

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa pengujian terhadap sifat fisik tanah, pengujian pemadatan tanah (*proctor standard*), dan pengujian *California Bearing Ratio* (CBR) pada tanah asli dan tanah asli dengan bahan tambah yang digunakan. Pengujian dilakukan di laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Tanah yang digunakan berasal dari daerah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun hasil Pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

5.1 Pengujian Kadar Air Tanah Asli

Kadar air tanah adalah perbandingan antara berat air dalam satuan tanah dengan berat kering tanah. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kadar air sampel tanah yang sedang diteliti. Hasil pengujian kadar air tanah dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5.1 Pengujian Kadar Air Tanah Asli

No	Pengujian	Keterangan	Sat.	1	2
1	Berat Countainer	W1	(gr)	12,97	12,86
2	Berat Countainer + tanah basah	W2	(gr)	23,46	35,43
3	Berat Countainer + tanah kering	W3	(gr)	23,16	34,97
4	Berat Air	$W_w = W_2 - W_3$	(gr)	0,3	0,46
5	Berat Tanah Kering	$W_s = W_3 - W_1$	(gr)	22,86	34,51
6	Kadar Air	$W_w / W_s \times 100$	%	1,312	1,333
7	Kadar Air rata - rata	w	%	1,323	

Untuk mendapatkan nilai kadar air, dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.1, dengan contoh perhitungan :

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

$$w = \frac{0,3}{22,86} \times 100\%$$

$$w = 1,312 \%$$

Hasil pengujian kadar air tanah menunjukkan bahwa tanah dari daerah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta mengandung kadar air tanah rata-rata 1,323 %.

5.2 Pengujian Berat Volume Tanah Asli

Berat volume tanah adalah perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung di dalamnya dengan volume tanah total. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat volume sampel tanah yang diteliti. Hasil dari pengujian berat volume tanah dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 5.2 Pengujian Berat Volume Tanah Asli

No	Pengujian	Keterangan	Sat.	1	2
1	Diameter Ring	d	(cm)	4,989	4,989
2	Tinggi Ring	t	(cm)	2,060	2,060
3	Volume Ring	V	(cm ³)	40,270	40,270
4	Berat Ring	W1	(gr)	36,21	36,21
5	Berat Ring + Tanah Basah	W2	(gr)	103,92	104,4
6	Berat Tanah Basah	W3 = W2-W1	(gr)	67,71	68,19
7	Berat Volume Tanah	$\gamma_b = W3/V$	(gr/cm ³)	1,681	1,693
8	Berat Volume Rata - Rata		(gr/cm ³)	1,687	

Untuk mendapatkan nilai berat volume, dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.2, dengan contoh perhitungan :

$$\gamma_b = \frac{w_2 - w_1}{V}$$

$$\gamma_b = \frac{103,92 - 36,21}{40,27}$$

$$\gamma_b = 1,681 \text{ gr/cm}^3$$

Hasil pengujian berat volume tanah menunjukkan bahwa sampel tanah dari daerah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki nilai berat volume rata-rata sebesar $1,687\text{gr/cm}^3$.

5.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian berat jenis tanah bertujuan untuk menentukan nilai perbandingan antara berat butiran tanah dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada temperature tertentu. Temperature yang digunakan pada pengujian ini adalah 28°C . Hasil dari pengujian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 5.3 Pengujian Berat Jenis Tanah

No	Pengujian	Sat.	1	2
1	Berat Pikhnometer (W_1)	(gr)	39,59	39,05
2	Berat Pikhnometer + Tanah Kering (W_2)	(gr)	77,43	103,49
3	Berat Pikhnometer + Tanah + Air (penuh) (W_3)	(gr)	168,48	182,8
4	Berat Pikhnometer + Air (penuh) (W_4)	(gr)	143,28	139,63
5	Suhu air ($t^{\circ}\text{C}$)	($^{\circ}\text{C}$)	28	28
6	γ_w pada suhu ($t^{\circ}\text{C}$)	(gr/cm^3)	0,9971	0,9971
7	γ_w pada suhu ($27,5^{\circ}\text{C}$)	(gr/cm^3)	0,9964	0,9964
8	Berat Tanah kering (W_s)	(gr)	37,84	64,44
9	$A = W_s + W_4$	(gr)	181,12	204,07
10	$I = A - W_s$	(gr)	12,64	21,27
11	Berat Jenis Tanah pada suhu ($t^{\circ}\text{C}$)		2,994	3,030
12	Berat Jenis Tanah pada suhu ($27,5^{\circ}\text{C}$)		2,992	3,028
13	Berat Jenis Rata - Rata pada Suhu ($27,5^{\circ}\text{C}$)		3,01	

Untuk mendapatkan nilai berat jenis, dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.3, dengan contoh perhitungan :

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

$$G_s(t^{\circ}\text{C}) = \frac{(77,43 - 39,59)}{(143,28 - 39,59) - (168,48 - 77,43)} = 2,994$$

$$G_s(27,5^{\circ}\text{C}) = 2,99 \times \frac{0,9971}{0,9964} = 2,992$$

Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa berat jenis tanah rata-rata dari daerah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta adalah 2,992.

5.4 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no. 200. Sampel tanah yang digunakan dalam pengujian ini ada 2 dan setiap sampel memiliki berat 1000 gr. Hasil dari pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Tanah Asli Sampel 1

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat tanah tertahan (gr)	Berat tanah lolos (gr)	Persen tertahan (%)	Persen lolos (%)
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	1,80	998,20	0,18	99,82
20	0,85	1,69	996,51	0,17	99,65
40	0,425	49,27	947,24	4,93	94,72
60	0,25	526,73	420,51	52,67	42,05
140	0,106	406,54	13,97	40,65	1,40
200	0,075	6,43	7,54	0,64	0,75
pan		7,54	0	0,75	0
Jumlah		1000		100	

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Tanah Asli Sampel 2

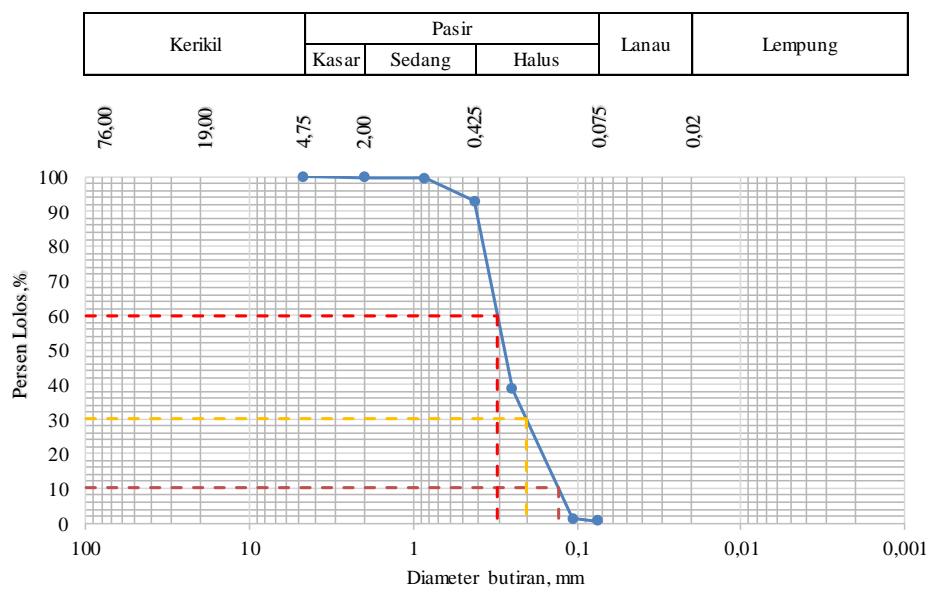
No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Berat tanah tertahan (gr)	Berat tanah lolos (gr)	Persen tertahan (%)	Persen lolos (%)
4	4,75	0	1000	0	100
10	2	1,97	998,03	0,20	99,80
20	0,85	1,40	996,63	0,14	99,66
40	0,425	83,40	913,23	8,34	91,32
60	0,25	560,18	353,05	56,02	35,31
140	0,106	340,24	12,81	34,02	1,28
200	0,075	7,77	5,04	0,78	0,50
pan		5,04	0	0,50	0
Jumlah		1000		100	

Rekapitulasi hasil persen lolos pengujian analisa saringan yang dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Persen Lolos Pengujian Analisa Saringan

No. Saringan	Diameter Saringan (mm)	Persen lolos Sampel 1 (%)	Persen lolos Sampel 2 (%)	Persen lolos rata - rata (%)
4	4,75	100	100	100
10	2	99,82	99,80	99,8115
20	0,85	99,65	99,66	99,657
40	0,425	94,72	91,32	93,0235
60	0,25	42,05	35,31	38,678
140	0,106	1,40	1,28	1,339
200	0,075	0,75	0,50	0,629

Hasil dari pengujian analisa saringan dapat digambarkan grafik analisa saringan. Grafik analisis saringan dapat dilihat pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



Gambar 5.1 Grafik *Grain Size Analysis* Rata-rata sampel 1 dan 2

Berdasarkan dari Gambar 5.1 didapat persentase ukuran butiran pada tanah asli dan menunjukkan karakteristik dan jenis tanah. Tabel persentase ukuran butiran tanah dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

Tabel 5.7 Persentase Ukuran Butiran

Lolos #200	0,629 %	D10 (mm)	0,130
Kerikil	0 %	D30 (mm)	0,205
Pasir	99,183 %	D60 (mm)	0,310
Lanau	0,817 %	Cu = D60/D10	2,385
Lempung	0 %	Cc = (D30) ² / (D10 x D60)	1,043

5.5 Klasifikasi Tanah

Berdasarkan dari semua hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diketahui jenis dan karakteristik tanah yang dijadikan sampel dengan menggunakan sistem klasifikasi *USCS* dan sistem klasifikasi *AASHTO*.

Klasifikasi tanah berdasarkan *USCS* dapat ditentukan dengan mengetahui beberapa parameter, diantaranya adalah persentase tanah lolos saringan nomor 200, persentase tanah lolos saringan nomor 4, nilai Cu dan nilai Cc. Klasifikasi tanah berdasarkan *USCS* dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

- a. Sistem klasifikasi *USCS* membedakan tanah menjadi dua divisi utama yaitu tanah berbutir kasar ($\geq 50\%$ butir tertahan saringan No. 200) dan tanah berbutir halus ($\geq 50\%$ lolos ayakan No.200). Sampel tanah termasuk kedalam tanah berbutir kasar karena persen lolos saringan no. 200 (0,075 mm) tidak lebih besar dari 50%. Hal tersebut dikarenakan pengujian analisa saringan didapatkan persen lolos saringan no. 200 (0.075 mm) sebesar 0,629 %,
- b. Divisi tanah berbutir kasar di bedakan lagi menjadi dua kelompok divisi, yaitu divisi pasir ($\geq 50\%$ lolos saringan No.4) dan divisi kerikil ($\geq 50\%$ tertahan saringan No.4). Sampel tanah termasuk kedalam tanah pasir. Hal tersebut dikarenakan pengujian analisa saringan didapatkan persen lolos saringan no. 4 (4,75 mm) sebesar 100 % atau lebih besar dari 50%. Hasil penentuan divisi utama sampel tanah asli metode *USCS* dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Penentuan Divisi Utama Tanah Asli Metode USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			GP Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir – lempung
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir – lempung
	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		SP Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir – lanau	
		SC Pasir berlempung, campuran pasir – lempung	
	Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)		

- c. Pengelompokan selanjutnya didasarkan oleh presentase butiran halus. sampel tanah masuk dalam kelompok SW dan SP karena jumlah butiran yang lolos aringan no. 200 kurang dari 5%. Kondisi seperti ini perlu memperhatikan nilai C_c dan C_u untuk mengetahui jenis gradasi dari sampel tanah. Hasil perhitungan didapat nilai $C_c = 1,043$ dan nilai $C_u = 2,384$. Walaupun nilai $C_c > 1$, tapi karena nilai C_u sangat kecil, maka tanah ini termasuk tanah bergradasi buruk.
- d. Hasil diatas dapat diketahui bahwa tanah sampel dari daerah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk kelompok SP. Tanah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta berjenis pasir gradasi buruk, pasir kerikil, sedikit atau tidak mengandung agregat halus. Hasil klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 5.9 berikut ini.

Tabel 5.9 Hasil Klasifikasi Tanah Metode USCS

Divisi Utama		Simbol Kelompok	Nama Jenis
Tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan no. 200 (0,075 mm)	Kerikil 50% atau lebih dari fraksi kasar tertahan saringan no. 4 (4,75 mm)	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	GW Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus
			GP Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus
		Kerikil banyak kandungan butiran halus	GM Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir – lempung
			GC Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir – lempung
	Kerikil bersih (sedikit atau tak ada butiran halus)	SW Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
		SP Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
	Kerikil banyak kandungan butiran halus	SM Pasir berlanau, campuran pasir – lanau	
		SC Pasir berlempung, campuran pasir – lempung	
	Pasir lebih dari 50 % fraksi kasar lolos saringan no. 4 (4,75 mm)		

Sistem Klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* dapat ditentukan dengan mengetahui beberapa parameter, diantaranya adalah persentase tanah lolos saringan nomor 200, dan persentase tanah lolos saringan nomor 40. Klasifikasi tanah berdasarkan *AASHTO* dilakukan dengan langkah sebagai berikut.

- a. Sistem klasifikasi *AASHTO* membedakan tanah menjadi dua klasifikasi umum yaitu materi granuler ($<35\%$ lolos saringan No. 200) dan tanah lanau - lempung ($>35\%$ lolos saringan No. 200). Klasifikasi umum sampel tanah termasuk jenis tanah granuler. Hal tersebut dikarenakan pengujian analisa saringan didapatkan persen lolos saringan no. 200 (0,075 mm) (F) sebesar 0,629 %, nilai F lebih kecil dari 35% lolos saringan no. 200
- b. Tanah granuler diklasifikasikan kedalam A-1 sampai A-3. Tanah A-1 merupakan tanah granuler yang bergradasi baik, sedangkan A-3 adalah pasir bersih yang bergradasi buruk. Tanah A-2 termasuk tanah granuler, tetapi masih mengandung lanau dan lempung. Tanah diklasifikasikan kelompok A-3. Hal tersebut dikarenakan pengujian analisa saringan didapatkan persen lolos saringan No.40 (0,425 mm) lebih besar dari 51 % dan persen lolos saringan No.200 (0,075 mm) lebih kecil dari 10 %,
- c. Hasil uji analisis saringan menunjukkan bahwa sampel tanah dari daerah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk pada kelompok A-3 yang berjenis pasir halus dengan sifat sangat baik sampai baik.

Tabel 5.10 Sistem Klasifikasi Tanah Metode *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)	50 maks	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,425 mm (no.40)	30 maks	50 maks	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 mm (no. 200)	15 maks	25 maks	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)	-	-	-	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min	40 maks	41 min
Indeks plastis (PI)	6 maks		Np	10 maks	10 maks	11 min	11 min	10 maks	10 maks	11 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 (2002)

5.6 Pengujian Pemadatan Tanah (Proktor Standar)

Pengujian ini bertujuan untuk mencari nilai kepadatan maksimum (*Maximum Dry Density/MDD*) dan kadar air optimum (*Optimum Moisture Content/OMC*) dari sampel tanah asli serta tanah dengan bahan tambah aspal cutback SC₆₀₋₇₀. Pengujian ini memiliki 5 variasi dan setiap variasi menggunakan 2 sampel. Data hasil pengujian pemadatan tanah dari tanah asli sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 berikut ini.

Tabel 5.11 Penambahan Air dan Berat Volume Tanah Asli Sampel 1

No. Sampel		1	2	3	4	5
Penambahan Air	%	10	12,5	15	17,5	20
Penambahan Air	ml	200	250	300	350	400
Volume Mold	cm ³	929,519	929,519	929,519	929,519	929,519
Berat Mold	gr	1716	1716	1716	1716	1716
Berat Mold + Tanah Basah	gr	3472	3518	3586	3658	3656
Berat Tanah Basah	gr	1756	1802	1870	1942	1940
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm ³	1,8896	1,9391	2,0122	2,0897	2,0876

Tabel 5.12 Kadar Air Tanah Asli Sampel 1

1	No. Pengujian	1		2		3		4		5	
2	No. Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat Cawan (gram) W ₁	8,95	9,18	9,01	8,8	8,99	8,93	9,24	8,91	9,07	9,07
4	Berat Cawan + tanah basah (gram) W ₂	19,53	26,38	30,08	28,25	29,78	25,93	29,32	30,54	30,37	27,94
5	Berat cawan + tanah kering (gram) W ₃	18,62	24,82	27,9	26,22	27,19	23,78	26,41	27,41	26,93	24,9
6	Berat air (gram) W _w = W ₂ -W ₃	0,91	1,56	2,18	2,03	2,59	2,15	2,91	3,13	3,44	3,04
7	Berat tanah kering (gram) W _s = W ₃ -W ₁	9,67	15,64	18,89	17,42	18,2	14,85	17,17	18,5	17,86	15,83
8	Kadar air (%) W _w /W _s x 100%	9,41	9,97	11,54	11,65	14,23	14,48	16,95	16,92	19,26	19,20
9	Kadar air rata-rata	9,6925		11,5969		14,3544		16,9335		19,2325	
10	Berat volume tanah kering (gr/cm ³)	1,7226		1,7376		1,7597		1,7871		1,7508	

Nilai berat volume tanah, dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.5 dan 3.7, dengan contoh perhitungan :

1. Berat volume pada penambahan kadar air 10%

$$\gamma = \frac{W_2 - W_1}{V_o}$$

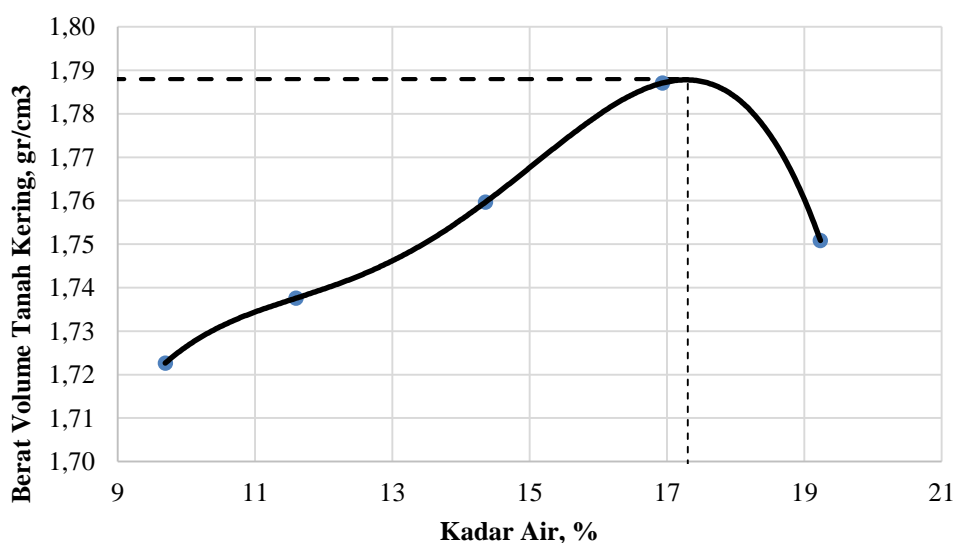
$$\gamma = \frac{3482 - 1713,47}{931,905} = 1,9021 \text{ gr/cm}^3$$

2. Berat volume tanah kering

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

$$\gamma_d = \frac{1,9021}{1 + \frac{10,148}{100}} = 1,728 \text{ gr/cm}^3$$

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh grafik hubungan kadar air dan berat volume tanah kering yang dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Tanah Kering Sampel 1 (Tanah Asli)

Berdasarkan Gambar 5.2 ditarik sebuah garis pendekatan untuk tanah asli sampel 1, sehingga diperoleh nilai kadar air optimum sebesar 17,3 % dan berat volume tanah maksimum sebesar 1,788 gram/cm³.

Data hasil pengujian pemadatan tanah dari tanah asli sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14 berikut ini.

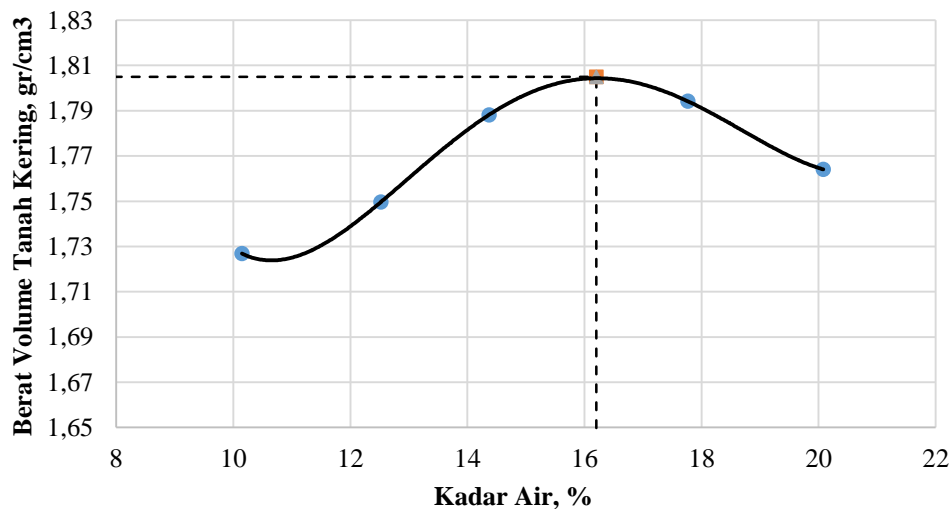
Tabel 5.13 Penambahan Air dan Berat Volume Tanah Asli Sampel 2

No. Sampel		1	2	3	4	5
Penambahan Air	%	10	12,5	15	17,5	20
Penambahan Air	ml	200	250	300	350	400
Volume Mold	cm ³	931,905	931,905	931,905	931,905	931,905
Berat Mold	gr	1713,47	1713,47	1713,47	1713,47	1713,47
Berat Mold + Tanah Basah	gr	3482	3544	3615	3678	3683
Berat Tanah Basah	gr	1768	1830	1901	1964	1969
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm ³	1,9021	1,9688	2,0451	2,1129	2,1183

Tabel 5.14 Kadar Air Tanah Asli Sampel 2

1	No. Pengujian	1		2		3		4		5	
2	No. Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat Cawan (gram) W	9,24	9	9,18	9,12	8,71	9,05	8,89	8,89	8,97	9,17
4	Berat Cawan + tanah basah (gram) W2	25,72	23,56	24,65	25,01	29,12	22,69	31,53	25,77	31,69	27,44
5	Berat cawan + tanah kering (gram) W3	24,2	22,22	22,93	23,24	26,58	20,96	28,12	23,22	27,91	24,37
6	Berat air (gram) Ww= W2-W3	1,52	1,34	1,72	1,77	2,54	1,73	3,41	2,55	3,78	3,07
7	Berat tanah kering (gram) Ws= W3-W1	14,96	13,22	13,75	14,12	17,87	11,91	19,23	14,33	18,94	15,2
8	Kadar air (%) Ww/Ws x 100%	10,16	10,14	12,51	12,54	14,21	14,53	17,73	17,79	19,96	20,20
9	Kadar air rata-rata	10,1483		12,5223		14,3697		17,7638		20,0776	
10	Berat volume tanah kering (gr/cm ³)	1,7268		1,7497		1,7882		1,7942		1,7641	

Berdasarkan perhitungan di atas diperoleh grafik hubungan kadar air dan berat volume tanah kering yang dapat dilihat pada Gambar 5.3.



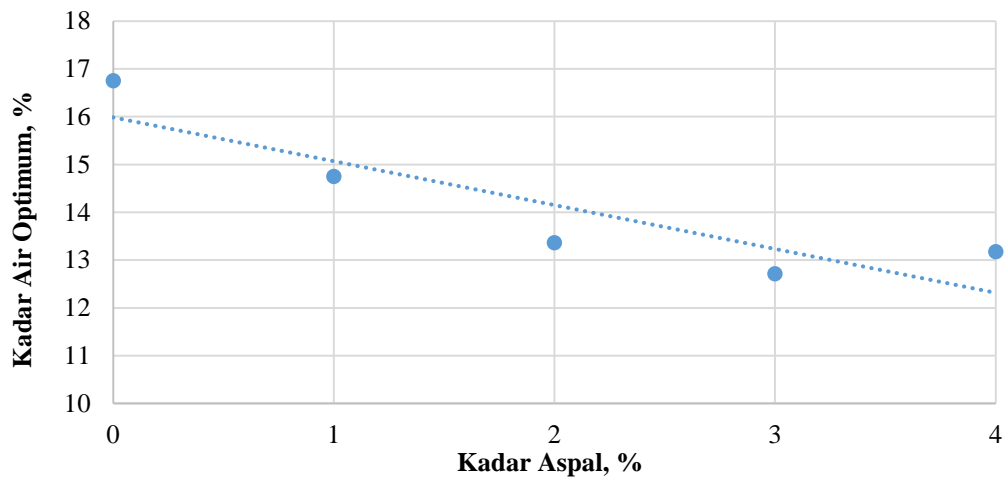
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Tanah Kering Sampel 2 (Tanah Asli)

Berdasarkan Gambar 5.3 ditarik sebuah garis pendekatan untuk tanah asli sampel 2, sehingga diperoleh nilai kadar air optimum sebesar 16,2 % dan berat volume tanah kering maksimum sebesar 1,805 gram/cm³. Berdasarkan pengujian 2 sampel tanah asli diatas didapatkan nilai rata-rata kadar air tanah sebesar 16,75% dan berat volume tanah kering maksimum sebesar 1,797 gram/cm³. Pengujian proctor standar selengkapnya dapat dilihat pada lampiran. Rekapitulasi hasil perhitungan kepadatan tanah pada tiap variasi dapat dilihat pada Tabel 5.15.

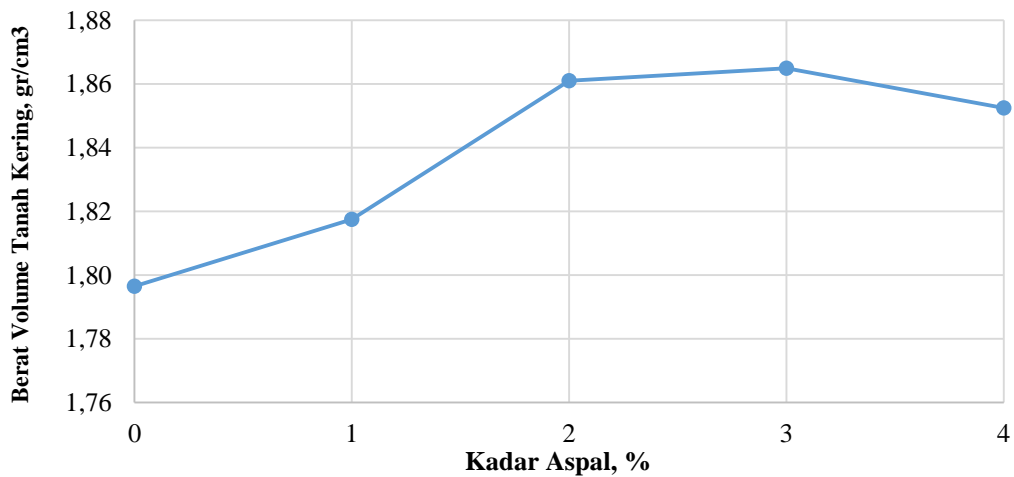
Tabel 5.15 Hasil Pengujian Kepadatan Tanah

Sampel Pengujian	Kepadatan Maksimum (γ_{dmaks}), gram/cm ³		Kadar Air Optimum (W_{opt}), %	
	1	2	1	2
TA	1,788	1,797	17,3	16,750
	1,805		16,2	
TA + 1% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1,821	1,818	14,650	14,750
	1,814		14,850	
TA + 2% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1,857	1,861	13,220	13,360
	1,865		13,500	
TA + 3% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1,871	1,865	12,670	12,715
	1,859		12,760	
TA + 4% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1,851	1,853	13,250	13,175
	1,854		13,100	

Berdasarkan Tabel 5.15 diperoleh grafik hubungan antara kadar aspal *cutback* SC₆₀₋₇₀ dengan berat volume tanah kering maksimum dan kadar air optimum yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 serta Gambar 5.5.



Gambar 5.4 Hubungan Antara Kadar Aspal *Cutback* SC₆₀₋₇₀ Dengan Kadar Air Optimum



Gambar 5.5 Hubungan Antara Kadar Aspal *Cutback* SC₆₀₋₇₀ Dengan Berat Volume Tanah Kering Maksimum

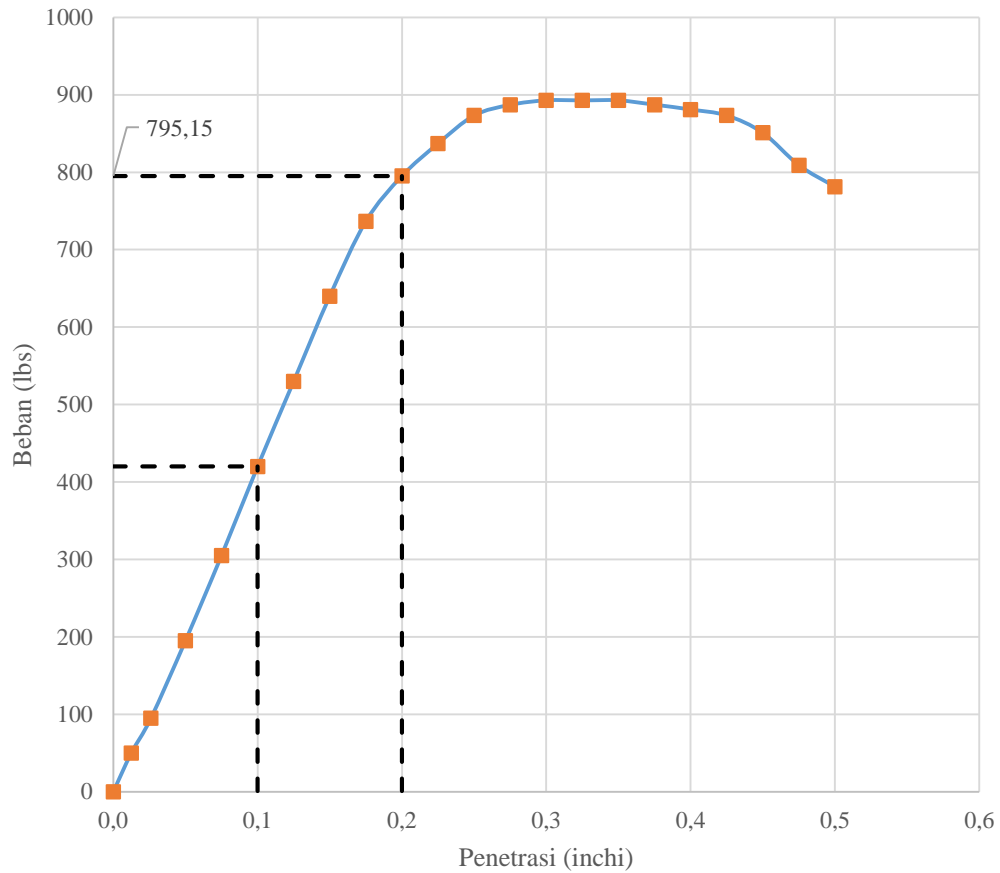
Berdasar Gambar 5.5 dengan bertambahnya kadar aspal, berat volume kering maksimum semakin meningkat, hal ini dikarenakan tanah semakin padat dan

bertambahnya kadar aspal. Penambahan kadar aspal cenderung menurunkan kadar air optimum dari campuran tanah dan aspal. Hal ini disebabkan karena aspal merupakan zat cair yang pada proses pemadatan berfungsi sama seperti air, yaitu untuk melunakkan tanah sehingga lebih mudah untuk dipadatkan dan memudahkan butiran-butiran tanah untuk menyesuaikan posisinya. Dengan demikian rongga pori yang terbentuk semakin sedikit. Bertambahnya kadar aspal menyebabkan kebutuhan air untuk mencapai kepadatan kering maksimum semakin berkurang. Aspal berfungsi juga untuk mensubstitusikan fungsi air dalam proses pemadatan. Kecenderungan menurunnya kadar air optimum dapat dilihat pada Gambar 5.4

5.7 Pengujian *California Bearing Ratio* (CBR)

Pengujian CBR dilakukan dengan kondisi tidak direndam (unsoaked). Pengujian CBR dilakukan dengan pemeraman 1, 3, dan 7 hari. Uji CBR tanah campuran dilakukan dengan kadar air optimum untuk setiap variasi penambahan kadar aspal *cutback SC₆₀₋₇₀*. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai CBR, yaitu perbandingan antara beban penetrasi tanah asli yaitu tanah yang berasal dari daerah pantai Parangtritis, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta yang telah dicampur dengan bahan tambah aspal *cutback SC₆₀₋₇₀*.

Hasil pada pengujian CBR tanah asli dilakukan dengan 2 sampel. Berikut adalah hasil pengujian untuk sampel 1 yang dapat dilihat pada Gambar 5.6.



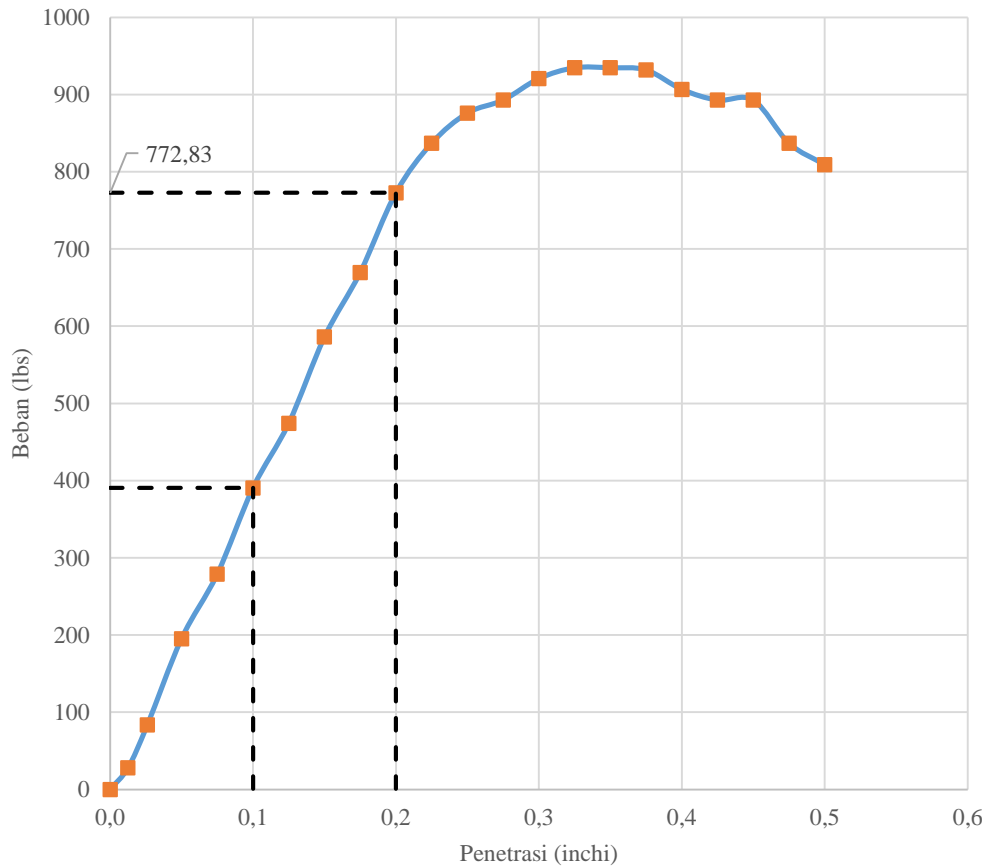
Gambar 5.6 Grafik Pengujian CBR Sampel 1 Tanah Asli

Nilai CBR pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 dan 3.9, dengan cara perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{CBR } 0,1'' &= \frac{402}{3 \times 1000} \\ &= 13,392\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CBR } 0,2'' &= \frac{792}{3 \times 1500} \\ &= 17,608\% \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil pengujian CBR Tanah Asli untuk sampel 2 yang dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Pengujian CBR Sampel 2 Tanah Asli

Nilai CBR pada penetrasi 0,1” dan penetrasi 0,2” dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.8 dan 3.9, dengan cara perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{CBR } 0,1'' &= \frac{391}{3 \times 1000} \\ &= 13,020\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{CBR } 0,2'' &= \frac{773}{3 \times 1500} \\ &= 17,174\% \end{aligned}$$

Sampel menunjukkan nilai CBR pada penetrasi 0,2 inchi memiliki nilai yang lebih besar dari CBR pada penetrasi 0,1 inchi, maka pengujian harus diulang. Pengujian ulang pada pengujian CBR didapat nilai pada penetrasi 0,2 inchi masih lebih besar dari CBR penetrasi 0,1 inchi, maka nilai CBR yang dipakai adalah nilai CBR penetrasi 0,2 inchi pada pengujian yang diulang. Hasil pengujian CBR yang telah dilakukan dapat dilihat secara lengkap pada lampiran, adapun rekapitulasi hasil pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 5.16 dan 5.17 berikut.

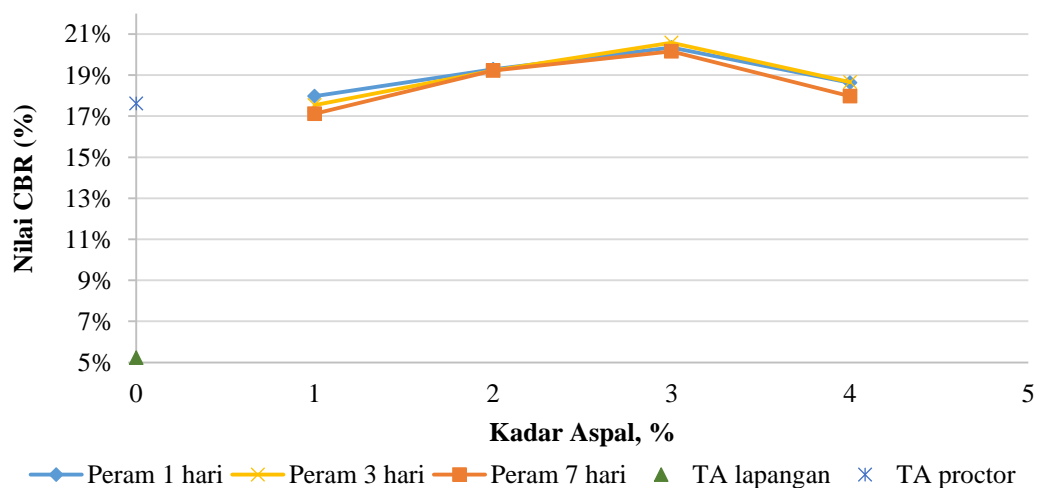
Tabel 5.16 Hasil Rekapitulasi Pengujian Nilai CBR Tanah Asli

Sampel Pengujian	No. Sampel	CBR	
Tanah Asli + Kadar Air Lapangan	1	5,222%	5,222%
	2	4,867%	
Tanah Asli + Kadar Air Optimum	1	17,608%	17,608%
	2	17,174%	

Tabel 5.17 Hasil Rekapitulasi Pengujian Nilai CBR Tanah Campuran

Sampel Pengujian	No. Sampel	Pemeraman 1 Hari		Pemeraman 3 Hari		Pemeraman 7 Hari	
TA + 1% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1	17,980%	17,980%	17,533%	17,533%	16,864%	17,112%
	2	17,133%		16,740%		17,112%	
TA + 2% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1	19,282%	19,282%	18,600%	19,220%	18,476%	19,222%
	2	18,724%		19,220%		19,222%	
TA + 3% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1	19,964%	20,336%	19,530%	20,548%	20,150%	20,150%
	2	20,336%		20,584%		19,530%	
TA + 4% Aspal Cutback SC ₆₀₋₇₀	1	18,622%	18,622%	18,662%	18,662%	17,980%	17,980%
	2	18,352%		17,794%		17,236%	

Berdasarkan tabel rekapitulasi nilai CBR diatas, maka dapat digambarkan grafik pengaruh penambahan kadar aspal terhadap nilai CBR dengan variasi masa peram pada Gambar 5.8 berikut.

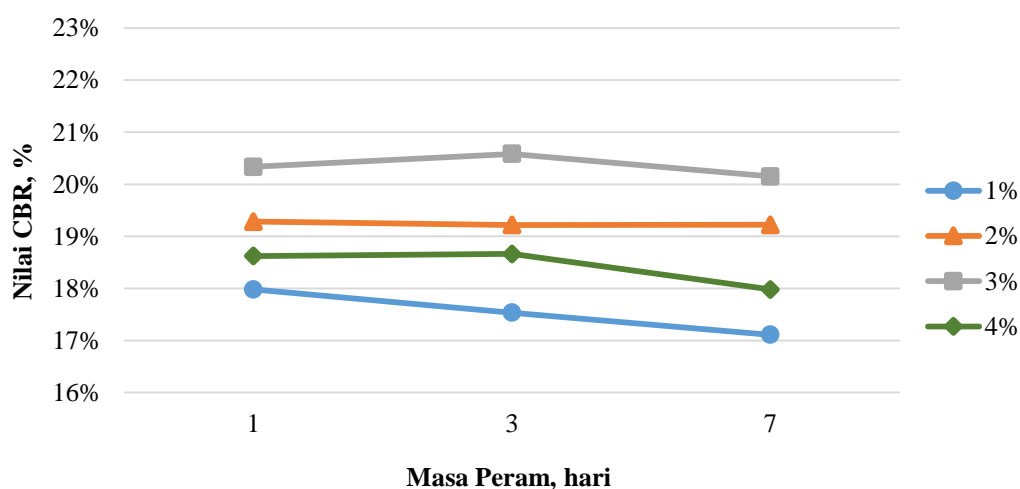


Gambar 5.8 Grafik Pengaruh Penambahan Kadar Aspal Cutback SC₆₀₋₇₀ Terhadap Nilai CBR Dengan Variasi Masa Peram

Hasil pengujian CBR pada tanah asli dengan kadar air lapangan menunjukkan nilai 5,22%, Sedangkan pada pengujian dengan kadar air optimum menunjukkan

nilai CBR sebesar 17,608%. Pengujian CBR campuran menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal sampai 4% menyebabkan CBR tanah meningkat. Kenaikan nilai CBR terus terjadi sampai penambahan kadar aspal 3%, selanjutnya pada penambahan kadar aspal 4% cenderung menurunkan nilai CBR.

Hasil CBR dapat juga digambarkan grafik pengaruh lama pemeraman terhadap nilai CBR dengan variasi penggunaan kadar aspal, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



Gambar 5.9 Grafik Pengaruh Waktu Pemeraman terhadap Nilai CBR dengan Variasi Kadar Aspal *Cutback SC₆₀₋₇₀*

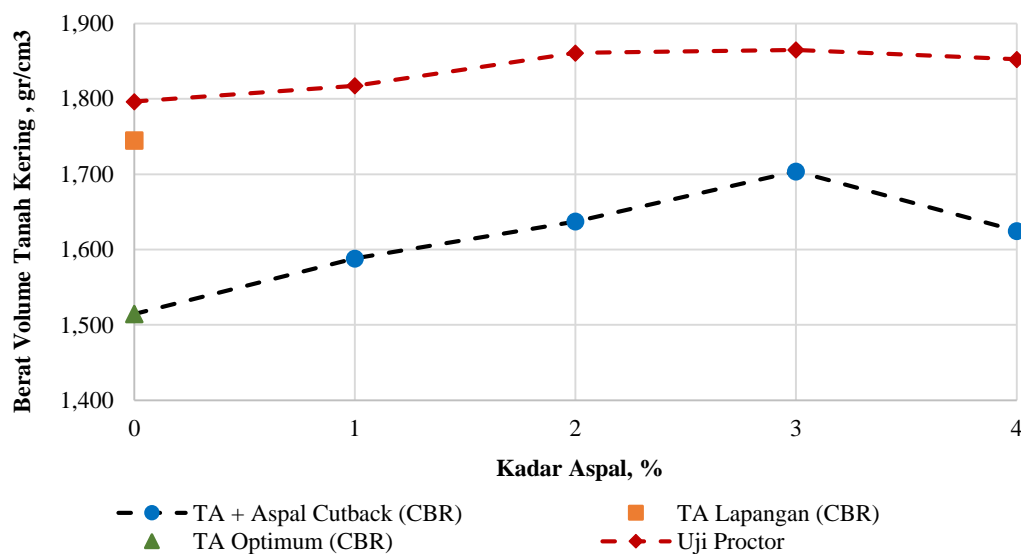
Berdasarkan Gambar 5.8 tentang grafik pengaruh lama pemeraman terhadap nilai CBR dengan variasi kadar aspal diatas, menunjukkan bahwa nilai CBR paling tinggi terjadi pada kadar aspal 3%. Pada masa pemeraman 7 hari nilai CBR cenderung menurun dibandingkan dengan nilai CBR pada pemeraman lainnya. Kenaikan dan penurunan nilai CBR pada masa peram yang berbeda ini cenderung kecil atau stabil. Kenaikan nilai CBR optimum terjadi pada kadar aspal 3% , dengan nilai CBR sebesar 20,548% pada masa peram 3 hari, sedangkan penambahan kadar aspal hingga 4% cenderung menurunkan nilai CBR pada semua masa pemeraman. Hal ini disebabkan karena campuran tanah aspal menjadi bersifat lebih plastis. Semakin banyak aspal dapat menyebabkan hilangnya kekuatan tanah akibat efek pelumasan yang berlebihan antar partikel oleh aspal.

Berdasarkan Gambar 5.8 tentang grafik pengaruh waktu pemeraman terhadap nilai CBR dengan variasi kadar aspal diatas, menunjukkan nilai CBR yang cenderung stabil pada setiap masa peram yang berbeda, hal ini menunjukkan bahwa masa peram memiliki pengaruh yang kecil terhadap nilai CBR. Pengaruh yang kecil ini dikarenakan pada stabilisasi dengan aspal tidak terjadi reaksi kimia antara tanah dengan bahan stabilisasi pada saat masa peram, seperti halnya yang terjadi jika tanah distabilisasi dengan semen atau kapur. Pada stabilisasi dengan menggunakan Aspal *Cutback* terdapat proses penguapan oleh solar. Kandungan solar yang ada pada campuran tanah dan Aspal cutback terlebih dahulu di biarkan menguap sebelum proses pemadatan, hal ini bertujuan untuk mengurangi proses penguapan oleh solar pada saat benda uji telah dipadatkan atau saat masa peram. Proses penguapan yang kecil pada saat setelah pemadatan akan menyebabkan benda uji lebih stabil.

Kenaikan nilai CBR optimum terjadi pada kadar aspal 3%, sedangkan penambahan kadar aspal hingga 4% cenderung menurunkan nilai CBR pada semua masa pemeraman. Kondisi ini juga dapat disebabkan oleh meningkatnya nilai berat volume tanah pada kadar aspal optimum, tetapi apabila penambahan aspal yang dilakukan terlalu berlebihan dapat menyebabkan nilai berat volume tanah menurun. Pengaruh penambahan aspal terhadap berat volume tanah pada pengujian CBR dapat dilihat pada Tabel 5.18. Hasil nilai berat volume tanah dapat juga digambarkan grafik pengaruh penambahan kadar aspal terhadap nilai berat volume tanah pada pengujian CBR, grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 5.10.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Berat Volume Tanah Pada Pengujian CBR

Keterangan		Berat Volume Tanah Kering (CBR) (gr/cm ³)	Berat Volume Tanah Kering (Proctor) (gr/cm ³)
Kadar Air (%)	Lapangan	1,745	
	Optimum	1,514	1,797
Kadar Aspal (%)	1	1,588	1,818
	2	1,637	1,861
	3	1,704	1,865
	4	1,625	1,853



Gambar 5.10 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal *Cutback* SC₆₀₋₇₀ Dengan Berat Volume Tanah Kering Pada Pengujian CBR Dan Proctor Standar

Berdasarkan Gambar 5.10 dapat dilihat bahwa grafik hubungan antara kadar aspal cutback SC₆₀₋₇₀ dengan berat volume tanah pada pengujian CBR memiliki pola grafik yang sama dengan grafik pada Gambar 5.5 tentang hubungan antara kadar aspal cutback SC₆₀₋₇₀ dengan berat volume tanah kering maksimum. Nilai berat volume tanah kering yang didapat pada pengujian CBR lebih kecil dibandingkan dengan nilai berat volume tanah kering pada pengujian proktor. Volume mould cukup mempengaruhi energi pemadatan, semakin besar volume mould maka semakin kecil pula energi pemadatan yang dihasilkan. Volume mould yang digunakan pada pengujian CBR lebih besar daripada volume mould pada pengujian proctor, hal ini yang menyebabkan nilai berat volume tanah kering pada pengujian CBR didapat lebih kecil dibandingkan pada pengujian proctor.

5.8 Tebal Lapis Tanah Dasar yang Distabilisasi

Penentuan lapis tanah dasar yang distabilisasi dapat menggunakan Tabel 3.3 yang didapat dari manual perkerasan jalan nomor 04/SE/Db/2017, berdasarkan Tabel 3.3, tebal lapis tanah dasar yang distabilisasi dipengaruhi oleh nilai CBR

tanah dasar dan beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun. Contoh untuk nilai CBR tanah asli pada pengujian yang telah dilakukan adalah 5,22% yang di bulatkan kebawah menjadi 5%. Untuk beban lalu lintas pada tempat sampel ini di ambil diasumsikan >4 juta ESA, maka tebal lapis minimum tanah yang distabilisasikan adalah 100 mm. Contoh penentuan dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut.

CBR Tanah Dasar	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Deskripsi Struktur Fondasi Jalan (Tanah Asli dan Peningkatannya)	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Lalu Lintas Lajur Desain Umur Rencana 40 tahun (juta ESA pangkat 5)			
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal Minimum Perbaikan Tanah Dasar (mm)			Stabilisasi Tanah Dasar ⁽⁵⁾
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar meliputi bahan stabilisasi semen atau timbunan pilihan (pemadatan berlapis ≤ 200 mm tebal lepas)	Tidak perlu perbaikan			150 mm Stabilisasi Tanah Dasar di atas 150 mm Timbunan Pilihan
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2,5		175	250	350	

Nilai CBR tanah dasar dari pengujian

Beban lalu lintas diasumsikan sebesar >4 juta ESA

Tebal minimum perbaikan tanah dasar 100 mm

Gambar 5.11 Penentuan Tebal Minimum Lapis Tanah Dasar Yang Distabilisasi