

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian dan pembahasan yang akan dibahas pada bab ini adalah hasil dari beberapa pengujian yang dilakukan secara langsung di laboratorium, yaitu pengujian untuk mengetahui sifat fisik dan sifat mekanis tanah yang diuji.

Pengujian sifat fisik tanah meliputi; pengujian kadar air, pengujian berat volume, pengujian berat jenis, *grain size analysis*, pengujian batas-batas konsistensi tanah (batas *atterberg*). Sedangkan pengujian mekanis tanah dilakukan dengan uji CBR baik yang direndam ataupun yang tanpa direndam.

Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5.2 Pengujian Sifat Fisik Tanah

5.2.1 Pengujian Kadar Air

Kadar air adalah perbandingan berat air yang terkandung dalam tanah dengan berat tanah kering oven. Tujuan dilakukannya pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar air asli pada tanah yang diuji. Pengujian dilakukan hanya pada tanah yang baru saja diambil dari lokasinya (kondisi terganggu), agar dapat diketahui kandungan asli air pada tanah yang diuji. Berikut contoh perhitungan kadar air yang dilakukan dua kali percobaan. Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air

no	Pengujian	satuan	I	II
1	berat container	gr	8,79	9,14
2	berat container + tanah basah	gr	17,82	19,07
3	berat container + tanah kering	gr	16,21	17,44
4	berat air	gr	1,61	1,63
5	berat tanah kering	gr	7,42	8,3
6	kadar air	%	21,70	19,64
7	kadar air rerata	%	20,67	

Nilai kadar air sampel pertama sebesar 21,70%, dan nilai kadar air sampel kedua sebesar 19,64%. Hasil dari kadar air rata-rata hal ini menunjukkan kadar air tanah lempung Kecamatan Tepus, Kab. Gunung Kidul, Yogyakarta sebesar 20,67%.

5.2.2 Pengujian Berat Volume

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 dibawah ini yaitu dengan rekapitulasi dari tiga pengujian berat volume.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Pengujian Berat Volume

NO	Pengujian	Satuan	I	II	III
1	diameter ring	cm	6,1	6,5	6,5
2	Tinggi ring	cm	2	2,1	2,4
3	Volume Ring	cm ³	58,45	69,68	79,64
4	Berat Ring	gr	49,34	65,43	80,15
5	Berat Ring + tanah basah	gr	148,31	175,03	206,7
6	Berat tanah basah	gr	98,97	109,6	126,55
7	Berat Volume tanah	gr/cm ³	1,69	1,57	1,59
8	berat volume rerata	gr/cm ³	1,62		

Nilai berat volume dari tiga kali pengujian diatas adalah 1,69, 1,57 dan 1,59 dengan rerata berat volume sebesar 1,62 gr/cm³.

5.2.3 Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah rasio atau perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air destilasi udara pada volume yang sama juga pada temperature tertentu. Hasil pengujian berat jenis tanah asli dijelaskan pada Tabel 5.3 berikut

Tabel 5.3 Rekapitulasi Pengujian Berat Jenis

1	PENGUJIAN	Satuan	I	II
2	Berat piknometer	gr	31,65	22,54
3	berat piknometer + tanah kering	gr	57,92	38,88
4	berat piknometer + tanah + air	gr	148,26	82,77
5	berat piknometer + air	gr	131,48	72,81
6	suhu air		25	25
7	γ_w pada suhu (t)	gr/cm ³	0,9971	0,9971
8	γ_w pada suhu (27,5)	gr/cm ³	0,9964	0,9964
9	berat tanah kering	gr	26,27	16,34
10	A	gr	157,75	89,15
11	I	gr	9,49	6,38
12	Berat jenis pada suhu (t)		2,77	2,56
13	Berat jenis pada suhu (27,5)		2,77	2,56
14	Berat Jenis rerata		2,67	

Hasil dari pengujian berat jenis dapat dilihat pada tabel diatas yaitu berat jenis pada sampel pertama sebesar 2,77 dan pada sampel kedua sebesar 2,56 dengan nilai rata-rata berat jenis tanah tersebut sebesar 2,67.

5.2.4 Grain Size Analysis (Analisis Ukuran Butir)

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

5.2.4.1 Uji Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui prosentase butiran tanah yang tertahan pada saringan no.200 serta mengetahui sebaran ukuran butiran (gradasi) agregat kasar dan agregat halus pada tanah. Tanah yang lolos saringan no.200 akan dilakukan pengujian hidrometer. Pengujian Analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel Pertama

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	%Tertahan	Kumulatif	%Lolos
1	25,4	0	153	0	0	100
½	13,2	0	153	0	0	100
3/8	9,5	0	153	0	0	100
¼	6,7	0	153	0	0	100
4	4,75	0	153	0	0	100
10	2	5	148	3,27	3,27	96,73
20	0,85	5,79	142,21	3,78	7,05	92,95
40	0,425	5,35	136,86	3,50	10,55	89,45
60	0,25	6,89	129,97	4,50	15,05	84,95
140	0,106	2,15	127,82	1,41	16,46	83,54
200	0,075	5,74	122,08	3,75	20,21	79,79
Pan		122,08	0	79,79	100	0
	Jumlah	153				

Dari hasil pengujian pertama diatas didapatkan berat tanah lolos saringan no.200 sebanyak 122,08 gr dengan presentase tanah lolos saringan no.200 sebesar 79,79%. Dan hasil pengujian analisa saringan sampel kedua dapat dilihat pada Tabel 5.5 dibawah ini.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Sampel Kedua

No Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	%Tertahan	Kumulatif	%Lolos
1	25,4	0	194,8	0	0	100
½	13,2	0	194,8	0	0	100
3/8	9,5	0	194,8	0	0	100
¼	6,7	0	194,8	0	0	100
4	4,75	0	194,8	0	0	100
10	2	4,89	189,91	2,51	2,51	97,48
20	0,85	6,02	183,89	3,09	5,60	94,39
40	0,425	5,89	178	3,02	8,62	91,37
60	0,25	5,92	172,08	3,03	11,66	88,33
140	0,106	3,77	168,31	1,93	13,60	86,40
200	0,075	6,31	162	3,24	16,84	83,16
Pan		162	0	83,16	100	0
	Jumlah	194,8				

Dari tabel diatas dapat dilihat hasil uji Analisa saringan tanah lolos saringan no.200 sampel kedua dengan berat tanah lolos 162 gram serta prosentase lolos sebesar 83,16%. Adapun rata-rata hasil dari pengujian dua sampel diatas dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rata-Rata Hasil Uji Analisa Saringan

No Saringan	Diameter Saringan	% Lolos
1	25,4	100
½	13,2	100
3/8	9,5	100
¼	6,7	100
4	4,75	100
10	2	97,11
20	0,85	93,67
40	0,425	90,41
60	0,25	86,64
140	0,106	84,97
200	0,075	81,48
Pan		0

Dapat dilihat dari Tabel diatas nilai rata-rata presentase lolos saringan no.200 pada tanah yang diuji sebesar 81,48% dari kedua sampel yang diuji.

5.2.4.2 Uji Hidrometer

Pengujian hidrometer bertujuan untuk mengetahui distribusi serta ukuran butir agregat yang lolos pada saringan no.200. Dikarenakan diameter butiran lolos saringan no.200 berukuran lebih kecil dari 0,075 mm sehingga perlu adanya analisa sedimen menggunakan alat hidrometer. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 dan untuk rata-rata hasil pengujian hidrometer dari dua sampel dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Hidrometer Sampel Satu

Diameter D	K	L/t	Kedalaman efektif L	Hyd. Terkoreksi miniscus, R	% lolos	pembacaan hidrometer terkoreksi, Rc	pembacaan hidrometer, Ra	Temperatur	Waktu
0,00000	0,01264	0,000	8,9	48	63,31	47	45	26	0
0,02785	0,01264	4,850	9,7	43	56,58	42	40	26	2
0,01850	0,01264	2,140	10,7	37	48,49	36	34	26	5
0,00796	0,01264	0,397	11,9	30	39,07	29	27	26	30
0,00586	0,01264	0,215	12,9	24	30,98	23	21	26	60
0,00301	0,01264	0,057	14,2	16	20,21	15	13	26	250
0,00131	0,01264	0,011	15,5	8	9,43	7	5	26	1440

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Hidrometer Sampel Dua

Diameter D	K	L/t	Kedalaman efektif L	Hyd. Terkoreksi miniscus, R	% lolos	pembacaan hidrometer terkoreksi, Rc	pembacaan hidrometer, Ra	Temperature	Waktu
0	0,01264	0	8,9	48	63,31	47	45	26	0
0,0277	0,01264	4,80	9,6	44	57,92	43	41	26	2
0,0187	0,01264	2,18	10,9	36	47,15	35	33	26	5

Lanjutan Tabel 5.8 Rata-Rata Hasil Pengujian Hidrometer Dua Sampel

30	26	26	28	37,72	29	12	0,40	0,01264	0,0080
60	26	15	17	22,90	18	13,8	0,23	0,01264	0,0061
250	26	9	11	14,82	12	14,8	0,06	0,01264	0,0031
1440	26	5	7	9,43	8	15,5	0,011	0,01264	0,0013

Tabel 5.9 Rata-Rata Hasil Pengujian Hidrometer Dua Sampel

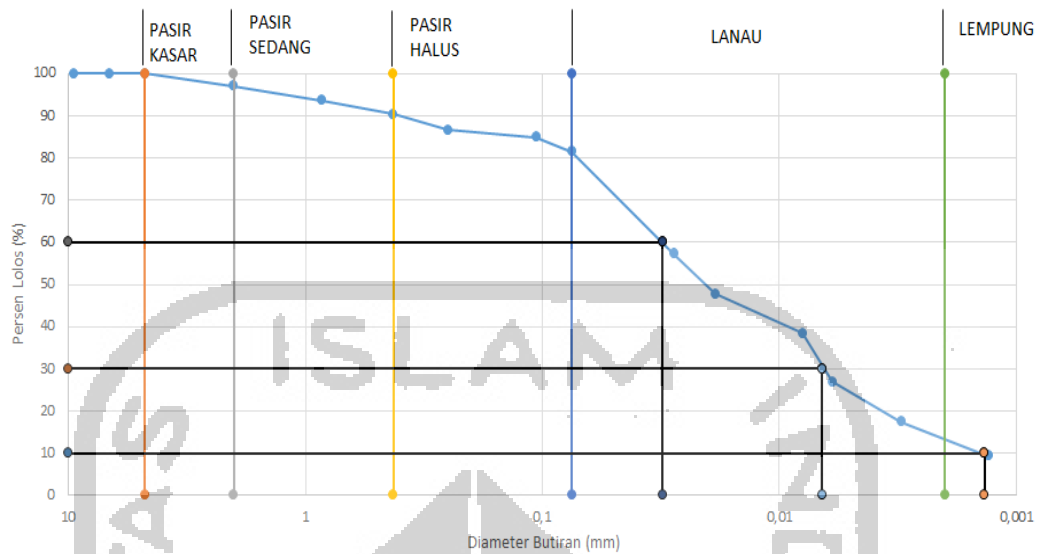
Waktu	Temperature	pembacaan hidrometer, Ra	pembacaan hidrometer terkoreksi, Rc	% lolos	Hyd. Terkoreksi miniscus, R	Kedalaman efektif L	L/t	K	Diameter D
0	26	45	47	63,31	48	8,9	0,00	0,01264	0
2	26	40	42	56,58	43	9,75	4,88	0,01264	0,0279
5	26	33,5	35,5	47,82	36,5	10,8	2,16	0,01264	0,0186
30	26	27,5	29,5	39,74	30,5	11,75	0,39	0,01264	0,0079
60	26	18	20	26,94	21	13,35	0,22	0,01264	0,0060
250	26	8,5	10,5	14,14	11,5	14,9	0,06	0,01264	0,0031
1440	26	5,5	7,5	10,10	8,5	15,4	0,01	0,01264	0,0013

Hasil pengujian hidrometer yang dilakukan pada dua sampel dari tanah yang sama diperoleh distribusi ukuran butiran dari pengujian analisa saringan dan pengujian hidrometer maka dapat diketahui sebaran butiran tanah sampel tanah asli yang sedang diuji seperti pada Tabel 5.10 berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Sebaran Butiran Tanah

Diameter	% lolos
9,5	100
6,7	100
4,75	100
2	97,11088
0,85	93,673548
0,425	90,413375
0,25	86,642234
0,106	84,97
0,075	81,48
0,0279172	56,57730
0,0185828	47,821293
0,007913	39,738821
0,0059642	26,941574
0,0030868	14,144326
0,0013076	10,10309
0	0

Berdasarkan tabel diatas, dapat digambarkan dalam bentuk grafik distribusi butiran tanah asli yang telah dirata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Grafik Analisa Butiran Rerata

Berdasarkan gambar grafik diatas, diperoleh persentase sebaran butiran tanah rerata yang dapat dilihat pada Tabel 5.11 berikut ini.

Tabel 5.11 Fraksi Butiran Tanah

#200	81,48	%
Kerikil	0	%
pasir kasar	2,88912	%
pasir sedang	6,697504	%
pasir halus	8,936842	%
Lantau	63,9641	%
Lempung	10,10309	%
D 10	0,001310	mm
D 30	0,0066	mm
D60	0,031	mm
Cu	22,794	
Cc	1,033	

5.2.5 Uji Batas-batas *Atterberg*

Uji batas-batas *Atterberg* atau batas konsistensi tanah bertujuan untuk mengetahui batas-batas konsistensi tanah berbutir halus yang berkaitan dengan

kadar air tanah. Batas-batas konsistensi tanah tersebut meliputi batas cair, batas plastis, dan batas susut pada tanah.

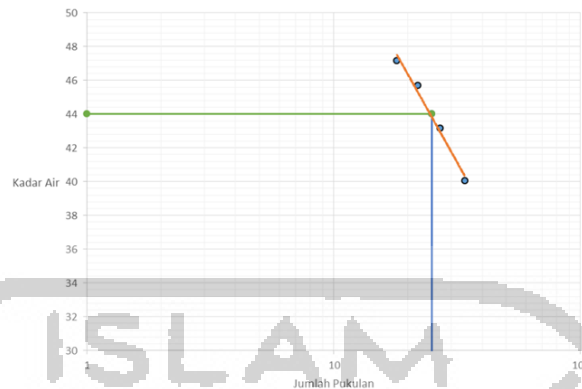
5.2.5.1 Uji Batas Cair

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui batas cair pada tanah sampel yang diuji. 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 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel Satu

no	Pengujian	Satuan	I		II		III		IV	
			1	2	1	2	1	2	1	2
1	no cawan	gr								
2	berat cawan	gr	9,3	12,82	9,08	12,92	8,95	12,9	8,9	12,81
3	berat cawan + tanah basah	gr	19,2	27,72	24,68	25,81	22,9	27,01	26,64	35,3
4	berat cawan + tanah kering	gr	16,01	22,97	19,81	21,75	18,69	22,76	21,54	28,9
5	berat air	gr	3,19	4,75	4,87	4,06	4,21	4,25	5,1	6,4
6	berat tanah kering	gr	6,71	10,15	10,73	8,83	9,74	9,86	12,64	16,09
7	kadar air	%	47,54	46,80	45,39	45,98	43,22	43,10	40,35	39,78
8	kadar air rerata	%	47,17		45,68		43,16		40,06	
9	jumlah pukulan, N	kali	18		22		27		34	

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



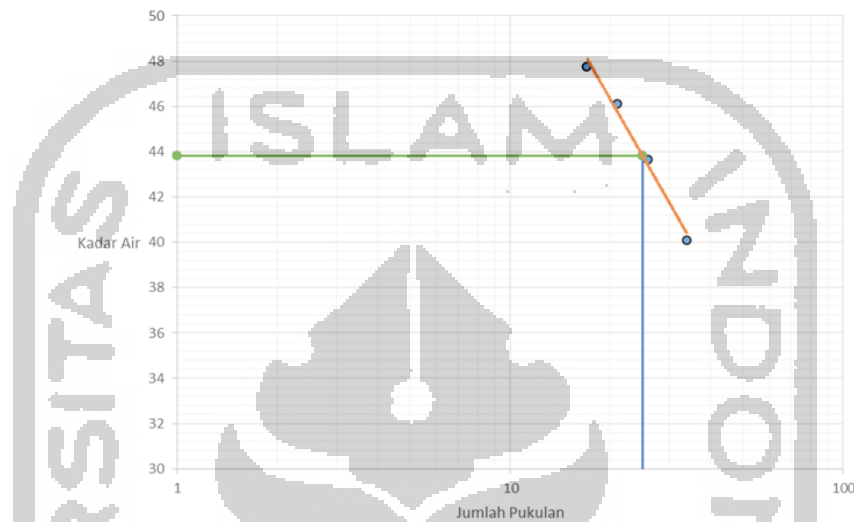
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kadar Air dan Jumlah pukulan

Dari Grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai batas cair tanah sampel satu sebesar 44%. Angka 44% berasal dari 4 kali pengambilan sampel pada jumlah pukulan berbeda lalu dibuat titik dan ditarik garis yang menghubungkan semua titik, kemudian diambil jumlah pukulan 25 yang menyentuh garis, maka itu adalah nilai batas cair tanah tersebut. Adapun pengujian batas cair sampel kedua dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut.

Tabel 5.13 Hasil Pengujian Batas Cair Sampel Dua

No	Pengujian	Satuan	I		II		III		IV	
			1	2	1	2	1	2	1	2
1	no cawan	gr	1	2	1	2	1	2	1	2
2	berat cawan	gr	8,95	12,3	8,9	12,81	9,03	12,93	9,13	12,78
3	berat cawan + tanah basah	gr	20,12	26,34	20,34	25,9	20,19	25,93	24,07	28,71
4	berat cawan + tanah kering	gr	16,48	21,84	16,73	21,77	16,8	21,98	19,76	24,19
5	berat air	gr	3,64	4,5	3,61	4,13	3,39	3,95	4,31	4,52
6	berat tanah kering	gr	7,53	9,54	7,83	8,96	7,77	9,05	10,63	11,41
7	kadar air	%	48,34	47,17	46,10	46,09	43,63	43,65	40,55	39,61
8	kadar air rerata	%	47,75		46,10		43,64		40,08	
9	jumlah pukulan, N	kali	17		21		26		34	

Berdasarkan Tabel 5.13 diatas dapat dibuat gambar dalam bentuk grafik perbandingan kadar air dengan jumlah pukulan seperti pada sampel satu, yang dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Jumlah Pukulan Pada Sampel Dua

Dari grafik didapatkan nilai batas cair sampel kedua sebesar 43,8% dengan cara yang sama seperti pada sampel satu. Dengan demikian batas cair rata-rata dari dua sampel bisa dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Nilai Rata-Rata Batas Cair Kedua Sampel

	sampel 1	sampel 2	rata-rata
Batas Cair	44%	43,8%	43,9%

Dari grafik-grafik pengujian batas cair kedua sampel tanah diatas, didapatkan nilai batas cair sebesar 43,9%.

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 Hasil Pengujian Batas Plastis Kedua Sampel

Pengujian	sampel satu		sampel dua	
	1	2	1	2
no cawan	1	2	1	2
berat cawan	9,14	13,39	9,12	12,9
berat cawan + tanah basah	10,26	14,37	10,45	13,93
berat cawan+ tanah kering	10,04	14,19	10,2	13,74
berat air	0,22	0,18	0,25	0,19
berat tanah kering	0,9	0,8	1,08	0,84
kadar air	24,44	22,50	23,15	22,62
kadar air rerata	23,47		22,88	
kadar air rerata dua sampel	23,18			

Dari tabel diatas didapatkan nilai rerata batas plastis dari kedua sampel yang masing-masing sampel dilakukan sebanyak dua kali pengujian, dan nilai batas plastis tanah tersebut sebesar 23,18%. Dari nilai batas cair dan batas plastis maka dapat dihitung nilai indeks plastisitas pada tanah asli dengan menggunakan persamaan $IP=LL-PL$ yaitu sebesar 20,72%.

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 Sampel Satu

Kadar air				
No	Pengujian	Satuan	I	II
1	berat cawan susut	gr	42,44	42,14
2	berat cawan susut + tanah basah	gr	60,28	60,03
3	berat cawan susut + tanah kering	gr	53,86	53,54
4	berat tanah kering	gr	11,42	11,4
5	Kadar Air	%	56,21716	56,92982
Volume Tanah Basah				
1	diameter ring	cm	4,11	4,1
2	tinggi ring	cm	1	1
3	volume ring	cm ³	13,2603	13,19585
Perhitungan				
No	Pengujian	Satuan	I	II
1	berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur	gr	171,23	170,68
2	berat gelas ukur	gr	60,5	60,5
3	berat air raksa	gr	110,73	110,18
4	berat tanah kering	gr	11,42	11,4
5	Volume Tanah Kering	cm ³	8,141912	8,101471
6	Batas Susut Tanah (SL)	%	11,39766	12,24229
7	Angka Susut (SR)	cm	1,402619	1,407152
8	Susut Volumetrik (VS)	cm ³	62,86468	62,88216
9	Susut Linier (LS)	%	15,00546	15,0085
10	Berat Jenis (Gs)		1,669518	1,700008

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Batas Susut Sampel dua

Kadar air				
No	Pengujian	Satuan	I	II
1	berat cawan susut	gr	42,44	42,14
2	berat cawan susut + tanah basah	gr	60,39	60,12
3	berat cawan susut + tanah kering	gr	53,98	53,61
4	berat tanah kering	gr	11,54	11,47
5	Kadar Air	%	55,54593	56,75676
Volume Tanah Basah = Volume cawan susut				
1	diameter ring	cm	4,11	4,1
2	tinggi ring	cm	1	1
3	volume ring	cm ³	13,2603	13,19585
Perhitungan				
No	Pengujian	Satuan	I	II
1	berat air raksa yang terdesak tanah kering + gelas ukur	gr	170,67	169,77
2	berat gelas ukur	gr	60,5	60,5
3	berat air raksa	gr	110,17	109,27
4	berat tanah kering	gr	11,54	11,47
5	Volume Tanah Kering	cm ³	8,100735	8,034559
6	Batas Susut Tanah (SL)	%	10,83567	11,75858
7	Angka Susut (SR)	cm	1,424562	1,427583
8	Susut Volumetrik (VS)	cm ³	63,69253	64,23864
9	Susut Linier (LS)	%	15,14898	15,24313
10	Berat Jenis (Gs)		1,684598	1,715563

Adapun Nilai batas susut tanah rata-rata dari kedua sampel dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

Tabel 5.18 Nilai Batas Susut Rerata Dua Sampel

pengujian	sampel 1		sampel 2	
	1	2	1	2
batas susut	11,40	12,24	10,84	11,76
batas susut rerata	11,82		11,30	
batas susut rerata dua sampel	11,56			

5.2.6 Pengujian Proktor Standar

Pengujian Proktor Standar ini bertujuan untuk mendapatkan kadar air optimum (w_{opt}) dan kepadatan maksimum (γ_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
1	Diameter	10,16	10,16	10,16	10,16	10,16
2	Tinggi	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5
3	Volume	932,34	932,34	932,34	932,34	932,34
4	berat cetakan	1845	1845	1845	1845	1845
5	berat cetakan + tanah basah	3351	3405	3585	3482	3632
6	Berat tanah basah	1506	1560	1740	1637	1787
7	berat volume tanah basah	1,61	1,67	1,86	1,75	1,92

**Tabel 5.20 Kadar Air dan Berat Volume Tanah Kering (γ_d) Pengujian
Proktor Standar Sampel Satu**

No cawan	1		2		3		4		5	
Berat cawan	12,87	9,12	6,87	7	9,05	8,96	9,13	9,31	8,98	8,6
Berat cawan + tanah basah	22,75	16,43	18,26	16,99	16,97	21,16	18,33	18,31	20,95	20,43
berat cawan + tanah kering	22,11	16	17,25	16,12	15,84	19,42	16,96	16,81	18,33	18,12
Berat air	0,64	0,43	1,01	0,87	1,13	1,74	1,37	1,5	2,62	2,31
Berat tanah kering	9,24	6,88	10,38	9,12	6,79	10,46	7,83	7,5	9,35	9,52
Kadar air	6,93	6,25	9,73	9,54	16,64	16,63	17,50	20,00	28,02	24,26
Kadar air rata2	6,59		9,63		16,64		18,75		26,14	
berat volume tanah kering γ_d	1,52		1,53		1,60		1,48		1,52	

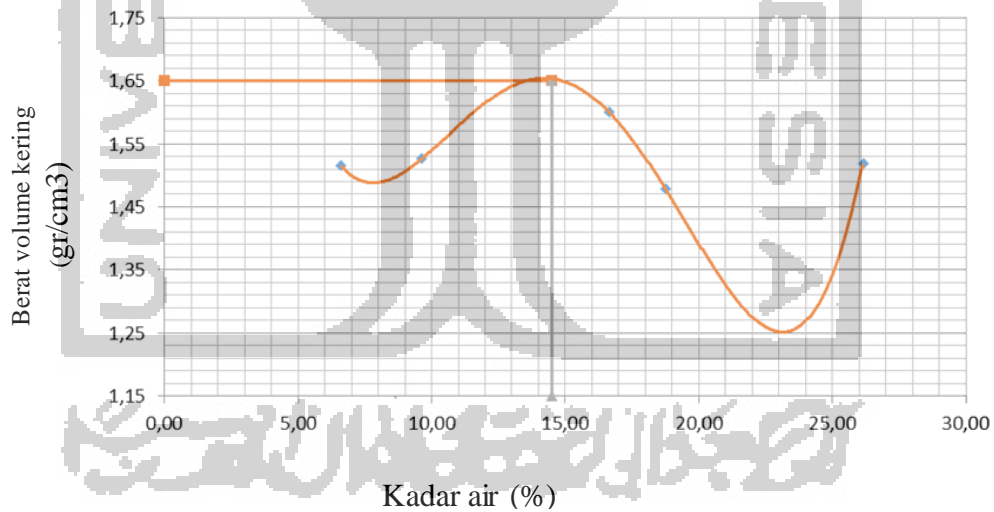
**Tabel 5.21 Berat volume Tanah Basah Pengujian Proktor Standar Sampel
Dua**

No cawan	1		2		3		4		5	
Berat cawan	9,35	8,91	8,89	9,05	8,87	8,66	10,28	9,28	12,05	9,65
Berat cawan + tanah basah	22,36	21,21	20,15	22,4	21,97	21,88	24,79	21,73	25,13	23,87
berat cawan + tanah kering	21,54	20,42	19,16	21,3	20,02	19,87	22,51	19,54	22,61	20,8

**Lanjutan Tabel 5.21 Berat volume Tanah Basah Pengujian Proktor Standar
Sampel Dua**

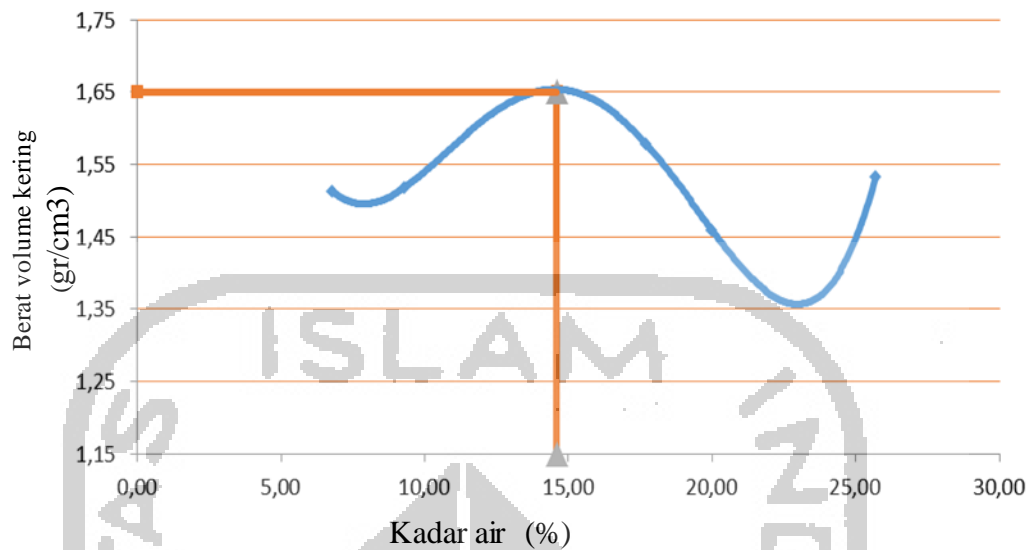
Berat air	0,82	0,79	0,99	1,1	1,95	2,01	2,28	2,19	2,52	3,07
Berat tanah kering	12,19	11,51	10,27	12,2	11,15	11,21	12,23	10,26	10,56	11,15
Kadar air	6,73	6,86	9,64	9,01	17,49	17,93	18,64	21,35	23,86	27,53
Kadar air rata2	6,80		9,32		17,71		19,99		25,70	
berat volume tanah kering γ_d	1,51		1,52		1,58		1,46		1,53	

Dari data berat volume tanah dan kadar air berdasarkan tabel di atas maka dapat digambarkan grafik uji proktor standar, hubungan kadar air (w%) dengan berat volume tanah kering γ_d (gr/cm³) sampel satu yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



Gambar 5.4 Grafik Uji Proktor Standar Sampel Satu

Berdasarkan grafik di atas maka didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 14,50% dengan kepadatan maksimum sebesar 1,65 (gr/cm³). Sedangkan grafik uji proktor standar hubungan kadar air (w%) dengan berat volume tanah kering γ_d (gr/cm³) sampel dua dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Uji Proktor Standar Sampel Dua

Dari gambar grafik diatas didapatkan nilai kadar air optimum sebesar 14,60% dengan kepadat maksimum sebesar 1,65 (gr/cm³). Adapun nilai kadar air optimum dan berat volume kering γ_d (gr/cm³) rata-rata dapat dilihat pada Tabel 5.22 berikut.

Tabel 5.22 Kadar Air Optimum dan Berat Volume Kering γ_d Rata- Rata Kedua Sampel

Sampel	kadar air optimum (%)	berat volume kering (γ_d) gr/cm ³	rata-rata kadar air optimum	rata-rata berat volume kering (γ_d) maks
1	14,5	1,65	14,55	1,65
2	14,6	1,65		

Berdasar Tabel 5.22, sampel tanah yang berasal dari Kecamatan Tepus, Kabupaten Gunung Kidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki kadar air optimum (w_{opt}) sebesar 14,5% dan berat volume tanah kering maksimum (γ_d maks) sebesar 1,65 gr/cm³.

5.2.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

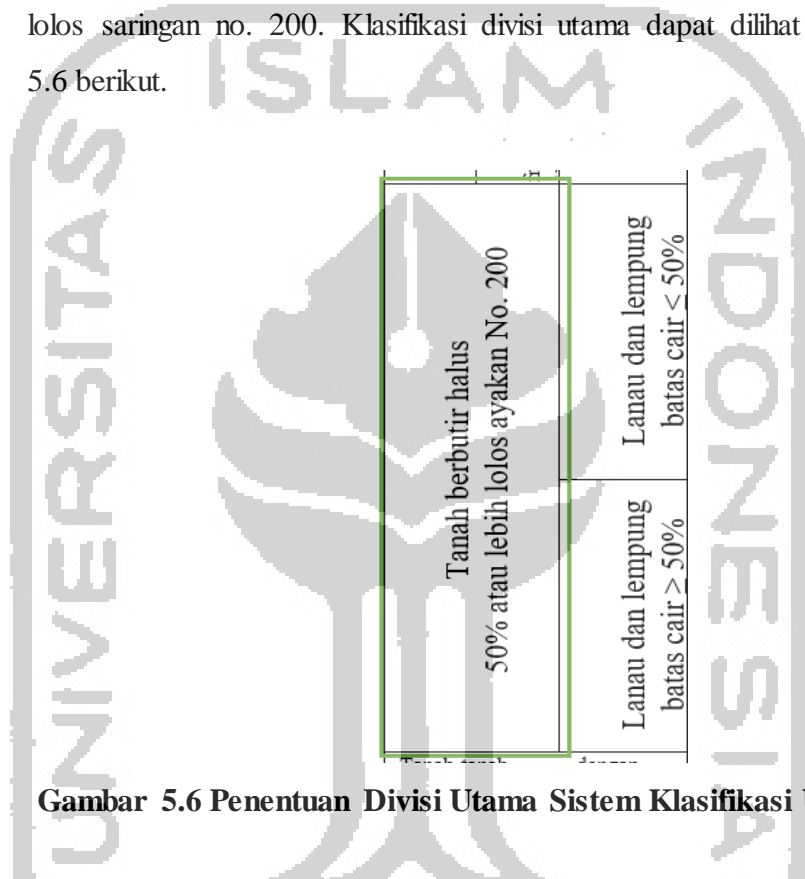
Dari beberapa pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisik tanah di Kecamatan Tepus, Kabupaten Gunung Kidul, DIY, maka dapat ditentukan parameter-parameter tanah berdasarkan hasil pengujian. Adapun Rekapitulasi hasil pengujian sifat fisik tanah yang diuji dapat dilihat pada Tabel 5.23 berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah

No	Pengujian	Hasil	Satuan
1	Kadar air	20,67	%
2	Berat Volume	1,62	gr/cm ³
3	Berat Jenis	2,67	
4	Batas Cair	43,9	%
	Batas Plastis	23,18	%
	Batas Susut	11,56	%
5	<i>Grain Analisis</i>		
	% Lolos Saringan 200	81,48	%
	Kerikil	0	%
	Pasir Kasar	2,89	%
	Pasir Sedang	6,70	%
	Pasir Halus	8,94	%
	Lanau	63,96	%
Lempung	10,10	%	
6	proktor standar		
	berat volume kering maksimum	1,65	gr/cm ³
	Kadar air optimum	14,55	%

Dari pengujian-pengujian sifat fisik tanah, tanah sampel yang diuji dapat diklasifikasikan menggunakan metode USCS dan metode AASHTO. Adapun klasifikasi tanah berdasar metode USCS adalah sebagai berikut.

1. Klasifikasi divisi utama tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos saringan no. 200 (0,075 mm). Hasil pengujian didapatkan sebanyak 81,48% tanah lolos saringan no. 200. Klasifikasi divisi utama dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut.



Gambar 5.6 Penentuan Divisi Utama Sistem Klasifikasi USCS

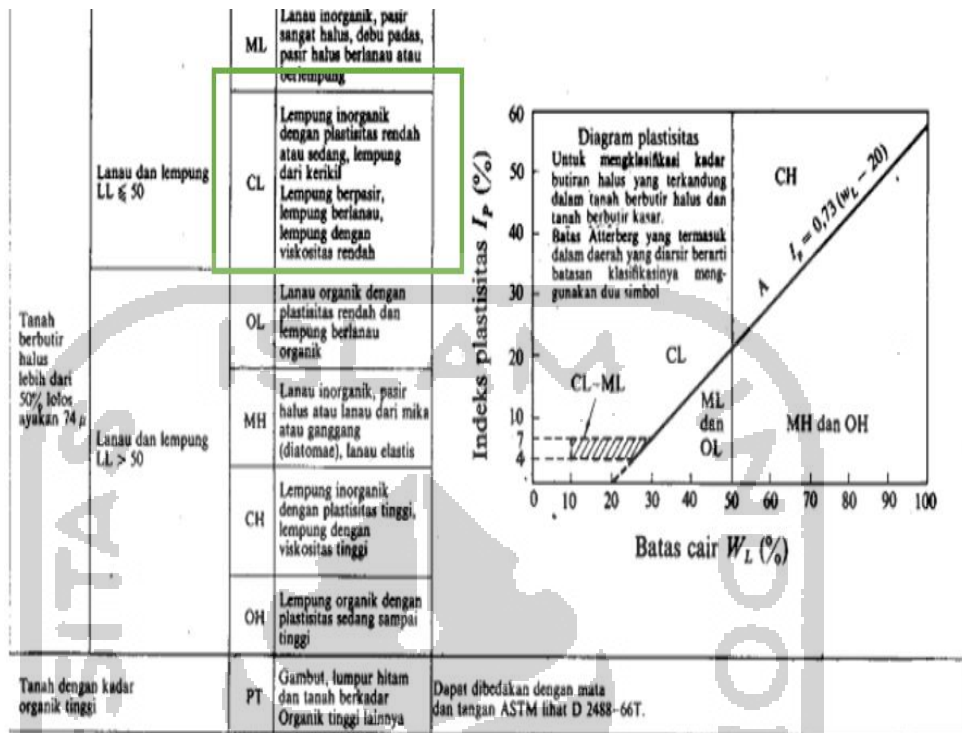
2. Hasil pengujian didapatkan nilai batas cair sebesar 43,90%. Dengan nilai batas cair kurang dari 50% maka sampel tanah yang digunakan termasuk jenis lanau dan lempung dengan batas cair lebih kecil dari 50% yang dapat dilihat pada Lanjutan Gambar 5.6 berikut..



Lanjutan Gambar 5.6 Penentuan Divisi Utama Sistem Klasifikasi

USCS

- Hasil pengujian didapatkan nilai batas plastis sebesar 23,18%, dengan nilai batas cair sebesar 43,9%, maka didapatkan nilai indeks plastisitas sebesar 20,72%. Menurut diagram plastisitas maka tanah termasuk kedalam jenis CL yaitu lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang, lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung “kurus” (*lean clays*) yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut.



Gambar 5.7 Klasifikasi tanah berdasar USCS

Adapun klasifikasi tanah yang diuji berdasarkan metode AASHTO dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

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 5.8 berikut.

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (Lebih dari 35% dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)
------------------	--

Gambar 5.8 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

2. Batas cair (LL) tanah asli sebesar 43,9% dan nilai indeks plastinitas (IP) sebesar 20,72%, maka tanah termasuk dalam kelompok A-7 pada lanjutan Gambar 5.9 dibawah ini.

Klasifikasi Kelompok	A-4	A-5	A-6	A-7
Analisis ayakan (% lolos) No.10 No.40 No.200	Min 36	Min 36	Min 36	Min 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No.40				
Batas Cair (LL) Indeks Plastisitas (PI)	Maks 40 Maks 10	Min 41 Maks 10	Maks 40 Min 11	Min 41 Min 11
Tipe material yang paling dominan	Tanah berlanau		Tanah Berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Biasa sampai jelek			

Gambar 5.9 Sistem Klasifikasi Tanah AASHTO

- Untuk menentukan tipe material yang dominan pada sampel tanah yang diuji, berdasarkan tabel yaitu dominan pada tanah berlempung.
- Penilaian sebagai bahan tanah dasar untuk sampel tanah yang diuji masuk dalam kategori biasa sampai buruk atau jelek.

Adapun macam tanah sampel yang digunakan untuk pengujian berdasar nilai Indeks Plastisitas nya menurut Tabel 3.5 adalah tanah berjenis lempung, yang bisa dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.

PI	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non Kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7-17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

Sumber : Hardiyatmo (2002)

Gambar 5.10 Penentuan Macam Tanah Berdasar Nilai IP

Selanjutnya penentuan kriteria pengembangan pada sampel tanah yang digunakan untuk pengujian berdasarkan Indeks Plastisitas sesuai pada Tabel 3.6, yang dapat dilihat pada Gambar 5.11 berikut ini.

Plasticity Index (%)	Swelling Potensial
0 – 15	Low
10 – 35	Medium
35 – 55	High
>55	Verry High

Sumber : Chen (1975)

Gambar 5.11 Kriteria Pengembangan Berdasar IP

Sedangkan menurut Raman, kriteria tanah ekspansif berdasar IP dan Shrinkage Index yaitu masuk dalam kategori tingkat ke-ekspansif-an yang menengah atau medium berdasar tabel 3.7 yang dapat dilihat pada Gambar 5.12 berikut ini.

Tabel 3.7 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan IP dan SI

Plasticity Index (%)	Shrinkage Index (%)	Degree Of Expansion
<12	<15	Low
12 – 23	15 – 30	Medium
23 – 30	30 – 40	High
>30	>40	Verry High

Sumber : Raman (1967)

Gambar 5.12 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasar IP dan SI

Menurut Altmeyer, kriteria tanah ekspansif berdasarkan Linear Shrinkage dan SL yang terdapat pada Tabel 3.8 sebelumnya yaitu tanah sampel yang diuji berada pada tingkat ke-ekspansif-an yang kritis, yang maksudnya adalah tanah sangat mudah sekali mengalami pengembangan yang keadaan tersebut sudah dalam taraf darurat atau cukup tinggi dan mampu menyebabkan kerusakan bagi bangunan yang dibangun di atasnya. Pengklasifikasian tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.13 berikut ini.

Plasticity Index (%)	Shrinkage Limit (%)	Probable Swell	Degree Of Expansion
<5	<12	<0,5	<u>Non Critical</u>
5 – 8	10 – 12	0,5 – 1,5	Marginal
>8	>10	>1,5	Critical

Sumber : Altmeyer (1955)

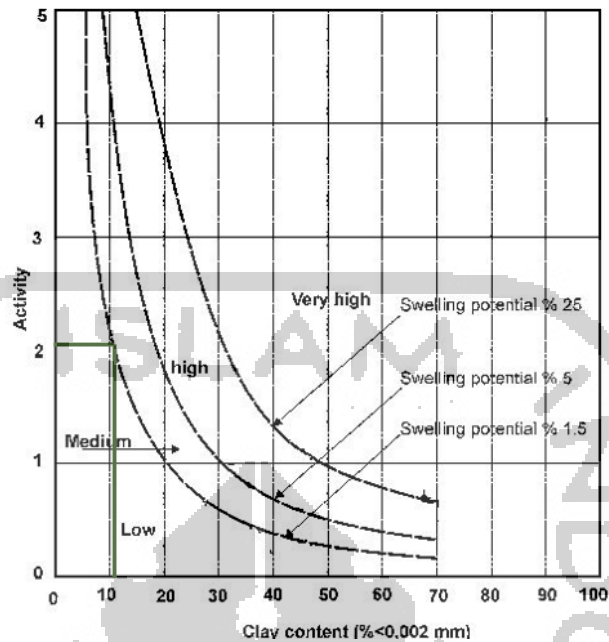
Gambar 5.13 Kriteria Tanah Ekspansif Berdasarkan Linear Shrinkage dan SL

Adapun cara penentuan klasifikasi tanah berdasar Angka Aktivitas yang dikemukakan oleh Skempton. Pada umumnya, penentuan kriteria ini cukup terkenal dan banyak digunakan, yaitu dengan cara membandingkan nilai Indeks Plastisitas dengan koefisien C, dimana C adalah prosentase lempung yang diameter butirannya <0,002 mm, kemudian nilai A dan C dimasukkan ke dalam grafik Aktivitas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 5.14 yang sebelumnya harus dihitung terlebih dahulu nilai A.

$$A = \frac{PI}{C}$$

$$A = \frac{20,72}{10,10}$$

$$A = 2,05$$



Gambar 5.14 Hubungan Aktivitas Lempung dengan Prosentase Lempung

Dari Gambar diatas, dapat disimpulkan bahwa tanah lempung yang diuji berada dalam kategori *low* atau rendah, hal ini menunjukkan bahwa tanah lempung yang diuji memiliki potensi mengembang sebesar 1,5%. Kondisi tersebut jika menurut Skempton, masih digolongkan dalam kondisi pengembangan yang rendah.

Dari beberapa pendapat ahli yang berbeda, ternyata memilik pendapat yang berbeda pula, dan dapat diambil kesimpulan tanah yang diuji masuk ke dalam tanah yang memiliki angka pengembangan yang sedang hingga tinggi. Pendapat ini diambil juga karena permasalahan yang terjadi saat bangunan dibangun diatas tanah tersebut ternyata memiliki kerugian yang cukup besar.

5.3 Pengujian Sifat Mekanik 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).

Pengujian CBR pada umumnya dalam keadaan tidak direndam untuk mengetahui nilai kekerasan pada tanah sampel yang diuji sedangkan dalam keadaan direndam untuk mengetahui nilai kembang susut tanah tersebut dengan waktu rendaman yang ditentukan selama 4 hari atau yang biasa disebut dengan *swelling factor*.

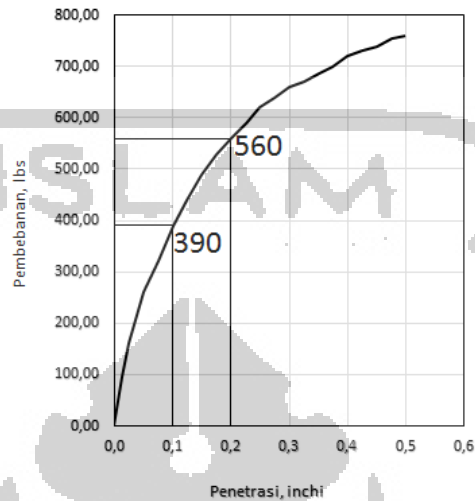
Tanah sampel yang diuji adalah jenis tanah berbutir halus yang distabilisasi dengan bahan tambah semen dan pupuk urea dengan prosentase konstan untuk semen yaitu 3% dan prosentase 1%, 2%, dan 3% untuk kadar pupuk urea yang digunakan yang akan dikalikan dengan berat kering tanah sampel yang diuji. Dalam pengujian ini bahan tambah hanya digunakan secara bersamaan dengan prosentase yang telah ditentukan sebelumnya. Adapun variasi masa pemeraman pada pengujian ini yaitu 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari.

Nilai CBR diambil dari pembacaan dial saat pengujian pada angka 0,1 inci dan 0,2 inci. Data hasil pembacaan kemudian disajikan dalam bentuk grafik, nilai CBR dapat ditentukan dengan membagi masing-masing beban CBR penetrasi 0,1 dan 0,2 inci dengan beban standar 70,31 kg (1000 psi) dan 105,47 kg (1500 psi). Nilai CBR dinyatakan dalam persen (%). Jika dari grafik mengharuskan adanya koreksi (beban terkoreksi), maka nilai CBR yang digunakan adalah nilai CBR koreksi. Pengujian harus diulang kembali jika nilai CBR 0,2 lebih besar dari 0,1, namun jika setelah diulang CBR 0,2 masih lebih besar, maka diambil nilai CBR yang terbesar.

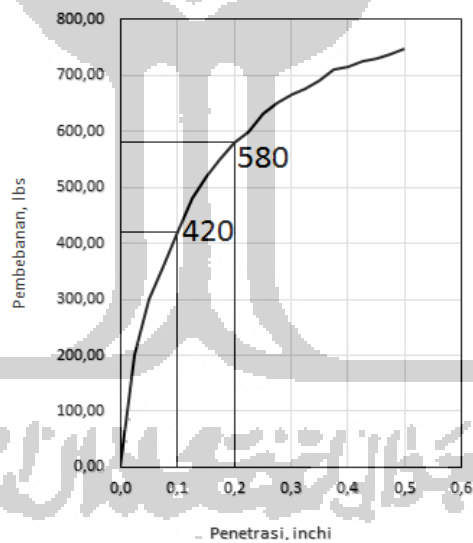
5.3.1 Pengujian CBR *Unsoaked* Tanah Asli

Pengujian CBR dengan tanah yang tidak direndam bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan tanah yang diuji sebelum diberi bahan tambah untuk stabilisasi, yaitu tanah asli yang diambil langsung dari lokasi dalam kondisi

terganggu (*disturbed*). Adapun pembacaan grafik CBR tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.15 dan Gambar 5.16 berikut ini.



Gambar 5.15 Grafik CBR Tanah Asli Sampel 1



Gambar 5.16 Grafik CBR Tanah Asli Sampel 2

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah asli sampel 1 dan sampel 2 berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{390}{3 \times 1000} \times 100 \% = 13,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{560}{3 \times 1500} \times 100 \% = 12,44\%$$

Sampel 2:

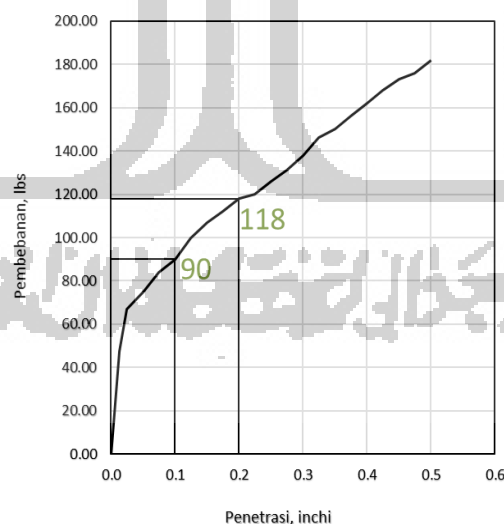
$$\text{CBR } 0,1 = \frac{420}{3 \times 1000} \times 100 \% = 14,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{580}{3 \times 1500} \times 100 \% = 12,89\%$$

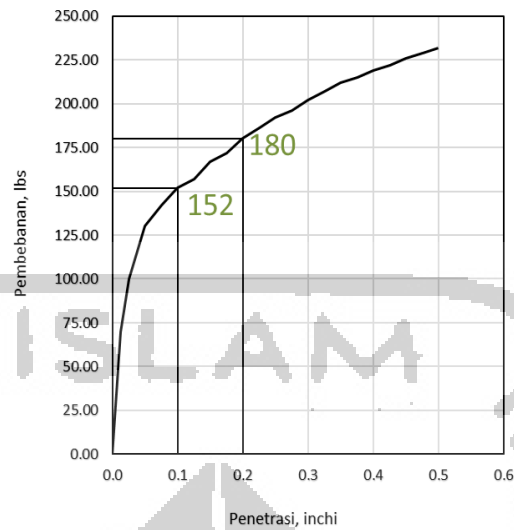
Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 13,00% dan CBR 0,2 sebesar 12,44%. Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 14,00% dan CBR 0,2 sebesar 12,89%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 13,00% untuk sampel 1 dan 14,00% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli 13,50%, maka nilai CBR tanah asli tanpa rendaman sebesar 13,50%.

5.3.2 Pengujian CBR *Soaked* Tanah Asli

Pengujian CBR dengan tanah yang direndam bertujuan untuk mengetahui nilai kembang susut (*swelling factor*) tanah yang diuji sebelum diberi bahan tambah untuk stabilisasi, yaitu tanah asli yang diambil langsung dari lokasi dalam kondisi terganggu (*disturbed*). Adapun pembacaan grafik CBR tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 berikut.



Gambar 5.17 Grafik CBR Tanah Asli Sampel 1



Gambar 5.18 Grafik CBR Tanah Asli Sampel 2

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah asli sampel 1 dan sampel 2 berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{90}{3 \times 1000} \times 100 \% = 3,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{118}{3 \times 1500} \times 100 \% = 2,62\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{152}{3 \times 1000} \times 100 \% = 5,07\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{180}{3 \times 1500} \times 100 \% = 4,00\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 3,00% dan CBR 0,2 sebesar 2,62% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 5,07% dan CBR 0,2 sebesar 4,00%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 3,00% untuk sampel 1 dan 5,07% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli rendaman sebesar 4,04%, maka nilai CBR tanah asli rendaman sebesar 4,04%.

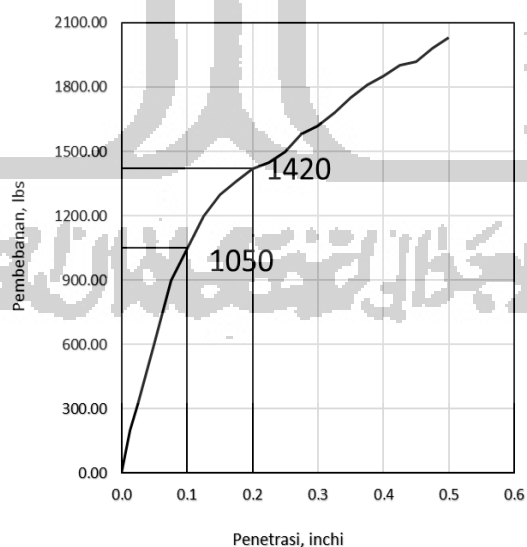
5.4 Pengaruh Penambahan Semen dan Pupuk Urea Terhadap Nilai CBR (*Unsoaked*) Pada Masa Pemeraman yang Bervariasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh pada nilai CBR tanah dari penambahan semen dan pupuk urea yang digunakan secara bersamaan pada prosentase tertentu, yaitu semen sebanyak 3% secara konstan dicampur dengan pupuk urea dengan prosentase 1%, 2% dan 3% yang dibuat sebanyak 2 sampel tiap prosentase campurannya.

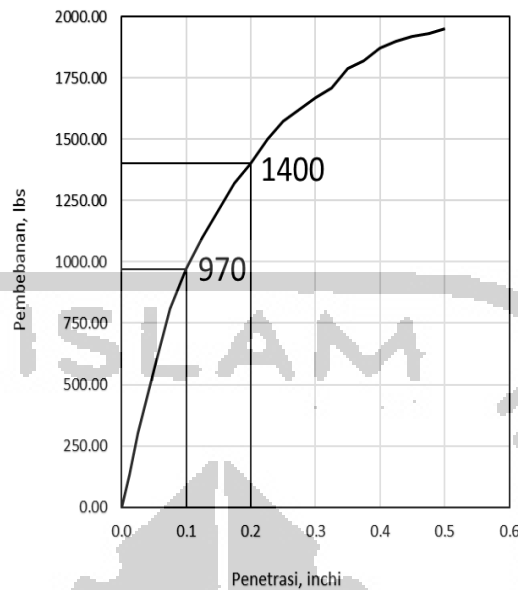
Masa pemeraman yang dipilih yaitu 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari yang nantinya akan dibandingkan seberapa besar pengaruh penambahan bahan stabilisasi semen dan pupuk urea tersebut. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada subsubbab-subsubbab berikut ini.

5.4.1 Pemeraman 1 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 1 hari dapat dilihat pada Gambar 5.19 untuk sampel 1 dan Gambar 5.20 untuk sampel 2 beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 3% beserta perhitungannya.



**Gambar 5.19 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 1 Pemeraman 1 Hari**



**Gambar 5.20 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 2 Pemeraman 1 Hari**

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 3% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 1 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{1050}{3 \times 1000} \times 100 \% = 35,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1420}{3 \times 1500} \times 100 \% = 31,56\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{970}{3 \times 1000} \times 100 \% = 32,33\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1400}{3 \times 1500} \times 100 \% = 31,11\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 35,00% dan CBR 0,2 sebesar 31,56% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 32,33% dan CBR 0,2 sebesar 31,11%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 35,00% untuk sampel 1 dan 32,33% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 3% tanpa rendaman masa peram 1 hari sebesar

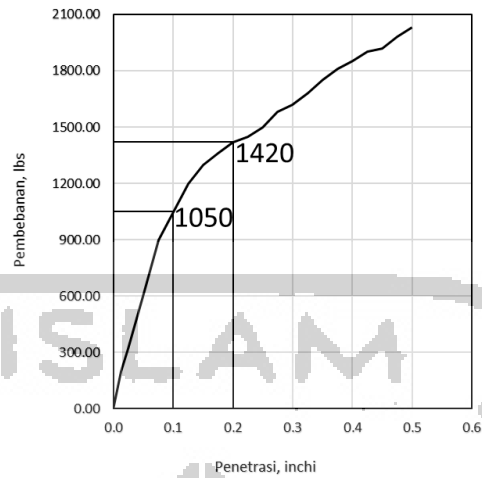
33,67%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 1 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 2% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% dapat dilihat pada Lampiran 17 dan Lampiran 13. Rekapitulasi hasil pengujian CBR tanpa rendaman pada pemeraman 1 hari dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

**Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman (Unsoaked)
Pemeraman 1 Hari**

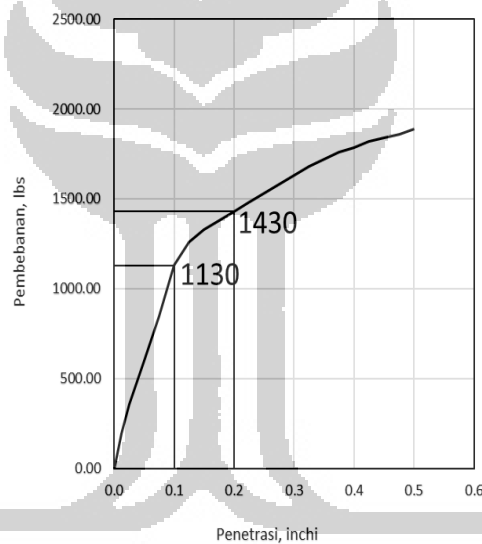
no	Semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	3%	35,00%	31,56%	35,00%	33,67%
			32,33%	31,11%	32,33%	
2	3%	2%	31,67%	31,11%	31,67%	32,33%
			33,00%	31,78%	33,00%	
3	3%	1%	29,33%	28,89%	29,33%	29,17%
			29,00%	28,22%	29,00%	

5.4.2 Pemeraman 3 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 3 hari dapat dilihat pada Gambar 5.21 untuk sampel 1 dan untuk sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.22 beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 3% beserta perhitungannya.



**Gambar 5.21 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 1 Pemeraman 3 Hari**



**Gambar 5.22 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 2 Pemeraman 3 Hari**

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 3% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 3 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{1050}{3 \times 1000} \times 100 \% = 35,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1420}{3 \times 1500} \times 100 \% = 31,56\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{1130}{3 \times 1000} \times 100 \% = 37,67\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1430}{3 \times 1500} \times 100 \% = 31,78\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 35,00% dan CBR 0,2 sebesar 31,56% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 37,67% dan CBR 0,2 sebesar 31,78%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 35,00% untuk sampel 1 dan 37,67% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 3% tanpa rendaman masa peram 3 hari sebesar 36,33%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 3 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 2% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% dapat dilihat pada Lampiran 18 dan Lampiran 14. Rekapitulasi hasil pengujian CBR tanpa rendaman pada masa pemeraman 3 hari dapat dilihat pada Tabel 5.25 berikut.

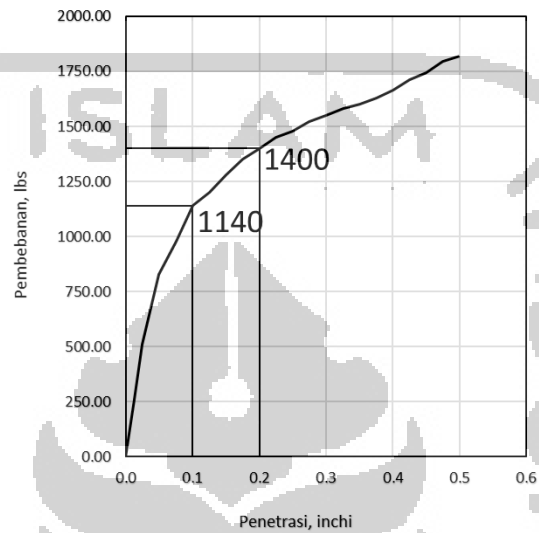
Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*) pemeraman 3 hari

no	semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	3%	35,00%	31,56%	35,00%	36,33%
			37,67%	31,78%	37,67%	
2	3%	2%	31,00%	29,78%	31,00%	33,00%
			35,00%	32,89%	35,00%	
3	3%	1%	34,33%	33,78%	34,33%	32,83%
			31,33%	28,67%	31,33%	

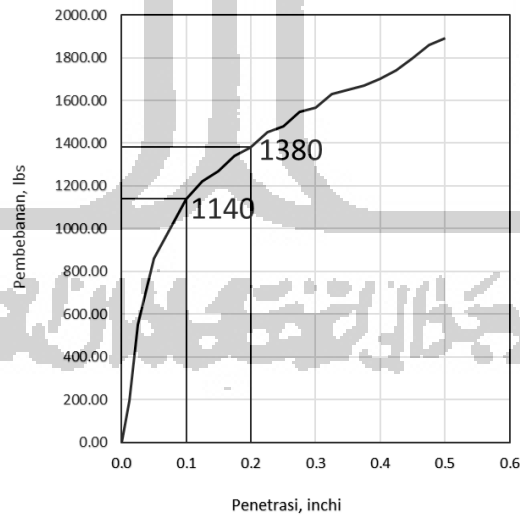
5.4.3 Pemeraman 7 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 7

hari dapat dilihat pada Gambar 5.23 untuk sampel 1 dan untuk sampel 2 pada Gambar 5.24, beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 3% beserta perhitungannya.



**Gambar 5.23 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 1 Pemeraman 7 Hari**



**Gambar 5.24 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 2 Pemeraman 7 Hari**

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 3% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 7 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{1140}{3 \times 1000} \times 100 \% = 38,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1400}{3 \times 1500} \times 100 \% = 31,11\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{1140}{3 \times 1000} \times 100 \% = 38,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1380}{3 \times 1500} \times 100 \% = 30,67\%$$

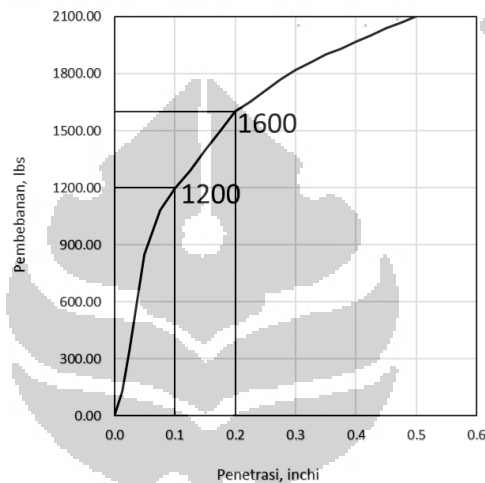
Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 38,00% dan CBR 0,2 sebesar 31,11% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 38,00% dan CBR 0,2 sebesar 30,67%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 38,00% untuk sampel 1 maupun sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 3% tanpa rendaman masa peram 7 hari sebesar 38,00%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 7 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 2% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% dapat dilihat pada Lampiran 17 dan Lampiran 13. Rekapitulasi hasil pengujian CBR tanpa rendaman pada masa pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.26 berikut.

Tabel 5.26 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman (Unsoaked) pemeraman 7 hari

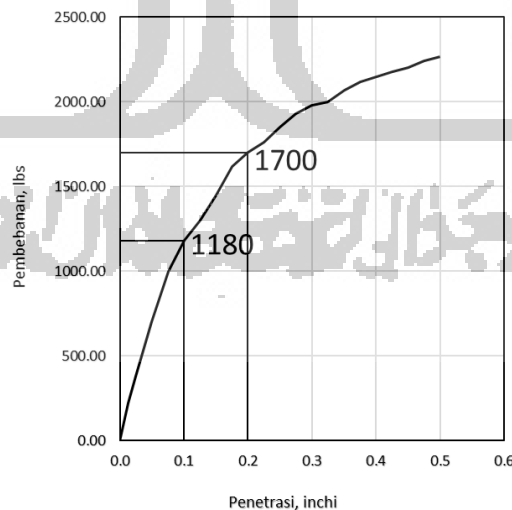
No	Semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	3%	38,00%	31,11%	38,00%	38,00%
			38,00%	30,67%	38,00%	
2	3%	2%	35,00%	34,67%	35,00%	35,17%
			35,33%	34,67%	35,33%	
3	3%	1%	35,00%	30,67%	35,00%	36,67%
			38,33%	33,33%	38,33%	

5.4.4 Pemeraman 28 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.25 untuk sampel 1 dan Gambar 5.26 untuk sampel 2 beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 3% beserta perhitungan.



**Gambar 5.25 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 1 Pemeraman 28 Hari**



**Gambar 5.26 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 2 Pemeraman 28 Hari**

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 3% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 28 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{1200}{3 \times 1000} \times 100 \% = 40,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1600}{3 \times 1500} \times 100 \% = 35,56\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{1180}{3 \times 1000} \times 100 \% = 39,33\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1700}{3 \times 1500} \times 100 \% = 37,78\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 40,00% dan CBR 0,2 sebesar 35,56% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 39,33% dan CBR 0,2 sebesar 37,78%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 40,00% untuk sampel 1 dan 39,33% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 3% tanpa rendaman masa peram 28 hari sebesar 39,67%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 28 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 2% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% dapat dilihat pada Lampiran 16 dan Lampiran 20. Rekapitulasi hasil pengujian CBR tanpa rendaman pada masa pemeraman 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.27 berikut.

**Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman (*Unsoaked*)
Pemeraman 28 hari**

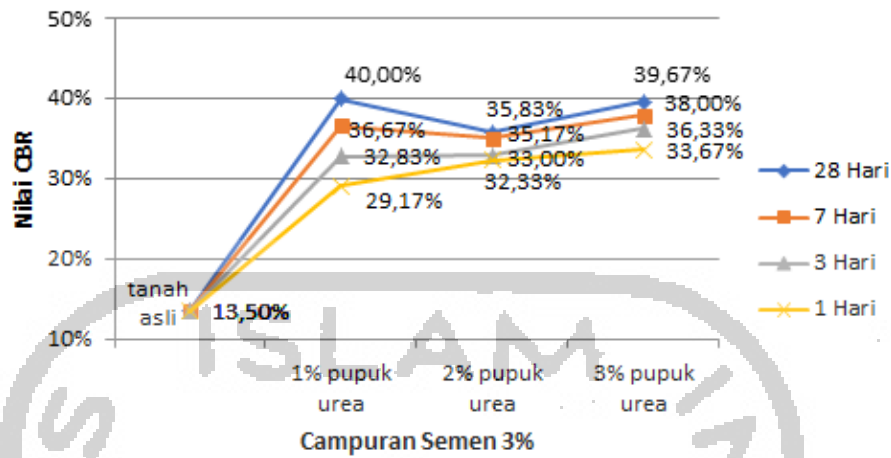
no	Semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	3%	40,00%	35,56%	40,00%	39,67%
			39,33%	37,78%	39,33%	
2	3%	2%	35,67%	34,89%	35,67%	35,83%
			36,00%	35,33%	36,00%	
3	3%	1%	40,00%	39,56%	40,00%	40,00%
			40,00%	38,89%	40,00%	

5.4.5 Rekapitulasi dan Pembahasan

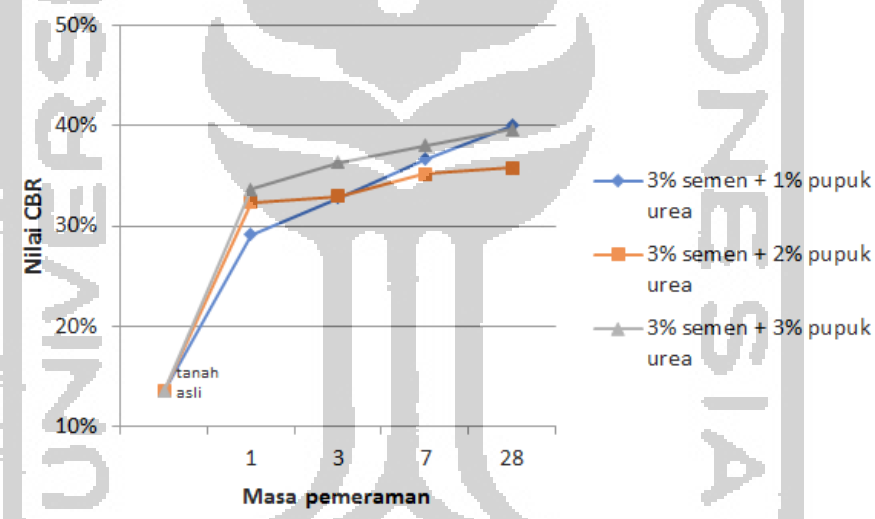
Penambahan bahan stabilisasi pada sampel tanah yang diuji diharapkan akan menghasilkan nilai CBR yang lebih baik (lebih besar) dari tanah asli sebelum ditambah dengan semen dan pupuk urea. Berikut tabel rekapitulasi tanah yang sudah dicampur dengan semen dan pupuk urea dimana dalam masa pemeraman 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari, dapat dilihat pada Tabel 5.28, dan untuk Grafik Rekapitulasi Nilai CBR Berdasar Variasi Campuran dapat dilihat pada Gambar 5.27, sedangkan Grafik CBR berdasar masa pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.28.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Tanpa Rendaman dengan Campuran Semen dan Pupuk Urea

No	Pemeraman	jenis tanah	nilai CBR	Kenaikan Nilai CBR
1	-	Tanah Asli	13,50 %	
2	28 Hari	3% semen + 3% pupuk urea	39,67%	65,97%
		3% semen + 2% pupuk urea	35,83%	62,32%
		3% semen + 1% pupuk urea	40,00%	66,25%
3	7 hari	3% semen + 3% pupuk urea	38,00%	64,47%
		3% semen + 2% pupuk urea	35,17%	61,61%
		3% semen + 1% pupuk urea	36,67%	63,18%
4	3 Hari	3% semen + 3% pupuk urea	36,33%	62,84%
		3% semen + 2% pupuk urea	33,00%	59,09%
		3% semen + 1% pupuk urea	32,83%	58,88%
5	1 Hari	3% semen + 3% pupuk urea	33,67%	59,90%
		3% semen + 2% pupuk urea	32,33%	58,24%
		3% semen + 1% pupuk urea	29,17%	53,72%



Gambar 5.27 Grafik Rekapitulasi CBR Tanpa Rendaman Berdasar Variasi Campuran



Gambar 5.28 Grafik Rekapitulasi CBR Tanpa Rendaman Berdasar Masa Pemeraman

Berdasarkan tabel dan grafik rekapitulasi diatas dapat ditulis pembahasan bahwa dengan variasi campuran dan variasi masa pemeraman yang berbeda, tentu dapat menghasilkan nilai CBR yang bervariasi pula.

Secara garis besar terjadi peningkatan nilai CBR seiring makin bertambahnya hari pada masa pemeraman tanah yang dicampur semen dan pupuk urea. Pada masa pemeraman 3 hari terjadi peningkatan nilai CBR dibanding dengan masa pemeraman 1 hari, begitu pula pada masa pemeraman 7 hari

semakin meningkat hingga pada masa pemeraman 28 hari menghasilkan nilai CBR terbesar dibanding dengan masa peram lainnya.

Kadar campuran 3% semen dan 3% pupuk urea secara umum juga menghasilkan nilai CBR terbesar pada masa pemeraman 1 hari, 3 hari dan 7 hari. Sedangkan pada masa pemeraman 28 hari kadar 3% semen dan 1% pupuk urea yang menghasilkan nilai CBR tertinggi, walaupun dengan selisih kurang dari 1% (0,33%) dibandingkan dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 3%.

Nilai CBR terbesar dihasilkan dari campuran kadar semen 3% dan pupuk urea 1% pada masa pemeraman 28 hari yaitu sebesar 40%. Nilai CBR terkecil dihasilkan dari campuran kadar semen 3% dan pupuk urea 1% pada masa pemeraman 1 hari yaitu sebesar 29,17% yang merupakan nilai terkecil CBR tanah yang telah distabilisasi.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa semakin bertambahnya kadar pupuk urea dan semen tidak menghasilkan nilai CBR yang semakin besar pula, contohnya pada kasus pemeraman 28 hari ketika campuran dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 1% menghasilkan nilai CBR 40%, lalu dengan dinaikkan kadar pupuk urea menjadi 2% justru malah mengalami penurunan nilai CBR menjadi 35,83% , kemudian dinaikkan kadar urea menjadi 3% yang menghasilkan nilai CBR meningkat 39,67%, akan tetapi masih lebih tinggi pada saat campuran dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 1%. Kasus serupa terjadi pada masa pemeraman 7 hari, yang mengalami penurunan nilai CBR pada kadar campuran semen 3% dan pupuk urea 2% lalu kemudian meningkat nilai CBR nya ketika pupuk urea dinaikkan kadarnya menjadi 3% dengan kadar semen konstan 3%. Lain halnya dengan masa pemeraman, semakin lama masa peram maka semakin mampu menghasilkan peningkatan nilai CBR.

Kenaikan terbesar nilai CBR dari tanah asli dengan tanah yang sudah distabilisasi yaitu terjadi pada masa pemeraman 28 hari dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 1% yaitu sebesar 66,25%. Sedangkan kenaikan yang pengaruhnya sangat kecil terjadi pada masa peram 1 hari dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 1%, yaitu sebesar 53,72% saja dari CBR tanah aslinya. Dari hasil pengujian,

peningkatan nilai CBR pada masa pemeraman 28 hari mampu menghasilkan peningkatan nilai CBR diatas 50%.

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Mustaqim (2019) yang memiliki kesamaan bahan campur stabilisasi yaitu menggunakan pupuk urea dengan prosentase campuran kapur 1% + pupuk urea 1,5% dengan masa pemeraman 7 hari mampu menghasilkan peningkatan sebesar 788,321% untuk yang tanpa rendaman dan 466,372% untuk yang direndam. Penelitian serupa dilakukan oleh Firdaus (2018) dengan melakukan stabilisasi tanah lempung menggunakan bahan campur pupuk urea dan *magnesium carbonate* mengalami peningkatan pada kondisi tanpa rendaman sebesar 43,012% dan sebesar 17,716% untuk yang direndam. Jika ditinjau dari segi bahan tambah semen juga telah dilakukan penelitian oleh Kristiadi (2016) bahwa peningkatan maksimal terjadi pada variasi campuran 12% semen dan 2,5% Difa SS sebesar 289,29% dari tanah aslinya. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Alami (2018) Peningkatan Nilai CBR terbesar pada variasi campuran semen 4% yaitu sebesar 502,61%.

Dari beberapa penelitian diatas, dapat disimpulkan bahwa pengaruh terbesar bahan tambah untuk campuran stabilisasi pada penelitian kali ini adalah semen, sedangkan pupuk urea tidak menghasilkan peningkatan yang cukup besar. Dan juga dari beberapa penelitian yang telah dilakukan cukup menghasilkan peningkatan yang signifikan, bahkan terdapat yang lebih dari 100% dengan variasi campuran bahan stabilisasi yang relatif kecil atau kurang dari 10%, maka dari itu, penelitian kali ini diambil prosentase campuran yang kecil pula, yaitu 1%, 2% dan 3% untuk kadar pupuk urea, sedangkan untuk semen diambil konstan sebesar 3%. Selain itu, untuk memudahkan pengaplikasiannya di lapangan dengan prosentase yang tidak besar sehingga memudahkan pekerjaan serta lebih ekonomis dan efisien penggunaan bahan campur tersebut. Dan untuk segi lamanya masa pemeraman banyak dilakukan dengan lamanya peram yaitu 7 hari, untuk penelitian kali ini dilakukan dengan variasi campuran yang kecil namun dengan masa peram lama dapat menghasilkan nilai CBR yang mengalami peningkatan.

Pada akhirnya untuk mendapatkan nilai CBR terbaik dapat dilakukan dengan pemeraman selama 28 hari dengan kadar semen 3% dicampur pupuk urea 1%. Namun yang perlu menjadi catatan, nilai CBR tanah asli berbeda-beda pada setiap daerah, untuk lokasi yang diteliti yaitu tanah dari kecamatan Tepus, Kabupaten Gunung Kidul Provinsi DIY dapat menggunakan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

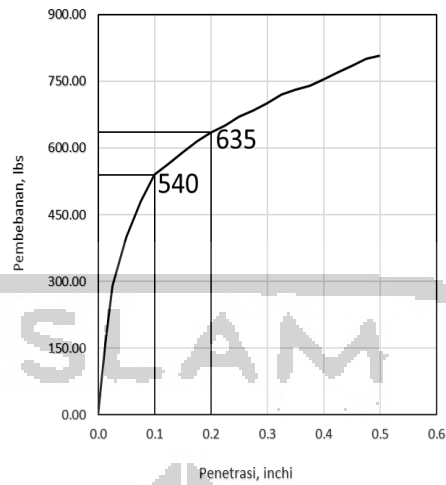
5.5 Pengaruh Penambahan Semen dan Pupuk Urea Terhadap *Swelling Factor* (Nilai CBR *Soaked*) Pada Masa Pemeraman yang Bervariasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh pada faktor pengembangan dan penyusutan tanah atau yang biasa disebut dengan *swelling factor* tanah dari penambahan semen dan pupuk urea yang digunakan secara bersamaan pada prosentase tertentu, yaitu semen sebanyak 3% secara konstan dicampur dengan pupuk urea dengan prosentase 1%, 2% dan 3% yang dibuat sebanyak 2 sampel tiap variasi campurannya.

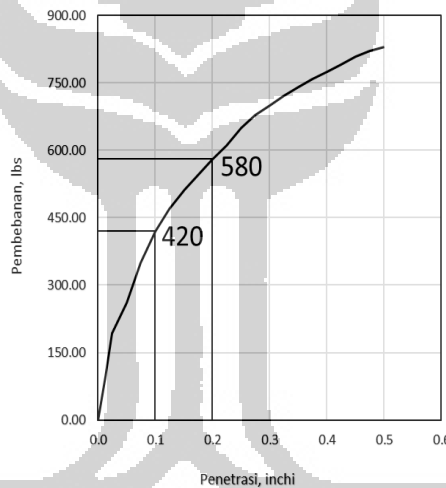
Masa pemeraman yang dipilih yaitu 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari yang nantinya akan dibandingkan seberapa besar pengaruh penambahan bahan stabilisasi semen dan pupuk urea tersebut. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada subsubbab-subsubbab berikut ini.

5.5.1 Pemeraman 1 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 1 hari dapat dilihat pada Gambar 5.29 untuk sampel 1 dan Gambar 5.30 untuk sampel 2 beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 3% beserta perhitungannya.



**Gambar 5.29 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 1 Pemeraman 1 Hari**



**Gambar 5.30 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 2 Pemeraman 1 Hari**

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 3% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 1 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{540}{3 \times 1000} \times 100 \% = 18,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{635}{3 \times 1500} \times 100 \% = 14,11\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{420}{3 \times 1000} \times 100 \% = 19,33\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{580}{3 \times 1500} \times 100 \% = 15,78\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 18,00% dan CBR 0,2 sebesar 14,11%. Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 19,33% dan CBR 0,2 sebesar 15,78%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 18,00% untuk sampel 1 dan 19,33% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 3% rendaman masa peram 1 hari sebesar 18,67%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 1 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 2% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% dapat dilihat pada Lampiran 32 dan Lampiran 28. Rekapitulasi hasil pengujian CBR rendaman pada masa pemeraman 1 hari dapat dilihat pada Tabel 5.29 berikut, dan *swelling* pada saat masa perendaman dapat dilihat pada Tabel 5.30 berikut.

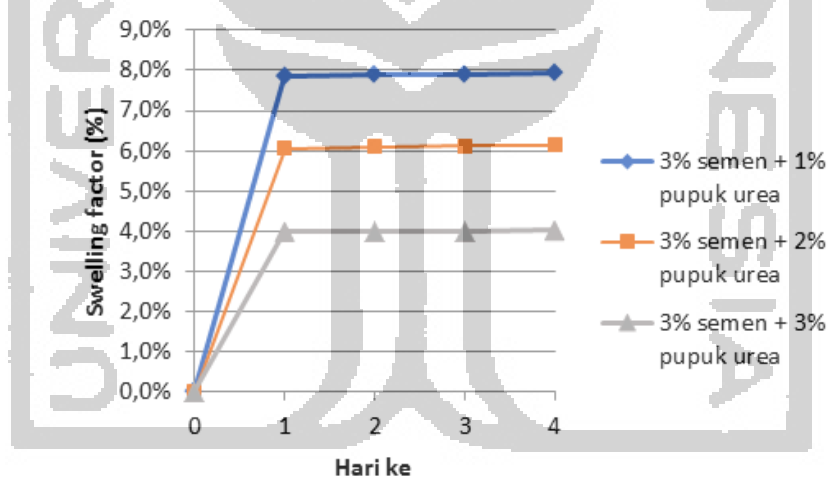
**Tabel 5.29 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Rendaman (*Soaked*)
Pemeraman 1 Hari**

no	Semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	3%	18,00%	14,11%	18,00%	18,67%
			19,33%	15,78%	19,33%	
2	3%	2%	14,00%	12,89%	14,00%	14,50%
			15,00%	12,98%	15,00%	
3	3%	1%	11,83%	8,98%	11,83%	10,92%
			10,00%	8,67%	10,00%	

Tabel 5.30 Rekapitulasi Swelling Pada Saat Perendaman Pemeraman 1 Hari

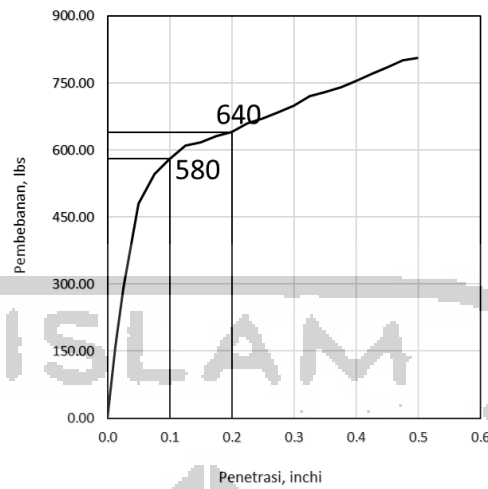
no	kadar campuran	Hari Ke								
		0	1		2		3		4	
1	3% semen + 1% pupuk urea	0	8,07%	7,67%	8,09%	7,70%	8,11%	7,71%	7,74%	8,15%
		0	7,87%		7,90%		7,91%		7,95%	
2	3% semen + 2% pupuk urea	0	5,59%	6,54%	5,62%	6,58%	5,64%	6,60%	6,62%	5,65%
		0	6,07%		6,10%		6,12%		6,14%	
3	3% semen + 3% pupuk urea	0	3,55%	4,42%	3,55%	4,44%	3,57%	4,44%	4,46%	3,58%
		0	3,99%		4,00%		4,01%		4,02%	

Adapun grafik *swelling factor* pemeraman 1 hari dengan campuran semen dan pupuk urea dengan kadar yang tertentu yang direndam selama 4 hari dan dilakukan perhitungan swellingnya dapat dilihat pada Gambar 5.31 berikut.

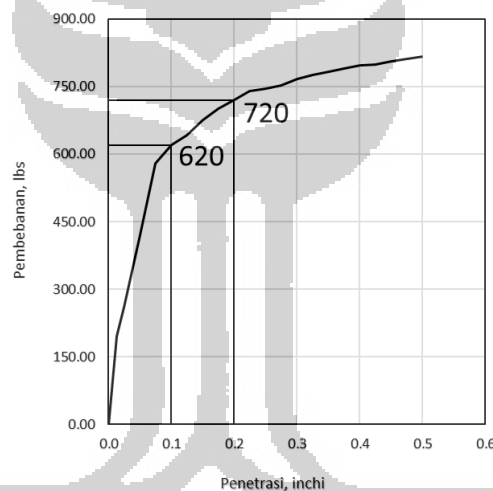
**Gambar 5.31 Grafik Swelling Factor Pemeraman 1 Hari**

5.5.2 Pemeraman 3 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 3 hari dapat dilihat pada Gambar 5.32 untuk sampel 1 dan Gambar 5.33 untuk sampel 2 beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 2% beserta perhitungannya.



**Gambar 5.32 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 1 Pemeraman 3 Hari**



**Gambar 5.33 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 2 Pemeraman 3 Hari**

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 2% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 3 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{640}{3 \times 1000} \times 100 \% = 19,33\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{580}{3 \times 1500} \times 100 \% = 14,22\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{720}{3 \times 1000} \times 100 \% = 20,67\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{620}{3 \times 1500} \times 100 \% = 16,00\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 19,33% dan CBR 0,2 sebesar 14,22% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 20,67% dan CBR 0,2 sebesar 16,00%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 19,33% untuk sampel 1 dan 20,67% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 2% rendaman masa peram 3 hari sebesar 20,00%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 3 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 3% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% dapat dilihat pada Lampiran 35 dan Lampiran 27. Rekapitulasi hasil pengujian CBR rendaman pada masa pemeraman 3 hari dapat dilihat pada Tabel 5.31 berikut, dan penurunan atau *swelling* pada saat masa perendaman dapat dilihat pada Tabel 5.32.

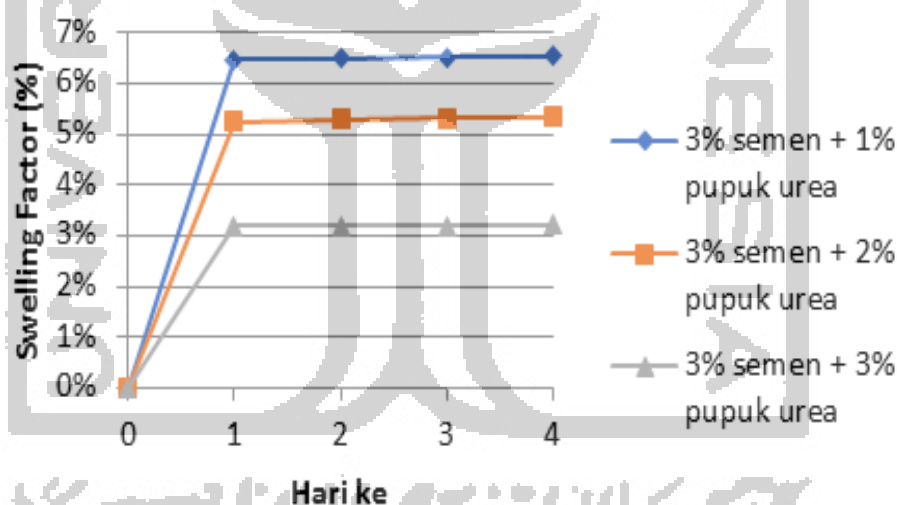
Tabel 5.31 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Rendaman (Soaked) pemeraman 3 hari

No	Semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	1%	18,33%	13,33%	18,33%	18,25%
			18,17%	13,33%	18,17%	
2	3%	2%	19,33%	14,22%	19,33%	20,00%
			20,67%	16,00%	20,67%	
3	3%	3%	22,50%	17,11%	22,50%	22,50%
			22,50%	17,84%	22,50%	

Tabel 5.32 Rekapitulasi Swelling Pada Saat Perendaman Pemeraman 3 Hari

no	kadar campuran	Hari Ke								
		0	1		2		3		4	
1	3% semen + 1% pupuk urea	0%	6,62%	6,31%	6,65%	6,33%	6,68%	6,35%	6,39%	6,69%
		0%	6,47%		6,49%		6,52%		6,54%	
2	3% semen + 2% pupuk urea	0%	5,40%	5,10%	5,46%	5,14%	5,48%	5,17%	5,18%	5,51%
		0%	5,25%		5,30%		5,33%		5,35%	
3	3% semen + 3% pupuk urea	0%	4,12%	2,25%	4,13%	2,26%	4,13%	2,27%	4,14%	2,28%
		0%	3,19%		3,20%		3,20%		3,21%	

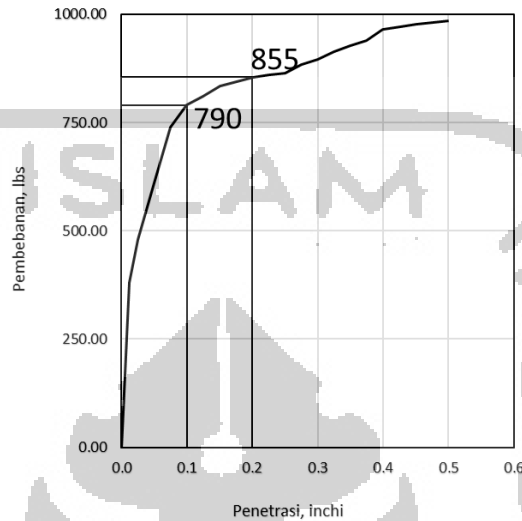
Adapun grafik *swelling factor* pada masa pemeraman 3 hari dengan campuran semen dan pupuk urea dengan kadar yang tertentu yang direndam selama 4 hari dan dilakukan perhitungan swellingnya dapat dilihat pada Gambar 5.34 berikut ini.

**Gambar 5.34 Grafik Swelling Factor Pemeraman 3 Hari**

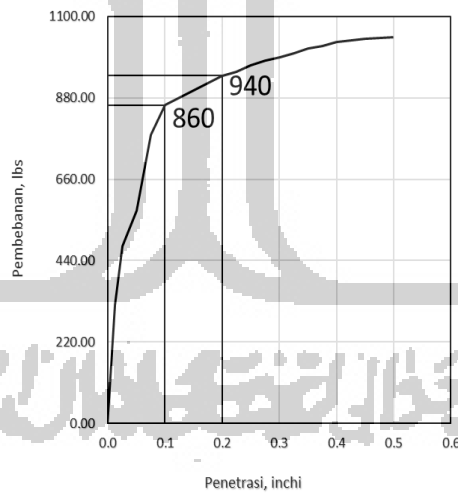
5.5.3 Pemeraman 7 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 7 hari dapat dilihat pada Gambar 5.35 untuk sampel 1 dan Gambar 5.36 untuk sampel 2 beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh

perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 3% beserta perhitungannya.



**Gambar 5.35 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 1 Pemeraman 7 Hari**



**Gambar 5.36 Grafik CBR Tanah Dicampur Semen 3% + Pupuk Urea 3%
Sampel 2 Pemeraman 7 Hari**

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 3% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 7 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{855}{3 \times 1000} \times 100 \% = 26,33\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{790}{3 \times 1500} \times 100 \% = 19,00\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{940}{3 \times 1000} \times 100 \% = 28,67\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{860}{3 \times 1500} \times 100 \% = 20,89\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 26,33% dan CBR 0,2 sebesar 19,00% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 28,67% dan CBR 0,2 sebesar 20,89%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 26,33% untuk sampel 1 dan 28,67% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 3% rendaman masa peram 7 hari sebesar 27,50%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 7 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 2% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% dapat dilihat pada Lampiran 30 dan Lampiran 26. Rekapitulasi hasil pengujian CBR rendaman pada masa pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.33 berikut, dan penurunan atau *swelling* pada saat masa perendaman dapat dilihat pada Tabel 5.34

Tabel 5.33 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Rendaman (Soaked)

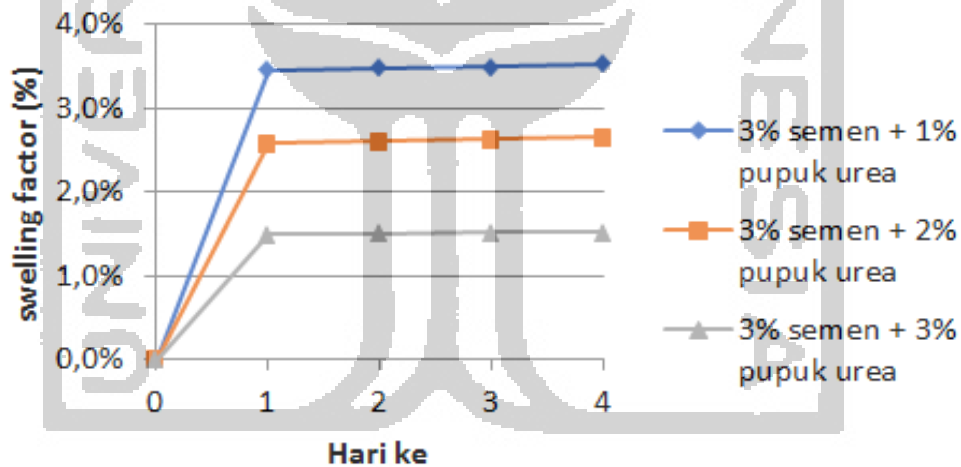
Pemeraman 7 hari

No	Semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	3%	26,33%	19,00%	26,33%	27,50%
			28,67%	20,89%	28,67%	
2	3%	2%	23,50%	19,33%	23,50%	25,08%
			26,67%	20,00%	26,67%	
3	3%	1%	18,67%	13,84%	18,67%	19,00%
			19,33%	14,51%	19,33%	

Tabel 5.34 Rekapitulasi *Swelling* Pada Saat Perendaman Pemeraman 7 hari

no	kadar campuran	Hari Ke								
		0	1		2		3		4	
1	3% semen + 1% pupuk urea	0%	3,78%	3,14%	3,81%	3,16%	3,82%	3,18%	3,21%	3,85%
		0%	3,46%		3,49%		3,50%		3,53%	
2	3% semen + 2% pupuk urea	0%	2,77%	2,40%	2,79%	2,42%	2,82%	2,43%	2,83%	2,47%
		0%	2,59%		2,61%		2,63%		2,65%	
3	3% semen + 3% pupuk urea	0%	1,74%	1,24%	1,76%	1,25%	1,77%	1,25%	1,78%	1,25%
		0%	1,49%		1,51%		1,51%		1,52%	

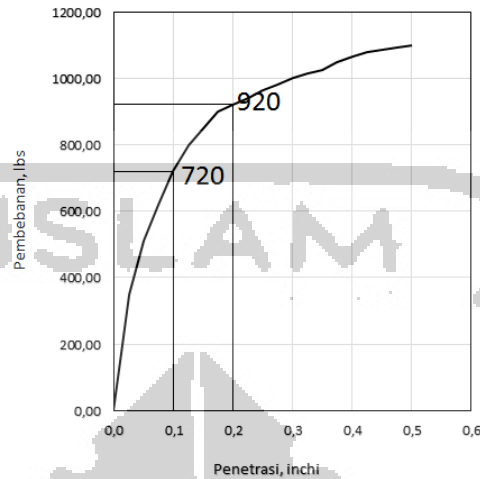
Adapun grafik *swelling factor* pada masa pemeraman 7 hari dengan campuran semen dan pupuk urea dengan kadar yang tertentu yang direndam selama 4 hari dan dilakukan pencatatan *swelling*nya dapat dilihat pada Gambar 5.37 dibawah ini.

**Gambar 5.37 Grafik *Swelling Factor* Pemeraman 7 Hari**

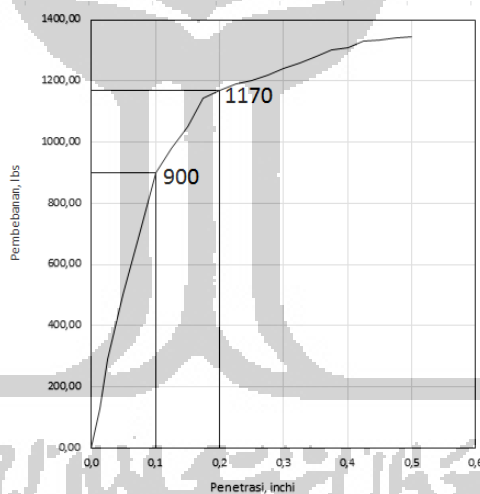
5.5.4 Pemeraman 28 Hari

Berikut adalah grafik-grafik hasil pengujian tanah sampel yang dicampur dengan pupuk urea dan semen yang dilakukan dalam masa pemeraman selama 28 hari dapat dilihat pada Gambar 5.38 untuk sampel 1 dan Gambar 5.39 untuk sampel 2 beserta perhitungan nilai CBR 0,1 dan 0,2. Adapun sebagai contoh

perhitungan akan digunakan grafik dengan kadar semen 3% dan pupuk urea 1% beserta perhitungannya.



Gambar 5.38 Grafik CBR tanah dicampur semen 3% + pupuk urea 2% sampel 1 pemeraman 28 hari



Gambar 5.39 Grafik CBR tanah dicampur semen 3% + pupuk urea 2% sampel 2 pemeraman 28 hari

Dari kedua grafik diatas dapat dihitung nilai CBR 0,1 dan CBR 0,2 tanah dengan campuran semen 3% dan pupuk urea 1% sampel 1 dan sampel 2 pada masa pemeraman 28 hari seperti berikut ini.

Sampel 1:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{720}{3 \times 1000} \times 100 \% = 24,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{920}{3 \times 1500} \times 100 \% = 20,44\%$$

Sampel 2:

$$\text{CBR } 0,1 = \frac{900}{3 \times 1000} \times 100 \% = 30,00\%$$

$$\text{CBR } 0,2 = \frac{1170}{3 \times 1500} \times 100 \% = 26,00\%$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai CBR 0,1 pada sampel 1 sebesar 24,00% dan CBR 0,2 sebesar 20,44% . Sedangkan untuk sampel 2 nilai CBR 0,1 sebesar 30% dan CBR 0,2 sebesar 26%. Dari kedua sampel nilai CBR 0,1 lebih besar dari 0,2 maka digunakan nilai CBR 0,1 yaitu 18,33% untuk sampel 1 dan 18,17% untuk sampel 2, dengan rerata nilai CBR tanah asli yang dicampur semen 3% dan pupuk urea 3% rendaman masa peram 28 hari sebesar 18,25%. Adapun untuk grafik masa pemeraman 28 hari dengan campuran kadar semen 3% + pupuk urea 1% serta campuran kadar semen 3% + pupuk urea 3% dapat dilihat pada Lampiran 25 dan Lampiran 33. Rekapitulasi hasil pengujian CBR rendaman pada masa pemeraman 28 hari dapat dilihat pada Tabel 5.35 berikut, dan penurunan atau *swelling* pada saat masa perendaman dapat dilihat pada Tabel 5.36.

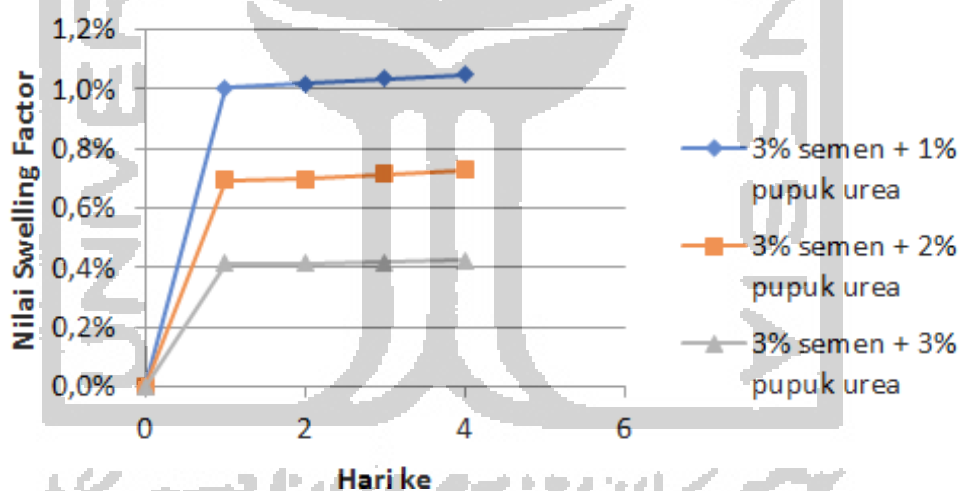
**Tabel 5.35 Rekapitulasi Hasil Pengujian CBR Rendaman (*Soaked*)
Pemeraman 28 hari**

No	Semen	pupuk urea	CBR 0,1	CBR 0,2	Nilai CBR	CBR rerata
1	3%	1%	22,67%	16,44%	22,67%	19,67%
			16,67%	14,44%	16,67%	
2	3%	2%	24,00%	20,44%	24,00%	27,00%
			30,00%	26,00%	30,00%	
3	3%	3%	32,00%	22,40%	32,00%	32,17%
			32,33%	23,07%	32,33%	

Tabel 5.36 Rekapitulasi *Swelling* Pada Saat Perendaman Pemeraman 28 Hari

no	kadar campuran	Hari Ke									
		0	1		2		3		4		
1	3% semen + 1% pupuk urea	0%	1,03%	0,98%	1,05%	0,99%	1,05%	1,02%	1,07%	1,03%	
		0%	1,01%		1,02%		1,04%		1,05%		
2	3% semen + 2% pupuk urea	0%	0,77%	0,62%	0,77%	0,63%	0,79%	0,64%	0,80%	0,66%	
		0%	0,70%		0,70%		0,72%		0,73%		
3	3% semen + 3% pupuk urea	0%	0,34%	0,49%	0,34%	0,49%	0,34%	0,50%	0,35%	0,50%	
		0%	0,42%		0,42%		0,42%		0,43%		

Adapun grafik *swelling factor* pada masa pemeraman 28 hari dengan campuran semen dan pupuk urea dengan kadar yang tertentu yang direndam selama 4 hari dan dilakukan pencatatatan *swelling*nya dapat dilihat pada Gambar 5.40 berikut.

**Gambar 5.40 Grafik *Swelling Factor* Pemeraman 28 Hari**

5.5.5 Rekapitulasi dan Pembahasan

Penambahan bahan stabilisasi pada sampel tanah yang diuji diharapkan akan menghasilkan peningkatan pada nilai CBR direndam, sedangkan untuk nilai *swelling factor* atau faktor pengembangan yang lebih baik (lebih kecil) dari tanah asli sebelum ditambah dengan semen dan pupuk urea. Tabel rekapitulasi nilai CBR tanah rendaman tanah asli dan tanah yang sudah dicampur dengan semen

dan pupuk urea dimana dalam masa pemeraman 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari, dapat dilihat pada Tabel 5.37 berikut, sedangkan rekapitulasi nilai *swelling factor* uji CBR rendaman dapat dilihat pada Tabel 5.38.

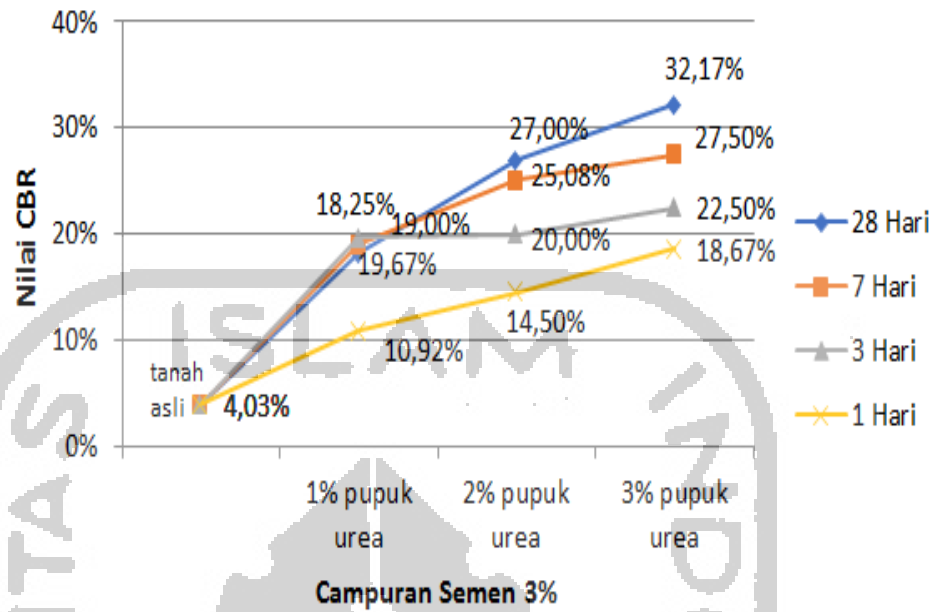
Tabel 5.37 Rekapitulasi Nilai CBR Soaked

No	pemeraman	jenis tanah	nilai CBR	Peningkatan Nilai CBR
1	-	tanah asli	4,03%	-
2	28 hari	3% semen + 1% pupuk urea	19,67%	388,09%
		3% semen + 2% pupuk urea	27,00%	569,97%
		3% semen + 3% pupuk urea	32,17%	698,26%
3	7 hari	3% semen + 1% pupuk urea	19,00%	371,46%
		3% semen + 2% pupuk urea	25,08%	522,33%
		3% semen + 3% pupuk urea	27,50%	582,38%
4	3 hari	3% semen + 1% pupuk urea	18,25%	352,85%
		3% semen + 2% pupuk urea	20,00%	396,28%
		3% semen + 3% pupuk urea	22,50%	458,31%
5	1 hari	3% semen + 1% pupuk urea	10,92%	170,97%
		3% semen + 2% pupuk urea	14,50%	259,80%
		3% semen + 3% pupuk urea	18,67%	363,27%

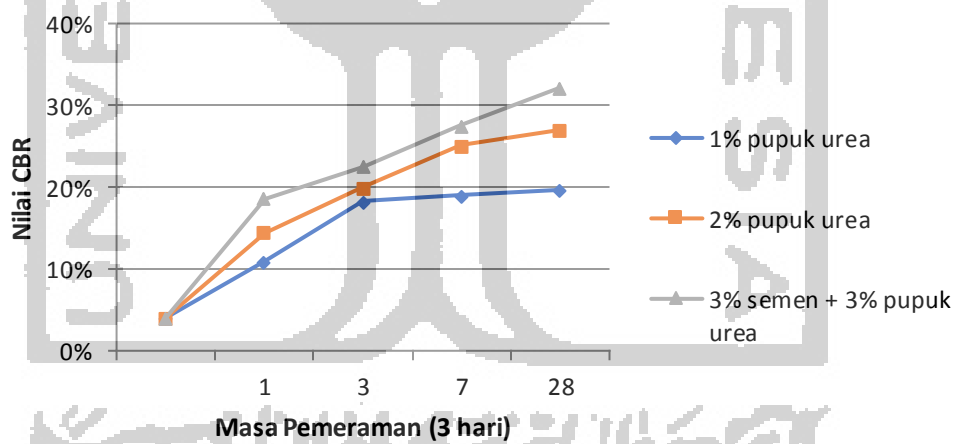
Tabel 5.38 Rekapitulasi Nilai *Swelling Factor* CBR Soaked

no	Pemeraman	jenis tanah	Nilai <i>Swelling Factor</i> (%)	Penurunan Nilai <i>Swelling Factor</i> (%)
1	1 hari	tanah asli	8,98	-
		3% semen + 1% pupukurea	7,95	11,47
		3% semen + 2% pupukurea	6,14	31,63
		3% semen + 3% pupukurea	4,02	55,23
2	3 Hari	3% semen + 1% pupukurea	6,54	27,17
		3% semen + 2% pupukurea	5,35	40,42
		3% semen + 3% pupukurea	3,21	64,25
3	7 Hari	3% semen + 1% pupukurea	3,53	60,69
		3% semen + 2% pupukurea	2,65	70,49
		3% semen + 3% pupukurea	1,52	83,07
4	28 Hari	3% semen + 1% pupukurea	1,05	88,31
		3% semen + 2% pupukurea	0,73	91,87
		3% semen + 3% pupukurea	0,43	95,21

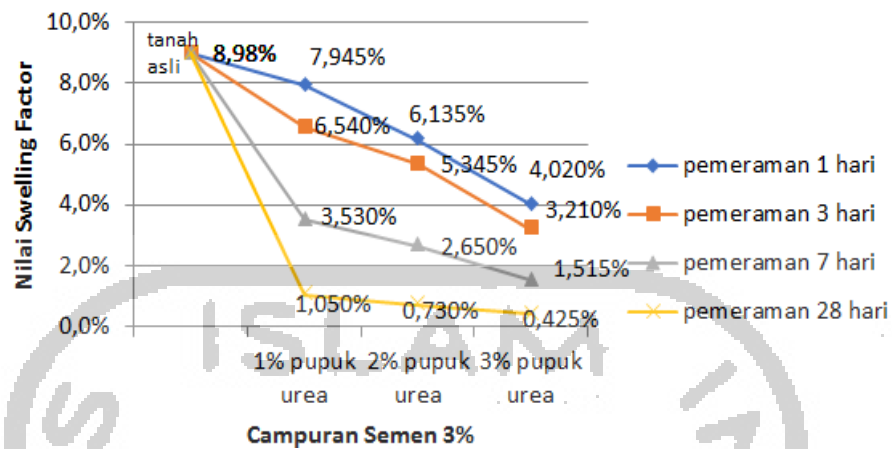
Adapun grafik nilai CBR rendaman tanah asli dan tanah pengaruh penambahan pupuk urea dan semen dengan kadar yang telah ditentukan dapat dilihat pada Gambar 5.41 dan untuk grafik nilai CBR berdasar Masa Peram dapat dilihat pada Gambar 5.42, sedangkan grafik rekapitulasi *swelling* dengan variasi campuran dapat dilihat pada Gambar 5.43 serta untuk grafik rekapitulasi *swelling* berdasar masa pemeraman dapat dilihat pada Gambar 5.44 berikut.



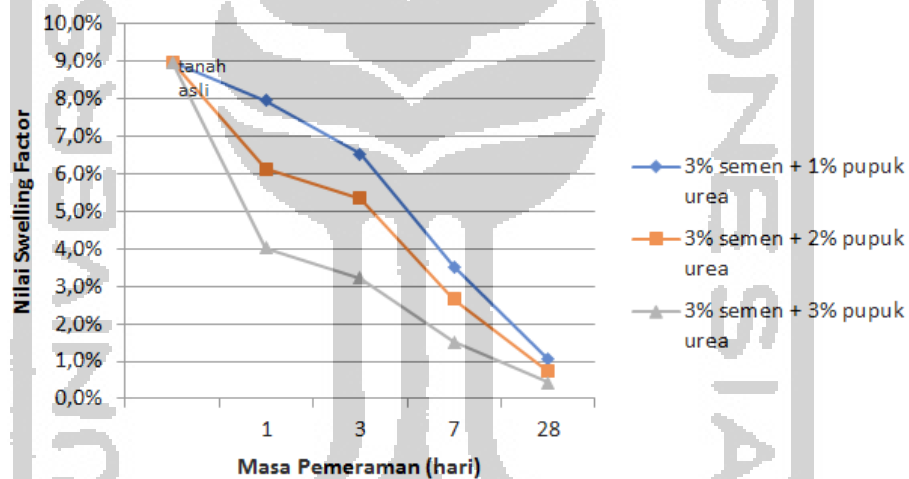
Gambar 5.41 Grafik Rekapitulasi Nilai CBR *Soaked* Berdasar Variasi Campuran



Gambar 5.42 Grafik Rekapitulasi Nilai CBR *Soaked* Berdasar Masa Pemeraman



Gambar 5.43 Gambar *Swelling Factor* Penambahan Pupuk Urea dan Semen Berdasar Variasi Campuran



Gambar 5.44 Gambar *Swelling Factor* Penambahan Pupuk Urea dan Semen Berdasar Masa Pemeraman

Berdasarkan tabel rekapitulasi dan Grafik diatas dapat ditulis pembahasan bahwa dengan variasi campuran dan variasi masa pemeraman yang berbeda, maka dapat menghasilkan nilai faktor pengembangan yang bervariasi pula.

Secara garis besar terdapat peningkatan nilai CBR rendaman seiring meningkatnya masa peram dan juga semakin meningkatnya variasi campuran bahan tambah untuk stabilisasi. Peningkatan terbesar terjadi pada masa peram 28 hari dengan campuran 3% semen + 3% pupuk urea yaitu sebesar 698,26% dari

tanah aslinya, sedangkan peningkatan terendah terjadi pada masa peram 1 hari dengan variasi campuran semen 3% + pupuk urea 1% sebesar 170,97%. Dari hasil CBR tanpa rendaman bisa disimpulkan bahwa peningkatan cukup signifikan mencapai diatas 100% untuk kenaikan terendahnya.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mustaqim (2019) Besar peningkatan nilai CBR pada tanah yang dilakukan perendaman terjadi pada campuran kapur 1% + pupuk urea 1,5% yaitu sebesar 466,372%, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Firdaus (2018) didapatkan peningkatan maksimal nilai CBR rendaman sebesar 17,716% saja dengan campuran semen dan *magnesium carbonate*. Pada penelitian sebelumnya menggunakan kadar semen dan pupuk urea yang kecil namun sudah cukup menghasilkan peningkatan yang besar, maka dari itu untuk penelitian ini menggunakan variasi campuran yang kecil, agar juga mudah diaplikasikan di lapangan untuk guna ekonomis dan efisiensi. Ditinjau dari lamanya masa peram, untuk penelitian kali ini variasi hari hingga selama 28 hari pemeraman, guna untuk mengetahui dalam waktu yang Panjang apakah dapat memberi pengaruh yang cukup besar bagi nilai CBR rendaman tanah yang distabilisasi.

Dari segi *swelling* yang dicatat selama 4 hari masa perendaman, secara garis besar terjadi penurunan nilai faktor pengembangan (*swelling factor*) seiring makin bertambahnya hari pada masa pemeraman tanah yang dicampur semen dan pupuk urea. Yaitu pada masa peram 1 hari memiliki nilai *swelling factor* paling besar dibanding masa peram 3 hari begitu juga pada masa peram 7 hari mengalami penurunan lagi nilai *swelling factor* hingga pada masa pemeraman 28 hari menghasilkan nilai *swelling factor* paling kecil.

Kadar campuran 3% semen dan 3% pupuk urea secara umum menghasilkan faktor pengembangan paling kecil dibanding dengan kadar campuran lainnya, dikarenakan pada masa peram 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari semuanya mengalami penurunan nilai *swelling factor* pada variasi campuran tersebut.

Nilai faktor pengembangan terbesar dihasilkan dari campuran kadar semen 3% dan pupuk urea 1% pada masa pemeraman 1 hari yaitu sebesar 7,95%, pada

keadaan ini penurunan *swelling factor* terendah yaitu sebesar 11,47%. Sedangkan nilai faktor pengembangan terkecil dihasilkan dari campuran kadar semen 3% dan pupuk urea 3% pada masa pemeraman 28 hari yaitu sebesar 0,043% yang merupakan penurunan nilai *swelling* tertinggi yaitu sebesar 95,21%.

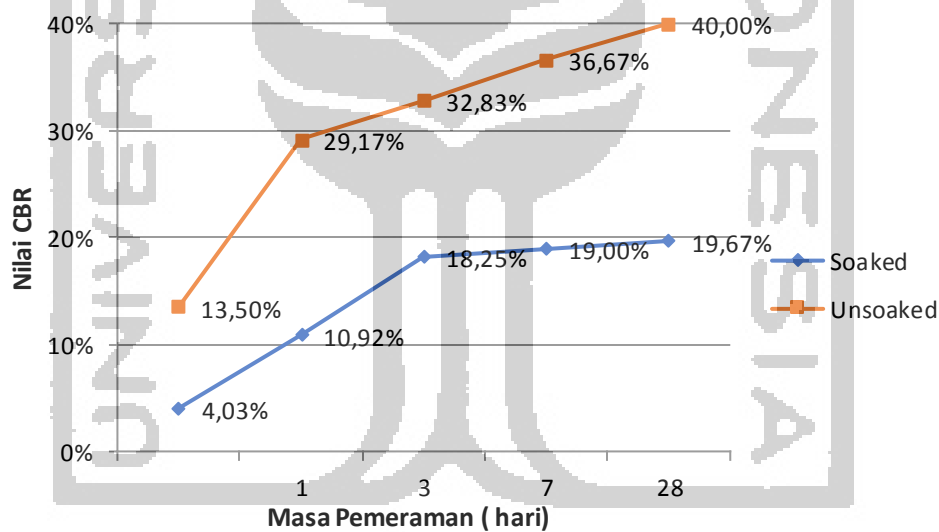
Dilihat dari grafik dan tabel rekapitulasi semakin bertambahnya kadar pupuk urea dengan kadar semen konstan menghasilkan nilai faktor pengembangan yang semakin kecil (berbanding terbalik), namun sebaliknya jika kadar pupuk urea dengan kadar semen konstan semakin kecil maka angka penurunan *swelling* tidak terlalu signifikan.

Dalam CBR rendaman ini, pupuk urea lebih menghasilkan nilai yang mengalami kenaikan tinggi dibanding dengan yang tanpa rendaman, hal ini dikarenakan sifat pupuk urea sendiri yang sangat mudah menyerap air dan mudah larut dalam air, sehingga ketika dalam kondisi basah atau didalam air, pupuk urea mampu bereaksi lebih maksimal dibanding tanpa direndam. Selain itu juga, semen merupakan material yang mampu bereaksi ketika dicampur air sehingga dari kedua bahan tambah ini keduanya bereaksi lebih maksimal ketika dalam kondisi direndam, hanya saja jika dibandingkan dengan yang tidak direndam, maka untuk CBR rendaman pupuk urea lebih dominan memberi pengaruh pada tanah yang diuji.

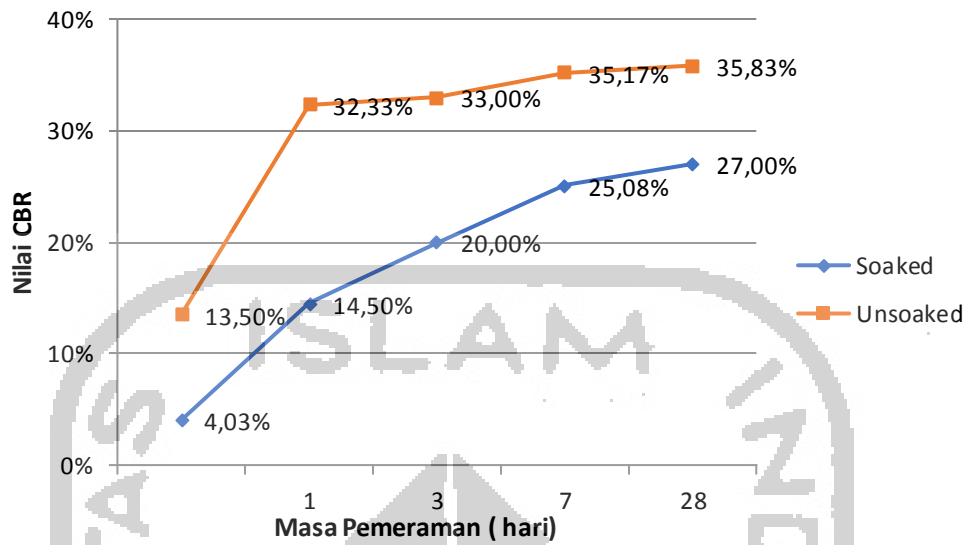
Pada akhirnya untuk mendapatkan nilai CBR rendaman dan *swelling factor* terbaik dapat dilakukan dengan pemeraman selama 28 hari dengan kadar semen 3% dicampur pupuk urea 3%. Namun yang perlu menjadi catatan, nilai CBR rendaman dan *swelling factor* tanah asli berbeda-beda pada setiap daerah, untuk lokasi yang diteliti yaitu tanah dari kecamatan Tepus, Kabupaten Gunung kidul Provinsi DIY dapat menggunakan data dari hasil pengujian yang telah dilakukan.

5.6 Perbandingan Pengaruh Penambahan Pupuk Urea Dan Semen Terhadap Nilai CBR *Unsoaked* Dan *Soaked* Pada Masa Pemeraman Yang Bervariasi

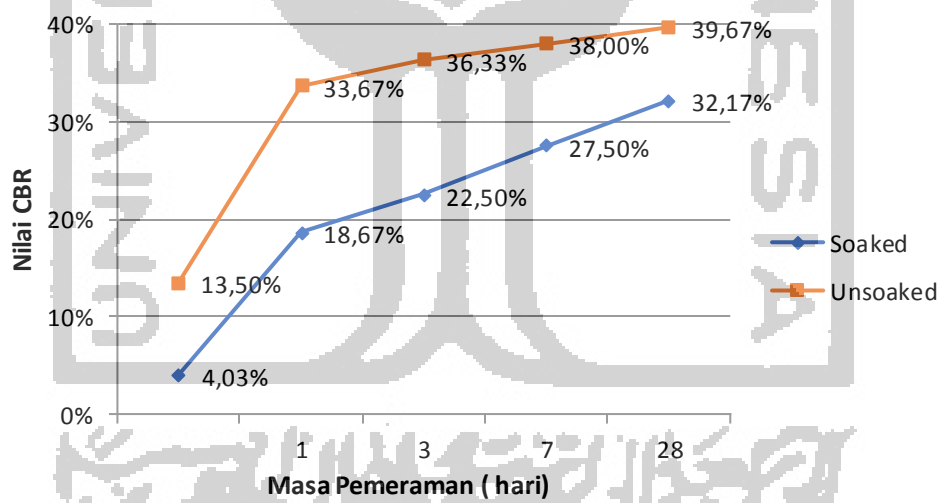
Perbandingan pengaruh penambahan pupuk urea dan semen seebagai bahan stabilisasi tanah sampel yang diuji bertujuan untuk memudahkan pengaplikasian di lapangan penelitian yang telah dilakukan ini. Adapun perbandingan dibuat berdasarkan lamanya masa pemeraman dengan variasi campuran yang berbeda. Perbandingan pengaruh pencampuran pupuk urea dan semen untuk variasi 3% semen + 1% pupuk urea dapat dilihat pada Gambar 5.45, untuk 3% semen + 2% urea pada Gambar 5.46, dan semen 3% + pupuk urea 3% pada Gambar 5.47 berikut.



Gambar 5.45 Gambar Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked* Berdasar Masa Pemeraman Variasi Campuran 3% Semen + 1% Pupuk Urea



Gambar 5.46 Gambar Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked* Berdasar Masa Pemeraman Variasi Campuran 3% Semen + 2% Pupuk Urea



Gambar 5.47 Gambar Perbandingan Nilai CBR *Unsoaked* dan *Soaked* Berdasar Masa Pemeraman Variasi Campuran 3% Semen + 3% Pupuk Urea