dalam tanah pada saat tanah berubah dari fase semi padat menjadi padat. Perhitungan batas susut tanah menggunakan Persamaan 3.4 dan hasil pengujian batas susut dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Batas Susut

No	Pengujian	Satuan	1	2
1	Berat cawan susut (W1)	gr	39,8	46,19
2	Berat cawan susut + tanah basah (W2)	gr	61,27	64,89
3	Berat cawan susut + tanah kering (W3)	gr	51,43	56,35
4	Berat tanah kering (Wo)	gr	11,63	10,16
5	Kadar air	%	84,609	84,055
6	Diameter ring (d)	cm	4,231	4,133
7	Tinggi ring (t)	cm	1,045	1,124
8	Volume ring (V)	cm ³	14,692	15,080
9	Berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur (W4)	gr	153,76	172,55
10	Berat gelas ukur (W5)	gr	52,04	52,04

Lanjutan Tabel 5.16 Hasil Pengujian Batas Susut

11	Berat air raksa (W_6)	gr	101,72	120,51
12	Berat tanah kering (W_o)	gr	11,63	10,16
13	Volume tanah kering (V_o)	cm ³	7,479	8,861
14	Batas susut tanah (SL)	%	22,588	22,850
15	Batas susut rata-rata	%	22,719	

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh batas susut (SL) tanah sebesar 22,719%. Hasil perhitungan dan pengujian batas susut secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 87 dan 88.

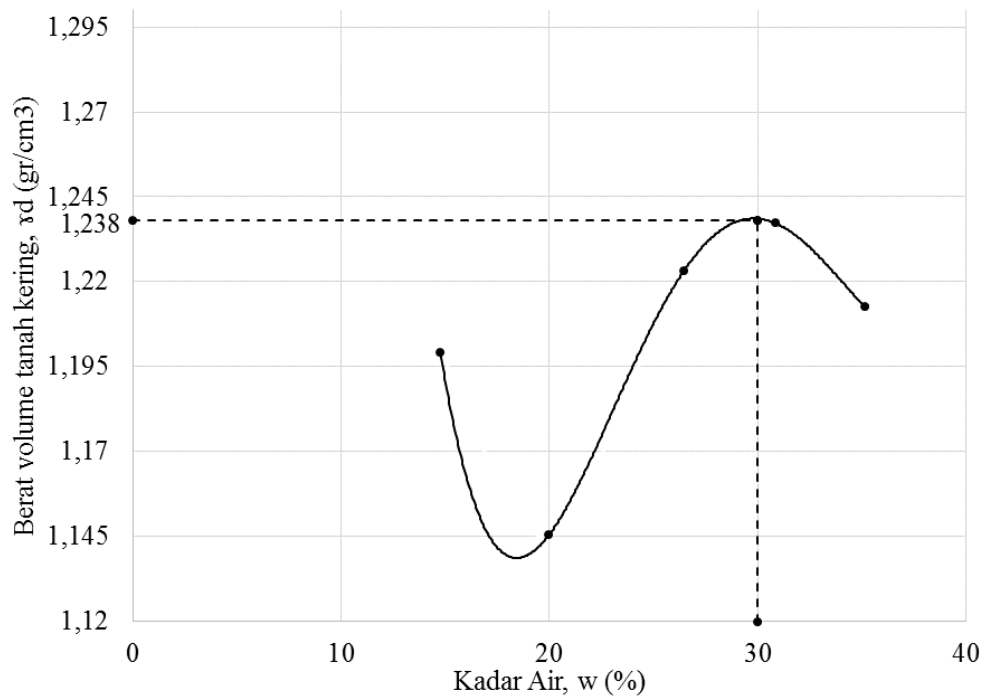
6. Pemadatan Tanah

Pemadatan adalah proses yang dilakukan untuk merapatkan butiran tanah yang satu dengan yang lain, sehingga partikel tanah saling berdekatan dan pori tanah menjadi kecil. Pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan kepadatan tanah maksimum pada energi standar dan untuk mengetahui kadar air optimum. Hasil pengujian pemadatan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.17, Tabel 5.18, Gambar 5.5, dan Gambar 5.6 berikut.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	Kepadatan maksimum, MDD (γ_{dmaks})	gr/cm ³	1,2380
2	Kadar air optimum, OMC (w_{opt})	%	30

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh grafik pemadatan tanah sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



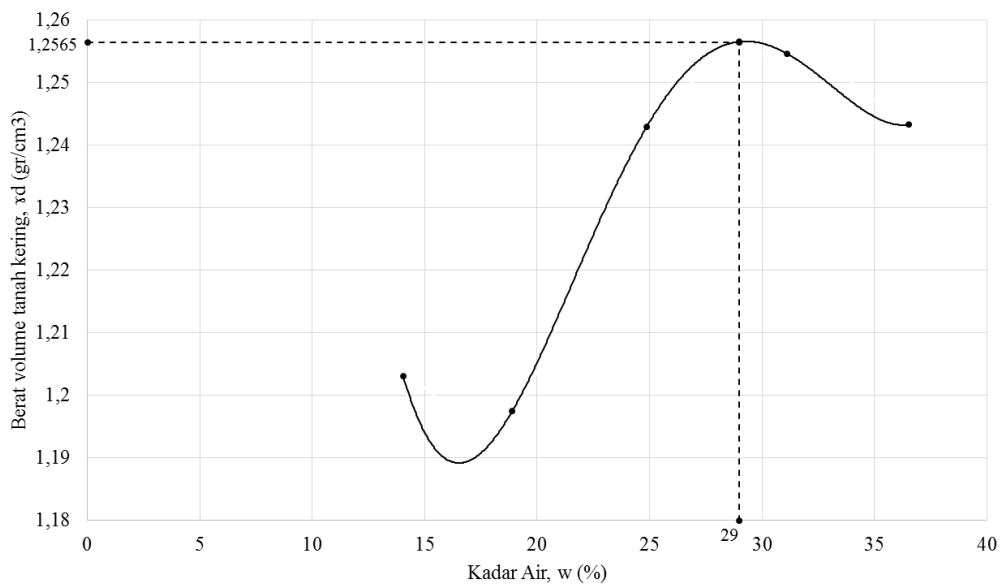
Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 1

Berdasarkan gambar diatas, nilai kepadatan maksimum (*MDD*) dan kadar air optimum (*OMC*) sampel 1 sebesar 1,238 gr/cm³ dan 30%. Adapun hasil pengujian pemadatan tanah sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.18, dan Gambar 5.6 berikut ini.

Tabel 5.18 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

No	Parameter	Satuan	Hasil
1	Kepadatan maksimum, <i>MDD</i> (γ_{dmaks})	gr/cm ³	1,2560
2	Kadar air optimum, <i>OMC</i> (w_{opt})	%	29

Berdasarkan perhitungan diatas, diperoleh grafik pemadatan tanah sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Grafik Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel 2

Berdasarkan gambar diatas, nilai kepadatan maksimum (*MDD*) dan kadar air optimum (*OMC*) sampel 1 sebesar 1,2565 gr/cm³ dan 29%. Adapun hasil pengujian pemadatan tanah sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

Tabel 5.19 Nilai Pengujian Pemadatan Tanah

No	Parameter	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
1	Kepadatan maksimum, <i>MDD</i> (ρ_{dmaks})	gr/cm ³	1,2380	1,2560	1,2470
2	Kadar air optimum, <i>OMC</i> (w_{opt})	%	30	29	30

Berdasarkan tabel diatas, diperoleh nilai kepadatan maksimum tanah (*MDD*) sebesar 1,2470 gr/cm³ dengan kadar air optimum (*OMC*) sebesar 30%. Hasil perhitungan dan pengujian pemadatan tanah secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran halaman 89 sampai 93.

5.1.2 Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian terhadap tanah asli yang berasal dari Desa Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII, disimpulkan seperti pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

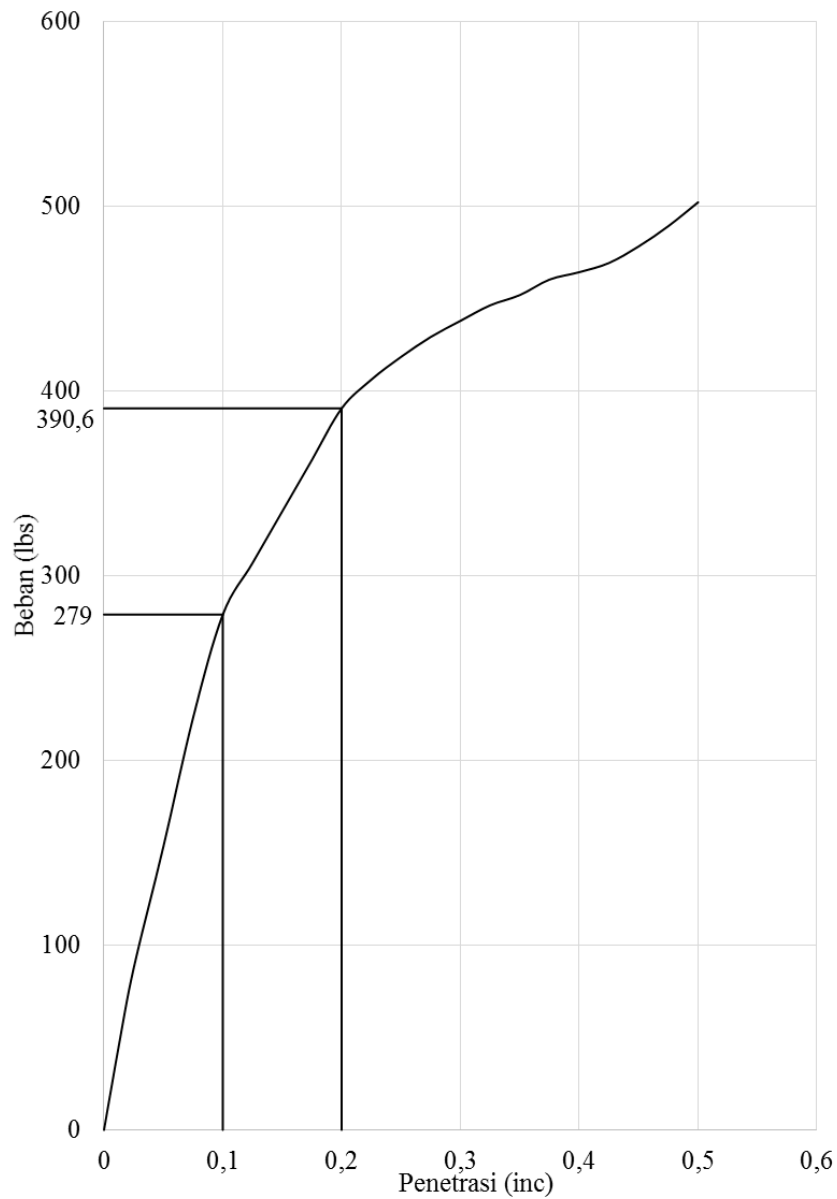
Parameter	Satuan	Nilai
Kadar air	%	37,343
Berat jenis		2,61
Berat Volume	gr/cm ³	1,662
Analisa saringan		
Lolos #200	%	93,496
Kerikil	%	0
Pasir	%	6,504
Lanau	%	29,688
Lempung	%	63,808
Batas-batas Konsistensi		
Batas Cair (<i>LL</i>)	%	81,986
Batas Plastis (<i>PL</i>)	%	31,361
Batas Susut (<i>SL</i>)	%	22,719
Indeks Plastisitas (<i>PI</i>)	%	50,625
Proktor Standar		
<i>MDD</i>	gr/cm ³	1,247
<i>OMC</i>	%	30

5.2 Pengujian *California Bearing Ratio* (*CBR*)

Salah satu cara untuk mengukur kekokohan (*bearing*) lapisan tanah adalah pengujian *California Bearing Ratio* (*CBR*). Pengujian ini untuk menentukan kekokohan permukaan lapisan tanah yang umumnya akan dipakai sebagai lapisan tanah dasar konstruksi.

5.2.1 Hasil Pengujian *CBR* Tanah Asli tanpa Rendaman (*Unsoaked*)

Hasil pengujian *CBR* tanah asli tanpa rendaman sampel 1 dan sampel 2 dapat di lihat pada Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.8 Grafik Pengujian *CBR* Tanah Asli tanpa Rendaman (*Unsoaked*) Sampel 1

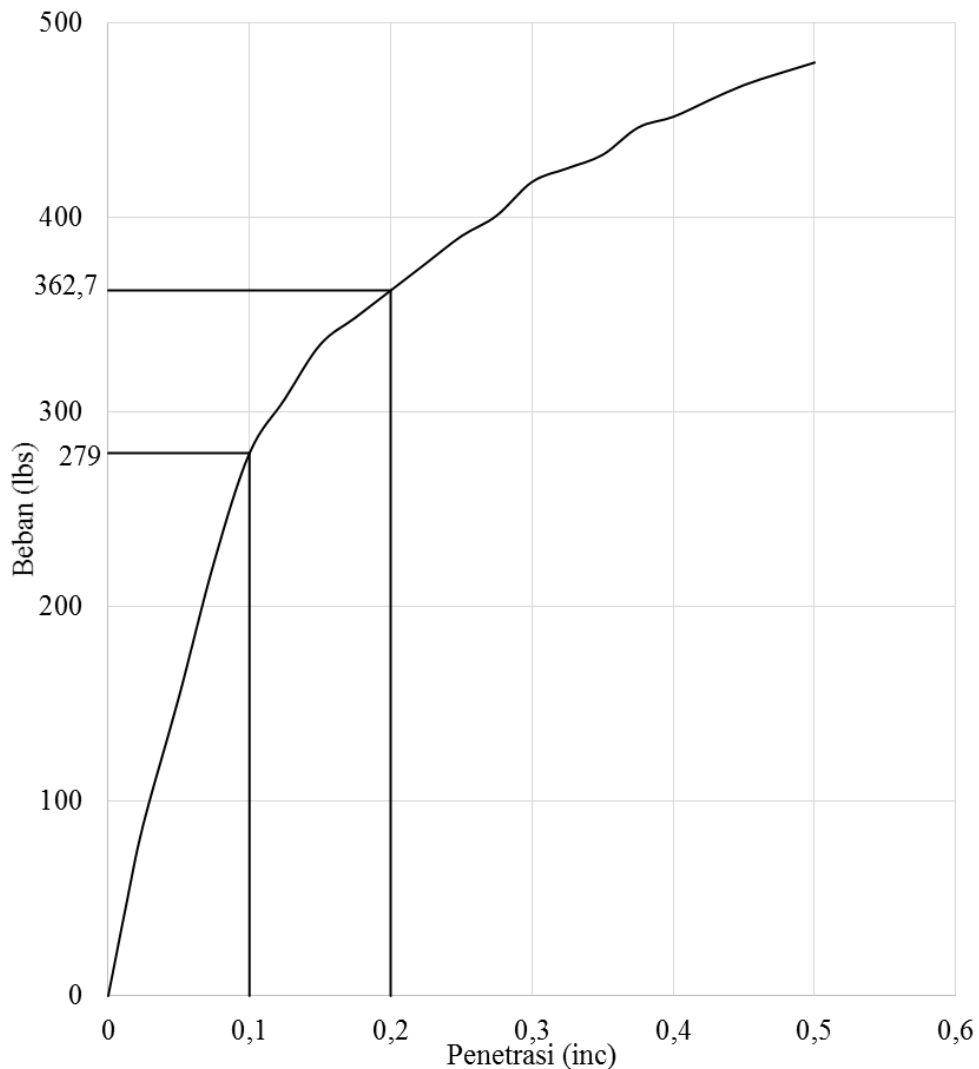
Nilai *CBR* dari tanah asli tanpa rendaman sampel 1 dapat dihitung dengan cara seperti berikut.

$$CBR_{0,1''} = \frac{279}{3 \times 1000} \times 100 = 9,3\%$$

$$CBR_{0,2''} = \frac{390,6}{3 \times 1500} \times 100 = 8,68\%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai *CBR* 0,1'' sebesar 9,3% dan nilai *CBR* 0,2'' sebesar 8,68% maka nilai *CBR* yang digunakan yaitu nilai *CBR* 0,1'' yaitu 10,23%.

Adapun pengujian sampel 2 didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut.



Gambar 5.9 Grafik Pengujian CBR Tanah Asli tanpa Rendaman (*Unsoaked*) Sampel 2

Nilai *CBR* dari tanah asli tanpa rendaman sampel 2 dapat dihitung dengan cara seperti berikut.

$$CBR_{0,1''} = \frac{279}{3 \times 1000} \times 100 = 9,3 \%$$

$$CBR_{0,2''} = \frac{362,7}{3 \times 1500} \times 100 = 8,06 \%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai *CBR* 0,1'' sebesar 9,3% dan nilai *CBR* 0,2'' sebesar 8,06% maka nilai *CBR* yang digunakan yaitu nilai *CBR* 0,1'' yaitu 9,3%.

Sehingga hasil rata-rata sampel tanah asli tanpa rendaman (*unsoaked*) didapatkan hasil sebagai berikut.

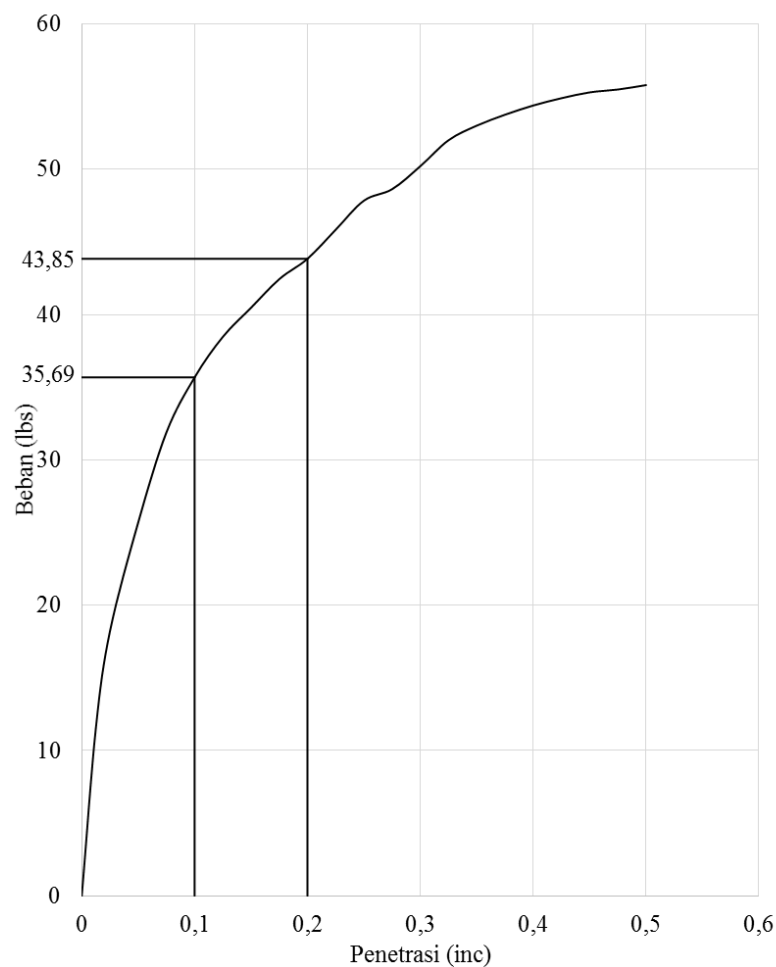
Nilai *CBR* sampel 1 = 9,3%

Nilai *CBR* sampel 2 = 9,3%

$$\begin{aligned} \text{Nilai } CBR \text{ Tanah Asli tanpa rendaman rata-rata} &= \frac{9,3+9,3}{2} \\ &= 9,3\% \end{aligned}$$

5.2.2 Hasil Pengujian *CBR* Tanah Asli Rendaman (*Soaked*)

Hasil pengujian *CBR* tanah asli rendaman sampel 1 dan sampel 2 dapat di lihat pada Gambar 5.10 dan Gambar 5.11 berikut.

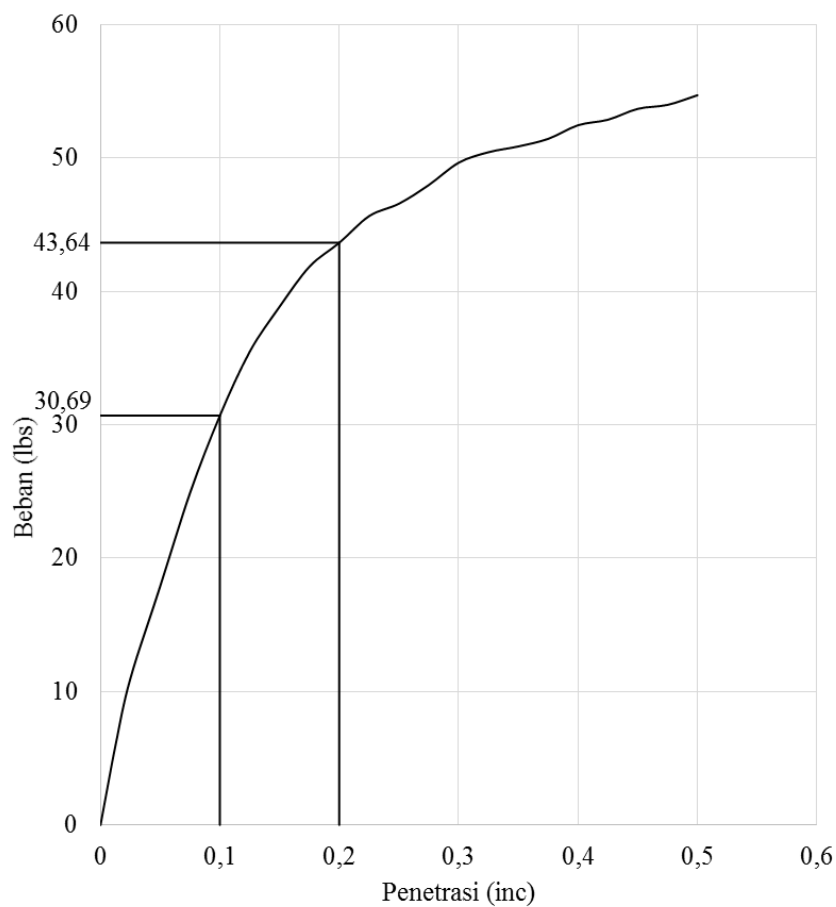


**Gambar 5.10 Grafik Pengujian *CBR* Tanah Asli Rendaman (*Soaked*)
Sampel 1**

Nilai *CBR* dari tanah asli rendaman sampel 1 dapat dihitung dengan cara seperti berikut.

$$CBR\ 0,1'' = \frac{35,69}{3 \times 1000} \times 100 = 1,19\% \qquad CBR\ 0,2'' = \frac{43,85}{3 \times 1500} \times 100 = 0,97\%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai *CBR* 0,1'' sebesar 1,19% dan nilai *CBR* 0,2'' sebesar 0,97% maka nilai *CBR* yang digunakan yaitu nilai *CBR* 0,1'' yaitu 1,19%. Adapun pengujian sampel 2 didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut.



**Gambar 5.11 Grafik Pengujian *CBR* Tanah Asli Rendaman (*Soaked*)
Sampel 2**

Nilai *CBR* dari tanah asli rendaman sampel 2 dapat dihitung dengan cara seperti berikut.

$$CBR\ 0,1'' = \frac{30,69}{3 \times 1000} \times 100 = 1,023\% \qquad CBR\ 0,2'' = \frac{43,64}{3 \times 1500} \times 100 = 0,97\%$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai *CBR* 0,1” sebesar 1,023% dan nilai *CBR* 0,2” sebesar 0,97% maka nilai *CBR* yang digunakan yaitu nilai *CBR* 0,1” yaitu 1,023%.

Sehingga hasil rata-rata sampel tanah asli rendaman (*soaked*) didapatkan hasil sebagai berikut.

Nilai *CBR* sampel 1 = 1,19%

Nilai *CBR* sampel 2 = 1,023%

$$\begin{aligned} \text{Nilai } CBR \text{ Tanah Asli tanpa rendaman rata-rata} &= \frac{1,19+1,023}{2} \\ &= 1,106\% \end{aligned}$$

5.2.3 Rekapitulasi Pengujian *CBR*

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian terhadap tanah asli yang berasal dari Desa Desa Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII disimpulkan seperti pada Tabel 5.21 dan Tabel 5.22 berikut ini.

Tabel 5.21 Hasil Rekapitulasi Pengujian *CBR* Tanah Asli

Sampel	<i>CBR</i> (%)
Tanah Asli Tanpa Rendaman	9,300
Tanah Asli Rendaman	1,106

Tabel 5.22 Hasil Rekapitulasi Pengujian *CBR* Tanah + Campuran *Fly Ash*

Sampel	<i>CBR</i> Rendaman (%)	Pemeraman 1 hari (%)	Pemeraman 3 hari (%)	Pemeraman 7 hari (%)
Tanah + 5% FA	1,443	10,184	10,436	12,323
Tanah + 10% FA	2,260	14,415	14,586	19,530
Tanah + 15% FA	2,790	15,678	19,415	20,693

5.3 Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

5.3.1 Analisis Data Pengujian *Swelling*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai pengembangan tanah asli saat sebelum dan sesudah distabilisasi dengan *fly ash*, sehingga perhitungan *swelling* menggunakan Persamaan 3.7 dan hasil pengujian *swelling* dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Hasil Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Parameter	Tanah Asli		Tanah + 5% <i>Fly Ash</i>		Tanah + 10% <i>Fly Ash</i>		Tanah + 15% <i>Fly Ash</i>	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Pembacaan Dial	859	793	130	180	118	92	50	50
Tinggi Sampel (cm)	11,85	11,9	11,85	11,85	11,9	11,85	13,5	11,9
<i>Swelling</i> (%)	7,809	7,209	1,182	1,636	0,996	0,776	0,370	0,422
<i>Swelling</i> Rata-rata (%)	7,509		1,409		0,886		0,396	

5.3.2 Rekapitulasi Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa pengujian tanah terhadap pengembangan yang berasal dari Desa Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta di Laboratorium Mekanika Tanah FTSP UII disimpulkan seperti pada Tabel 5.24 berikut ini.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Pengujian Pengembangan (*Swelling*)

Sampel	<i>Swelling</i> (%)
Tanah Asli	7,509
Tanah + 5% FA	1,409
Tanah + 10% FA	0,886
Tanah + 15% FA	0,396

5.4 Pembahasan

5.4.1 Sifat Fisik Tanah

Berdasarkan hasil pengujian sifat fisik tanah seperti pada Tabel 5.20 yang digunakan dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

1. Klasifikasi Sistem *Unified (USCS)*

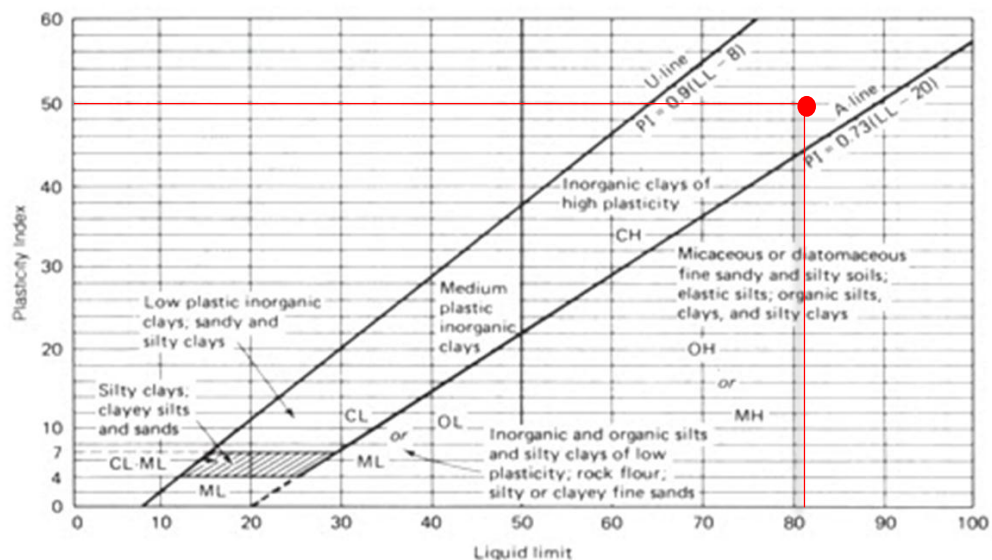
Klasifikasi tanah berdasarkan sistem *Unified* ini sering digunakan untuk menggolongkan jenis-jenis tanah.

Adapun berdasarkan data yang diperoleh dari uji sifat fisik tanah berupa:

a) Tanah yang lolos saringan No. 200 = 93,496 %

b) Batas-batas *Atterberg* :

- Batas Cair (LL) = 81,986 %
- Batas Plastis (PL) = 31,361 %
- Indeks Plastisitas (PI) = 50,625 %



Gambar 5.12 Grafik Klasifikasi Tanah USCS

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Berdasarkan gambar diatas, dengan nilai batas cair (*LL*) sebesar 82,8409% dan nilai indeks plastisitas (*PI*) sebesar 51,1199% maka diperoleh tanah sampel termasuk kelompok dengan simbol CH. Nilai batas cair (*LL*) > 50%, dan simbol CH maka tanah dikelompokkan sebagai tanah lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk, dan memiliki kriteria indeks plastisitas (*PI*) diatas garis A seperti pada Gambar 5.12 dan Tabel 5.25 berikut ini.

Tabel 5.25 Sistem Klasifikasi Tanah *USCS*

Jenis	Simbol	Nama Kelompok	Kriteria
Lanau dan lempung dengan batas cair, $LL < 50\%$	ML	Lanau inorganik dan pasir sangat halus atau pasir halus berlanau atau berlempung	$PI < 4$ atau berada di bawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1).
	CL	Lempung inorganik dengan plastisitas rendah hingga sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung kurus (<i>clean clays</i>)	$PI > 7$ dan berada pada atau di bawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1).
	CL-ML	Lanau berlempung inorganik, dengan pasir halus atau sedikit kerikil.	PI berada dalam daerah yang diarsir (<i>hatched area</i>) dalam Gambar 1.
	OL	Lanau organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah	PI berada dalam daerah OL dalam Gambar 1 dan $\frac{LL(\text{non shrink})}{LL(\text{wet shrink})} < 0,75$
Lanau dan lempung dengan batas cair $LL > 50\%$	MH	Lanau inorganik atau pasir halus diatomae, lanau Elastis	PI berada dibawah garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1)
	CH	Lempung inorganik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (<i>fat clays</i>)	PI berada diatas garis-A dalam Grafik Plastisitas (Gambar 1)
	OH	Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai tinggi	PI berada dalam daerah OH dalam Gambar 1 dan $\frac{LL(\text{non shrink})}{LL(\text{wet shrink})} < 0,75$
Tanah dengan kadar organik tinggi	Pt	Gambut (<i>peat</i>), dan tanah lain kandungan organik Tinggi	

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

2. Klasifikasi *AASHTO*

Klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* menggunakan Tabel 3.2, Adapun berdasarkan data yang diperoleh dari uji sifat fisik tanah berupa

a) Tanah yang lolos saringan No. 200 = 93,496 %

b) Batas-batas *Atterberg* :

- Batas Cair (*LL*) = 81,986 %

- Batas Plastis (*PL*) = 31,361 %

- Indeks Plastisitas (*PI*) = 50,625 %

Dari data tersebut didapatkan nilai *group index (GI)* menggunakan persamaan 3.5 Dan Tabel 3.2 berikut ini.

$$\begin{aligned}
 GI &= (f - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F - 15) (PI - 10) \\
 &= (93,946 - 35) [0,2 + 0,005 (82,8409 - 40)] + 0,01 (93,946 - 15) \\
 &\quad (51,1199 - 10) \\
 &= 56,402
 \end{aligned}$$

Tabel 5.26 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

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				A-7-5/A-7-6
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				

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

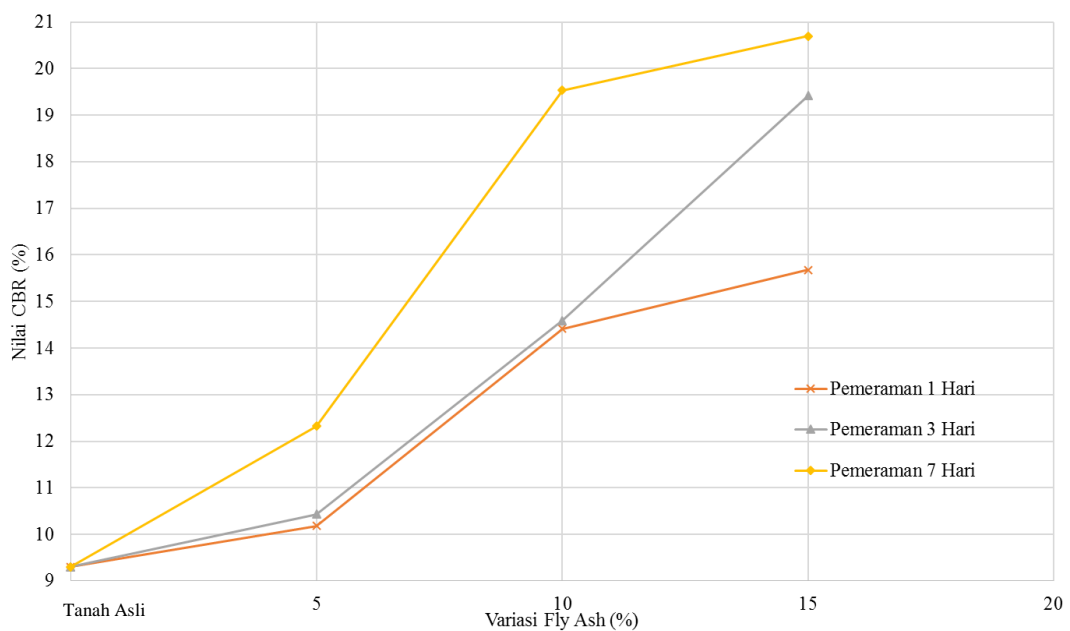
Berdasarkan hasil pengujian analisa granuler dengan nilai persen lolos sebesar 93,946%, batas cair sebesar 82,8409%, indeks plastisitas sebesar 51,1199%, dan nilai group index (GI) sebesar 56,402, maka tipe material pokok pada umumnya tanah berlempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk.

Dapat disimpulkan bahwa sampel tanah lempung yang berasal dari desa Kedungsari, Kecamatan Pengasih, Kulon Progo, Yogyakarta ini digolongkan menurut *USCS* tanah berbutir halus termasuk kelompok CH yaitu tanah lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk. Sedangkan menurut *AASHTO* tanah termasuk dalam kelompok A-7-5 yang berjenis tanah lempung dengan penilaian umum sebagai tanah dasar sedang sampai buruk.

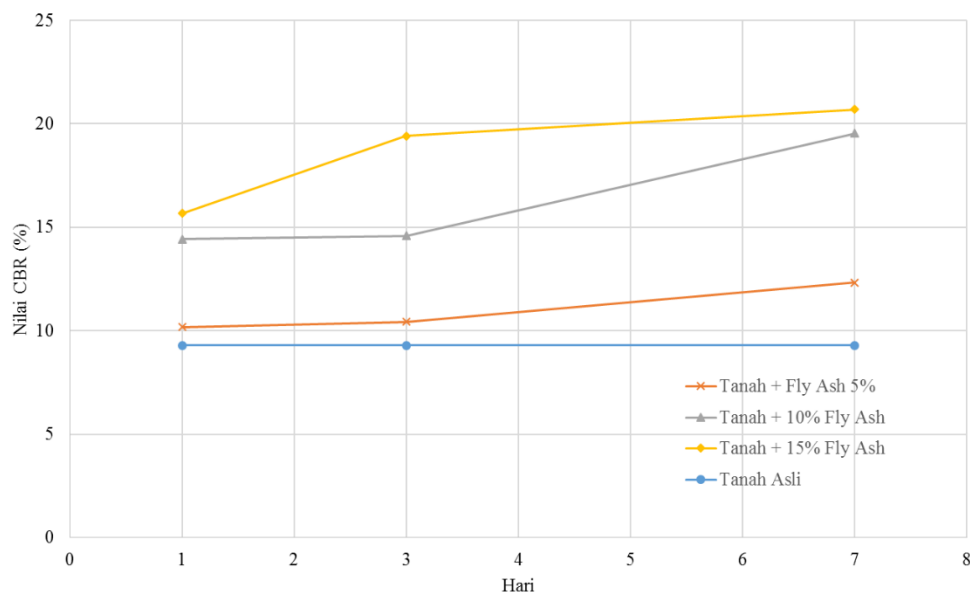
5.4.2 Pengaruh Penambahan *Fly Ash*

1. Pengaruh *Fly Ash* Terhadap Nilai *CBR*

Setelah pengujian pemadatan proktor standar dilakukan, kemudian dilakukan *CBR* rendaman (*soaked*) selama 4 hari. Sedangkan untuk *CBR* lainnya di peram tanpa direndam sebanyak 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Dari hasil pengujian *CBR* pemeraman tanpa perendaman (*unsoaked*) seperti pada Tabel 5.22 sebelumnya, maka dibuat grafik perbandingan nilai *CBR* terhadap variasi *fly ash* dan perbandingan nilai *CBR* terhadap waktu pemeraman seperti Gambar 3.13 berikut.



Gambar 5.13 Grafik Perbandingan Nilai *CBR* dengan Variasi *Fly Ash* Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)



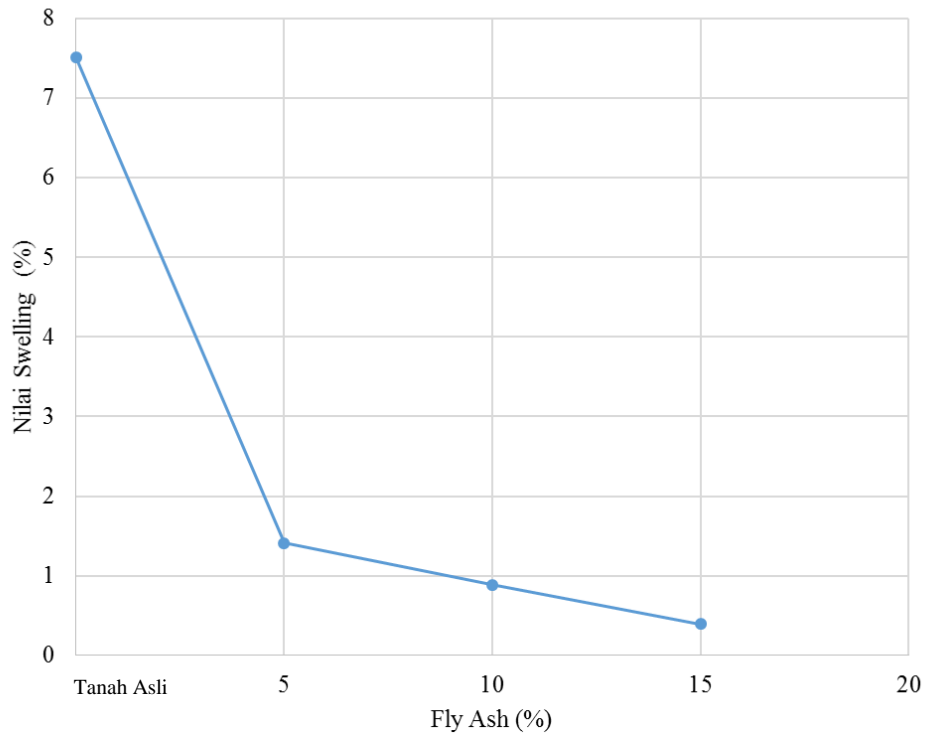
Gambar 5.14 Grafik Perbandingan Nilai CBR dengan Variasi Fly Ash Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) terhadap Pemeraman

Pada Gambar 5.13 dan gambar 5.14 terlihat bahwa nilai *CBR* naik seiring bertambahnya campuran *fly ash*. Nilai *CBR* terendah pada campuran penambahan 5% *fly ash* didapatkan nilai *CBR* sebesar 10,184%, sedangkan nilai *CBR* tanah asli pada Tabel 5.20 sebesar 9,3% artinya dengan penambahan campuran *fly ash* kedalam tanah lempung tersebut mampu naikkan daya dukungnya. Nilai *CBR* terbesar ada pada campuran penambahan 15% *fly ash* dengan pemeraman 7 Hari yaitu sebesar 20,693%. Perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan lama waktu pemeraman berpengaruh pada tingkat kepadatan sehingga rongga-rongga udara pada tanah sudah tidak terisi air dan tanah tidak menjadi lembek. Peran *fly ash* juga memiliki peran yang besar sebagai bahan stabilisasi apabila dicampurkan dengan air maka akan terjadi sementasi yang mampu mengikat tanah sehingga nilai daya dukung tanah meningkat.

2. Pengaruh *Fly Ash* terhadap nilai pengembangan (*Swelling*)

Nilai *swelling* ini didapat dari pengujian *CBR soaked* yang diperam dahulu selama 7 hari kemudian direndam selama 4 hari yang diberi dial pembacaan selama 4 hari. Dari hasil pengujian *CBR* rendaman didapat nilai *swelling* seperti pada Tabel

5.23 diatas maka dibuat grafik perbandingan nilai *swelling* seperti Gambar 5.15 berikut.



Gambar 5.15 Grafik Perbandingan Nilai Swelling dengan Variasi *Fly Ash*

Pada Gambar 5.39 terlihat bahwa nilai *swelling* menurun seiring bertambahnya campuran *fly ash*. Nilai *swelling* dengan penambahan *fly ash* 5% sebesar 1,409% sedangkan nilai *swelling* tanah asli pada Tabel 5.23 sebesar 7,509% artinya dengan penambahan campuran *fly ash* kedalam tanah lempung tersebut mampu menurunkan nilai pengembangan (*swelling*). Perbandingan ini menunjukkan bahwa dengan penambahan 5% *fly ash* yang kemudian diperam terlebih dahulu sebanyak 7 hari berpengaruh kepadatan tanah sehingga ketika dilakukan perendaman air sulit untuk masuk ke rongga-rongga tanah.