

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Dalam bab ini diuraikan hasil penelitian dengan menggunakan bahan campuran aspal MC<sub>60-70</sub> sebagai bahan stabilisernya, penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Penelitian ini dibatasi hanya pada pengujian sifat fisik tanah yaitu tentang kadar air, berat jenis, berat volume, analisis saringan, dan sifat mekanik tanah yang meliputi Uji pemadatan tanah (Proktor Standard), Uji *CBR* (*California Bearing Ratio*), dan Uji Geser Langsung tanah.

Sampel pengujian merupakan tanah asli (tanpa bahan campuran) dan tanah campuran. Tanah asli yaitu dengan pasir pantai yang berasal dari pantai Gelagah Kulonprogo, sedangkan tanah campuran menggunakan pasir pantai Geagah yang dicampurkan dan distabilisasi dengan bahan satabilisasi Aspal Cair MC<sub>60-70</sub> dengan variasi campuran 1%, 3%, dan 5%. Dengan waktu pemeraman 1 hari, 3 hari, 7 hari. Detail data hasil pengujian dan analisis perhitungan ditampilkan secara lengkap pada bagian bab laporan ini.

Pada bab ini diuraikan hasil penelitian dan hasil analisis pada tanah asli yang meliputi kadar air, berat jenis, berat volume, analisis saringan, Uji pemadatan tanah (Proktor Standard), dan penelitian dan pengujian pada tanah campuran Aspal Cair MC<sub>60-70</sub> yang meliputi Uji *CBR* (*California Bearing Ratio*), dan Uji Geser Langsung tanah.

#### **5.1 Sifat Fisik Tanah**

##### **5.1.1 Pengujian Kadar Air Tanah**

Pengujian kadar air tanah ini dilakukan untuk mengetahui nilai kadar air yang terkandung dalam tanah pada kondisi lapangan. Kadar air tanah merupakan nilai perbandingan antara berat air dalam satuan tanah dengan berat tanah kering. Hasil pegujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.1 dibawah ini.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air**

No	Keterangan		Sampel	
			1	2
1	Berat Countainer (W1)	gr	12,630	12,620
2	Berat Countainer + tanah basah (W2)	gr	38,670	34,570
3	Berat Countainer + tanah kering (W3)	gr	38,370	34,340
4	Berat Air (Ww = W2 - W3)	gr	0,300	0,230
5	Berat tanah kering (Ws = W3 - W1)	gr	25,740	21,720
6	Kadar air (Ww/Ws) x 100%	%	1,166	1,059
7	Kadar air rata-rata (w)	%	1,112	

Berikut contoh perhitungan untuk mencari nilai kadar air (w) untuk sampel

1:

$$w = \frac{Ww}{Ws} \times 100\%$$

$$w = \frac{W2 - W3}{W3 - W1} \times 100\%$$

$$w = \frac{38.670 - 38.370}{38.370 - 12.630} \times 100\%$$

$$w = 1,166\%$$

Dari analisis perhitungan didapatkan kadar air rata-rata tanah pasir Pantai Gelagah, Yogyakarta yaitu sebesar 1,112%.

### 5.1.2 Pengujian Berat Jenis Tanah

Pengujian berat jenis tanah ini dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara berat butir-butir tanah dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada suhu tertentu, biasanya diambil suhu 27,5°C. Pengujia menggunakan 2 sampel tanah kemudian akan diambil rata-rata hasil perhitungan. Hasil dari pengujian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

No	Keterangan		Sampel	
			1	2
1	Berat Piknometer (W1)	gr	40,810	43,140
2	Berat Piknometer + Tanah Kering (W2)	gr	67,480	76,980
3	Berat Piknometer + Tanah + Air (penuh) (W3)	gr	157,460	165,250
4	Berat Piknometer + Air (penuh) (W4)	gr	140,320	143,560
5	Suhu air (t°C)	°C	27,000	27,000
6	$\gamma_w$ pada suhu (t°C)	gr/cm <sup>3</sup>	0,9965	0,9965
7	$\gamma_w$ pada suhu (27,5°C)	gr/cm <sup>3</sup>	0,9964	0,9964
8	Berat Tanah kering (Ws = W2 - W1)	gr	26,670	33,840
9	A = Ws + W4	gr	166,990	177,400
10	I = A - W3	gr	9,530	12,150
11	Berat Jenis t°C (Gs (t°C) = Ws/I)		2,799	2,785
12	Gs pada 27,5 °C (Gs(t°C) x ( $\gamma_w$ t°C / $\gamma_w$ 27,5°C))		2,799	2,785
13	Berat Jenis Rata - Rata (27,5 °C)		2,792	

Berikut contoh perhitungan untuk mencari nilai kadar air (w) untuk sampel

1:

$$\begin{aligned}
 G_s(t^\circ\text{C}) &= \frac{(W_2 - W_1)}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)} \\
 &= \frac{(67.480 - 40.810)}{(140.320 - 40.810) - (157.460 - 67.480)} \\
 &= 2,799 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_s(27,5^\circ\text{C}) &= G_s(t^\circ\text{C}) \times \frac{\text{Berat Jenis air } t^\circ\text{C}}{\text{Berat Jenis air } 27,5^\circ\text{C}} \\
 &= 2,799 \times \frac{(0,9965)}{(0,9964)} \\
 &= 2,799 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis perhitungan tersebut dapat menunjukkan nilai berat jenis tanah rata-rata tanah pasir Pantai Gelagah, Yogyakarta yaitu sebesar 2,799 gram.

### 5.1.3 Pengujian Berat Volume Tanah

Pengujian berat volume tanah ini dilakukan untuk mengetahui berat volume tanah suatu sampel tanah. Berat volume tanah merupakan nilai perbandingan berat tanah total, termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah**

No	Keterangan			Sampel	
				1	2
1	Diameter Countainer	d	cm	5,000	5,020
2	Tinggi Countainer	t	cm	2,030	2,020
3	Volume Countainer	V	cm <sup>3</sup>	39,877	39,993
4	Berat Countainer	W1	gr	34,860	34,170
5	Berat Countainer + Tanah Basah	W2	gr	96,670	95,910
6	Berat Tanah Basah	$W3 = W2 - W1$	gr	61,810	61,740
7	Berat Volume Tanah	$\gamma_b = W3/V$	gr/cm <sup>3</sup>	1,550	1,544
8	Berat Volume Rata - Rata		gr/cm <sup>3</sup>	1,547	

Dari pengujian dan perhitungan didapat berat volume tanah rata-rata tanah pasir Pantai Gelagah, Yogyakarta yaitu sebesar 1,547 gram/cm<sup>3</sup>.

### 5.1.4 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui butiran tanah serta prosentasenya berdasarkan batas-batas klasifikasi jenis tanah, sehingga dapat diketahui jenis tanah yang telah diuji. Secara khusus pengujian analisis saringan ini bertujuan untuk menentukan persentase ukuran butir tanah pada benda uji yang tertahan saringan no. 200 untuk menentukan butiran (gradasi) agregat halus dan agregat kasar. Sampel tanah yang digunakan dalam pengujian analisa saringan tersebut yaitu sampel 1 dan 2 masing-masing dengan berat total 1000 gr. Hasil pengujian analisa saringan dapat dilihat pada Tabel 5.4 dan Tabel 5.5 dibawah ini.

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Sampel 1**

No saringan	Diameter Saringan	Berat tanah tertahan	berat tanah lolos	%tertahan	%lolos
	mm	gr	gr	%	%
3/4	19	0	1000	0,000	100,000
4	4,75	0,07	999,93	0,007	99,993
10	2	0,14	999,79	0,014	99,979
20	0,85	0,21	999,58	0,021	99,958
40	0,425	13,65	985,93	1,365	98,593
60	0,25	499,03	486,9	49,903	48,690
140	0,106	482,11	4,79	48,211	0,479
200	0,075	3,95	0,84	0,395	0,084
pan		0,84	0	0,084	0
	Jumlah	1000		100	

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisis Saringan Tanah Sampel 2**

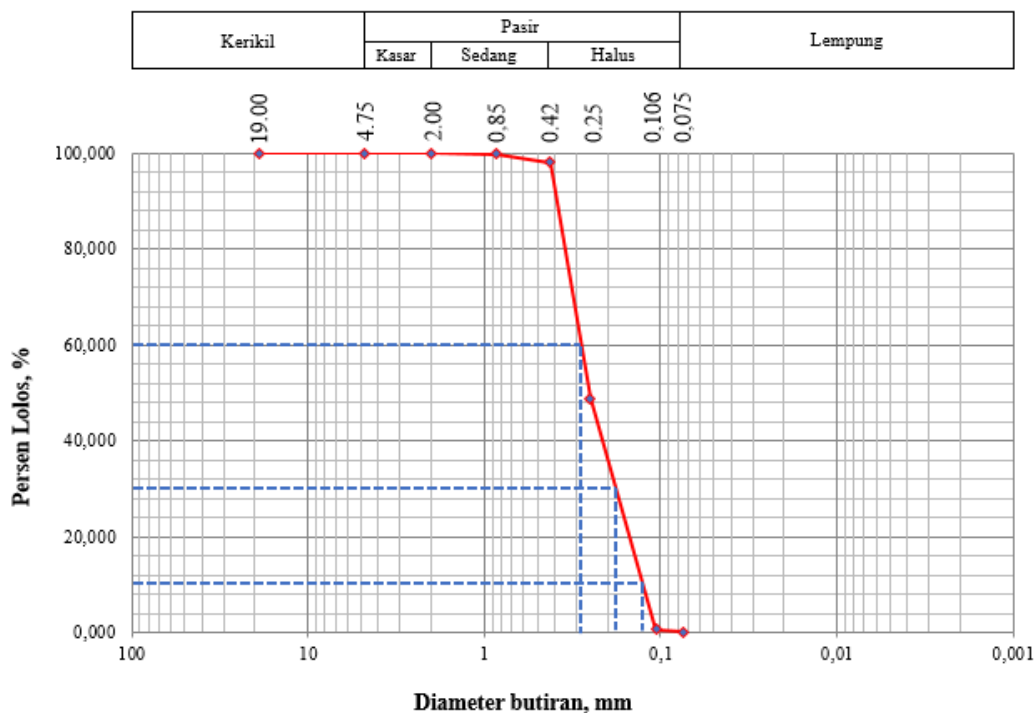
No saringan	Diameter Saringan	Berat tanah tertahan	berat tanah lolos	%tertahan	%lolos
	mm	gr	gr	%	%
3/4	9,5	0	1000	0,000	100,000
4	4,75	0	1000	0,000	100,000
10	2	0,2	999,8	0,020	99,980
20	0,85	0,43	999,37	0,043	99,937
40	0,425	23,65	975,72	2,365	97,572
60	0,25	484,83	490,89	48,483	49,089
140	0,106	482,22	8,67	48,222	0,867
200	0,075	8,35	0,32	0,835	0,032
pan		0,32	0	0,032	0
	Jumlah	1000		100	

Rekapitulasi hasil analisis persen lolos pengujian analisa saringan yang didapatkan dari hasil pengujian pengujian analisa saringan sampel 1 dan sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut ini.

**Tabel 5.6 Rekapitulasi Hasil Persen Lolos Pengujian Analisis Saringan**

No saringan	Diameter Saringan	Persen Lolos Sampel 1	Persen Lolos Sampel 2	Persen Lolos Rata-rata
	mm	%	%	%
3/4	19	100	100	100,000
4	4,75	99,993	100	99,997
10	2	99,979	99,98	99,980
20	0,85	99,958	99,937	99,948
40	0,425	98,593	97,572	98,083
60	0,25	48,69	49,089	48,890
140	0,106	0,479	0,867	0,673
200	0,075	0,084	0,032	0,058

Berdasarkan hasil pengujian analisis saringan pada tabel rekapitulasi, didapatkan gambar grafik *grain size analysis* dari sampel 1 dan sampel 2 yang kemudian didapatkan rata-rata seperti pada Gambar 5.1 sebagai berikut.



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

1. Klasifikasi *AASHTO*

Klasifikasi tanah dengan tabel klasifikasi *AASHTO* dapat dilihat pada Tabel 5.7. Berdasarkan hasil uji analisis saringan didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut.

- a. Persen lolos saringan no. 200 atau saringan dengan diameter 0,075 mm yaitu sebesar 0,058%, karena nilai tersebut lebih kecil atau kurang dari 35% lolos saringan no. 200, maka klasifikasi umum sampel tanah termasuk jenis tanah pasir atau kerikil.
- b. Persen lolos saringan no. 40 yaitu sebesar 98,083% yaitu lebih dari 50% dan persen lolos saringan no. 200 yaitu sebesar 0,058% yaitu lebih kecil dari 10%, maka klasifikasi material termasuk dalam jenis tanah pasir halus.
- c. Tanah hasil pengujian tidak memiliki nilai plastisitas atau *Non Plastis* (NP)
- d. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa tanah sampel dari daerah Pantai Gelagah, D. I. Yogyakarta termasuk dalam kelompok A-3

yang berjenis tanah pasir halus, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut ini.

**Tabel 5.7 Sistem Klasifikasi Tanah Metode AASHTO**

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir						
	(35% atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No.200)						
Klasifikasi Kelompok	A-1			A-2			
	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Analisis Ayakan (% lolos)							
No.10	Maks 50						
No.40	Maks 30	Maks 50	Min 51				
No.200	Maks 15	Maks 25	Maks 10	Maks 35	Maks 35	Maks 35	Maks 35
Sifat Frasaksi yang lolos ayakan No.40							
Batas Cair (LL)				Maks 40	Min 41	Maks 40	Min 41
Indeks Plastisitas (PI)	Maks 6		NP	Maks 10	Maks 10	Min 11	Min 11
Tipe Material yang paling dominan	Batu Pecah, kerikil dan pasi		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung			
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik						

## 2. Klasifikasi USCS

Klasifikasi tanah dengan menggunakan meotde tabel klasifikasi USCS dapat dilihat pada Tabel 5.8. Berdasarkan hasil uji analisis saringan dan batas konsistensi didapatkan hasil sebagai berikut.

- a. Persen lolos saringan no. 200 atau saringan dengan diamater 0,075 mm yaitu sebesar 0,058%, karena nilai tersebut lebih kecil atau kurang dari 50% lolos saringan no. 200, maka tanah tersebut masuk dalam jenis tanah berbutir kasar
- b. Persen lolos saringan no. 4 atau saringan dengan diamater 0,425 mm yaitu sebesar 99,97%, karena nilai tersebut lebih besar atau lebih dari 50% lolos saringan no. 24, maka tanah tersebut masuk dalam jenis tanah pasir
- c. Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus, persen lolos saringan no. 200 kurang dari 5% dan lolos saringan no.200 kurang dari 12%, maka tanah tersebut termasuk dalam jenis pasir bersih (hanya pasir)



- d. Tanah sampel dari daerah Pantai Gelagah, Kulonprogo termasuk kelompok SP, karena pasir sedikit mengandung butiran halus, maka diketahui bahwa tanah daerah Pantai Gelagah, Kulonprogo bersifat pasir bergradasi buruk, sedikit atau samasekali tidak mengandung butiran halus, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut ini.

**Tabel 5.8 Sistem Klasifikasi Tanah Metode USCS**

Tanah berbutir kasar $\geq 50\%$ butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil $50\% \geq$ fraksi kasar tertahan saringan No. 4		Kerikil dengan Butiran halus	Kerikil bersih (hanya kerikil)	GW Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	GP Kerikil bergradasi buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	
	Pasir $\geq 50\%$ fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya Pasir)					
Pasir dengan butiran halus	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	SW	GM	GM	Kerikil berlanau, campuran, kerikil-pasir-lanau	Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW	
			GC	GC	Kerikil berlempung, campuran, kerikil-pasir-lempung		
	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	SP	SM	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau	Batas-batas Atterberg di garis A atau $PI < 4$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol
			SC	SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung	Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI > 7$	Bila batas Atterberg berada di daerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol

Klasifikasi berdasarkan prosentase butiran halus; Kurang dari 5% lolos saringan no. 200: GM, GP, SW, SP. Lebih dari 12% lolos saringan no. 200: GM, GC, SM, SC. 5% -12% lolos saringan No.200 : Batasan klasifikasi yang mempunyai simbol dobel

## 5.2 Sifat Mekanis Tanah

### 5.2.1 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proktor Standard*)

Pengujian pemadatan tanah atau *proctor standart* merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai kepadatan maksimum (*maximum dry density*) dan kadar air optimum (*optimum moisture content*) dari sampel tanah yang digunakan yaitu dari sampel tanah didaerah Pantai Gelagah, Kulonprogo. Pengujian pemadatan tanah (*proctor standart*) dilakukan dengan cara menambahkan air dengan volume dan interval tertentu pada sampel tanah hingga

mengalami penurunan berat volume sampel tanah. Penurunan berat volume suatu sampel tanah dapat disebabkan oleh air yang mulai mengisi rongga pori yang sebelumnya diisi oleh butiran tanah sehingga butiran tanah tidak dapat mengisi rongga saat dilakukan pemadatan. Pengujian dilakukan menggunakan 2 sampel pengujian.

Data hasil pengujian kepadatan tanah pada sampel 1 dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan Tabel 5.10 berikut ini.

**Tabel 5.9 Penambahan Air dan Berat Volume Sampel 1**

No Sampel		1	2	3	4
Penambahan Air	%	5%	10%	15%	20%
Penambahan Air	ml	100	200	300	400
Volume Mold	cm <sup>3</sup>	858,338	858,338	858,338	858,338
Berat Mold	gr	1843	1843	1843	1843
Berat Cetakan + Tanah Basah	gr	3510	3582	3690	3732
Berat Tanah Basah	gr	1667	1739	1847	1889
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm <sup>3</sup>	1,942	2,026	2,152	2,201

**Tabel 5.10 Kadar Air Tanah Sampel 1**

1	No. Pengujian	1		2		3		4	
2	No. Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat Cawan (gram) W1	13,29	13,11	13,17	12,89	12,79	12,89	12,63	12,62
4	Berat Cawan + tanah basah (gram) W2	40,43	43,79	39,67	41,49	47,18	56,66	47,04	46,26
5	Berat cawan + tanah kering (gram) W3	39,36	42,57	37,56	38,94	43,23	50,84	41,8	41,06
6	Berat air (gram) Ww= W2-W3	1,07	1,22	2,11	2,55	3,95	5,82	5,24	5,2
7	Berat tanah kering (gram) Ws= W3-W1	26,07	29,46	24,39	26,05	30,44	37,95	29,17	28,44
8	Kadar air (%) Ww/Ws x 100%	4,104	4,141	8,651	9,789	12,976	15,336	17,964	18,284
9	Kadar air rata-rata	4,123		9,220		14,156		18,124	
10	Berat volume tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,865		1,855		1,885		1,863	

Berikut contoh perhitungan untuk penambahan kadar air 5% sampel 1:

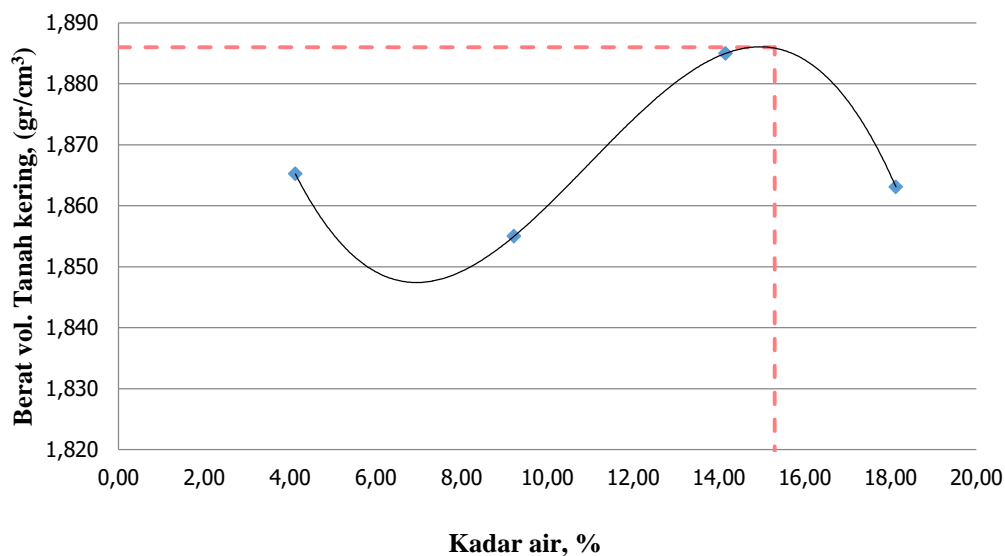
1. Berat Volume pada penambahan kadar air 5%

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{1667}{858,338} = 1,942 \text{ gr/cm}^3$$

2. Berat Volume tanah kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}} = \frac{1,942}{1 + \frac{4,123}{100}} = 1,865 \text{ gr/cm}^3$$

Kadar air dengan presentasi lain dihitung dengan cara yang sama sehingga didapatkan berat volume masing-masing, kemudian dibuat grafik dengan kadar air sebagai absis dan berat volume sebagai ordinat. Setiap dihubungkan sehingga didapatkan kadar air optimum dan berat volume tanah kering optimum sehingga didapatkan grafik seperti pada Gambar 5.2 berikut ini.



**Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Tanah Kering Sampel 1**

Dari grafik diatas didapatkan nilai Kepadatan maksimum yaitu sebesar 1,887 gr/cm<sup>3</sup> dan Kadar Air Optimum pada tanah sampel 1 yaitu 15,3%

Pengujian kepadatan tanah pada sampel 2 dapat dilihat pada Tabel 5.11 dan Tabel 5.12 berikut ini.

**Tabel 5.11 Penambahan Air dan Berat Volume Sampel 2**

No Sampel		1	2	3	4
Penambahan Air	%	5%	10%	15%	20%
Penambahan Air	ml	100	200	300	400
Volume Mold	cm <sup>3</sup>	858,338	858,338	858,338	858,338
Berat Mold	gr	1843	1843	1843	1843
Berat Cetakan + Tanah Basah	gr	3514	3561	3658	3728
Berat Tanah Basah	gr	1671	1718	1815	1885
Berat Volume Tanah Basah	gr/cm <sup>3</sup>	1,947	2,002	2,115	2,196

**Tabel 5.12 Kadar Air Tanah Sampel 2**

1	No. Pengujian	1		2		3		4	
2	No. Cawan	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat Cawan (gram) W1	13,02	12,9	13,37	12,7	12,85	13,07	12,66	12,85
4	Berat Cawan + tanah basah (gram) W2	36,13	36,71	41,78	41,13	45,88	40,53	47,5	44,91
5	Berat cawan + tanah kering (gram) W3	35,24	35,89	39,42	38,72	41,83	37,02	41,83	39,87
6	Berat air (gram) Ww= W2-W3	0,89	0,82	2,36	2,41	4,05	3,51	5,67	5,04
7	Berat tanah kering (gram) Ws= W3-W1	22,22	22,99	26,05	26,02	28,98	23,95	29,17	27,02
8	Kadar air (%) Ww/Ws x 100%	4,005	3,567	9,060	9,262	13,975	14,656	19,438	18,653
9	Kadar air rata-rata	3,786		9,161		14,315		19,045	
10	Berat volume tanah kering (gr/cm <sup>3</sup> )	1,876		1,834		1,850		1,845	

Berikut contoh perhitungan untuk penambahan kadar air 5% sampel 2:

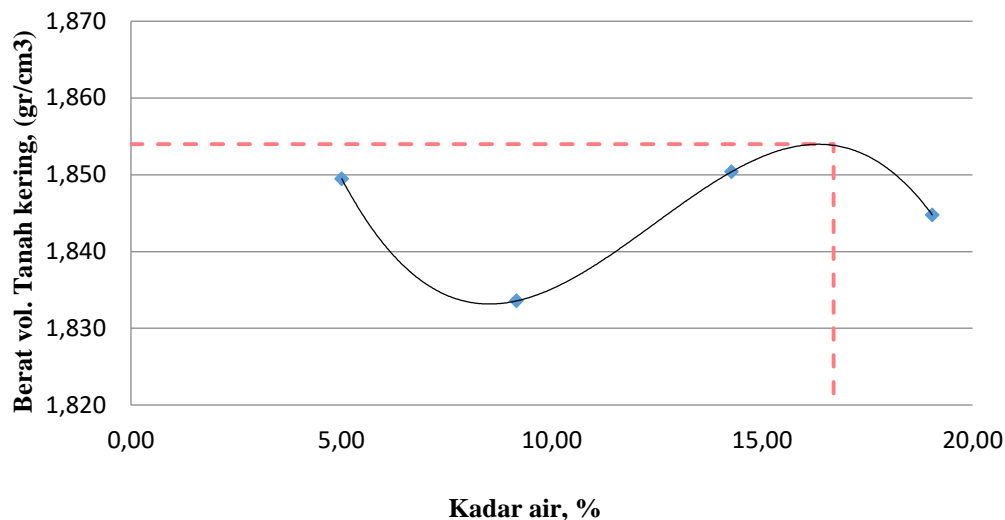
3. Berat Volume pada penambahan kadar air 5%

$$\gamma = \frac{W}{V} = \frac{1671}{858,338} = 1,947 \text{ gr/cm}^3$$

4. Berat Volume tanah kering

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}} = \frac{1,947}{1 + \frac{3,786}{100}} = 1,876 \text{ gr/cm}^3$$

Kadar air dengan presentasi lain dihitung dengan cara yang sama sehingga mendapatkan berat volume masing-masing, kemudian dibuat grafik dengan kadar air sebagai absis dan berat volume sebagai ordinat. Setiap titik dihubungkan sehingga didapatkan kadar air optimum dan berat volume tanah kering optimum sehingga didapatkan grafik seperti pada Gambar 5.3 berikut ini.



**Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kadar Air dengan Berat Volume Tanah Kering Sampel 2**

Dari grafik diatas didapatkan nilai Kepadatan maksimum yaitu sebesar 1,856 gr/cm<sup>3</sup> dan Kadar Air Optimum pada tanah sampel 2 yaitu 16,7%

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai kadar air optimum pada tiap sampel, rekapitulasinya dapat dilihat pada Tabel 5.13 berikut ini.

**Tabel 5.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kepadatan Tanah**

No.	Parameter	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-rata
1	Kepadatan Maksimum ( $\gamma_{dmaks}$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1,887	1,856	1,872
2	Kadar Air Optimum ( $W_{opt}$ )	%	15,3	16,7	16

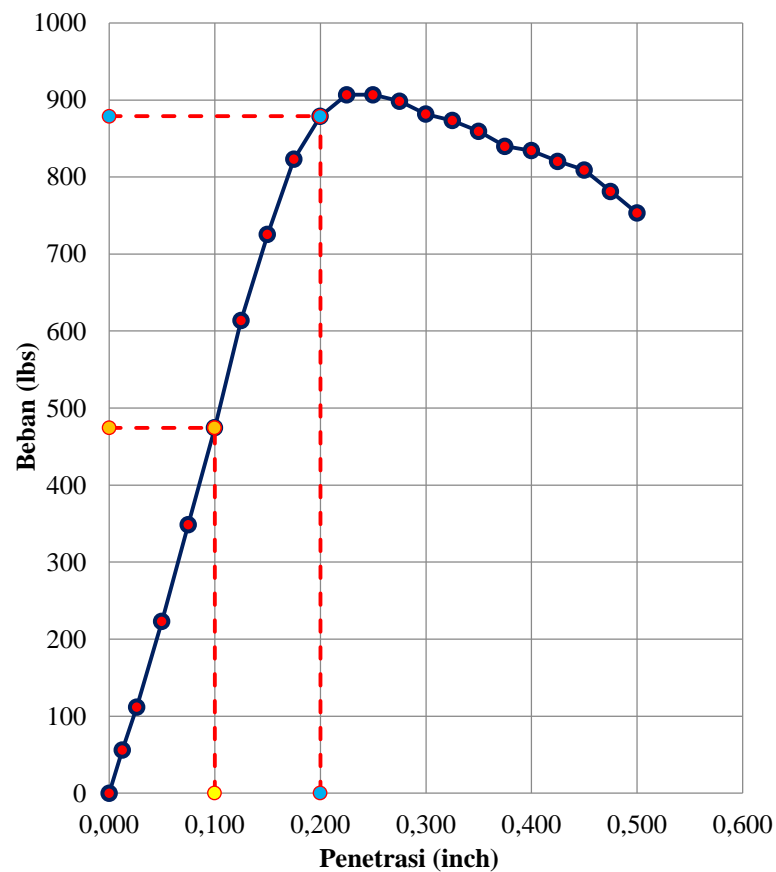
### 5.2.2 Pengujian *California Bearing Ratio (CBR)*

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai *CBR* atau daya dukung tanah pada kepadatan dan kadar air tertentu. Pengujian *CBR* dilakukan dengan 2 kondisi, yaitu diperam atau tidak direndam (*unsoaked*) dan diperendaman (*soaked*). Pengujian *CBR* dalam kondisi tidak rendam dilakukan dengan waktu pemeraman 1, 3, dan 7 hari, sedangkan dalam kondisi terendam dilakukan dengan waktu perendaman selama 4 hari.

Pengujian *CBR* ini bertujuan untuk mendapatkan nilai *CBR* tanah, yaitu perbandingan antara beban penetrasi tanah asli yaitu tanah yang berasal dari

daerah Pantai Gelagah, D. I. Yogyakarta yang telah dicampur dengan bahan tambah Aspal Cair MC<sub>60-70</sub>.

Hasil pada pengujian *CBR* tanah asli *unsoaked* dilakukan menggunakan 2 sampel. Berikut adalah hasil pengujian untuk *CBR* tanah asli sampel 1 yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 dibawah ini.



**Gambar 5.4 Grafik Pengujian *CBR* Tanah Asli *Unsoaked* Sampel 1**

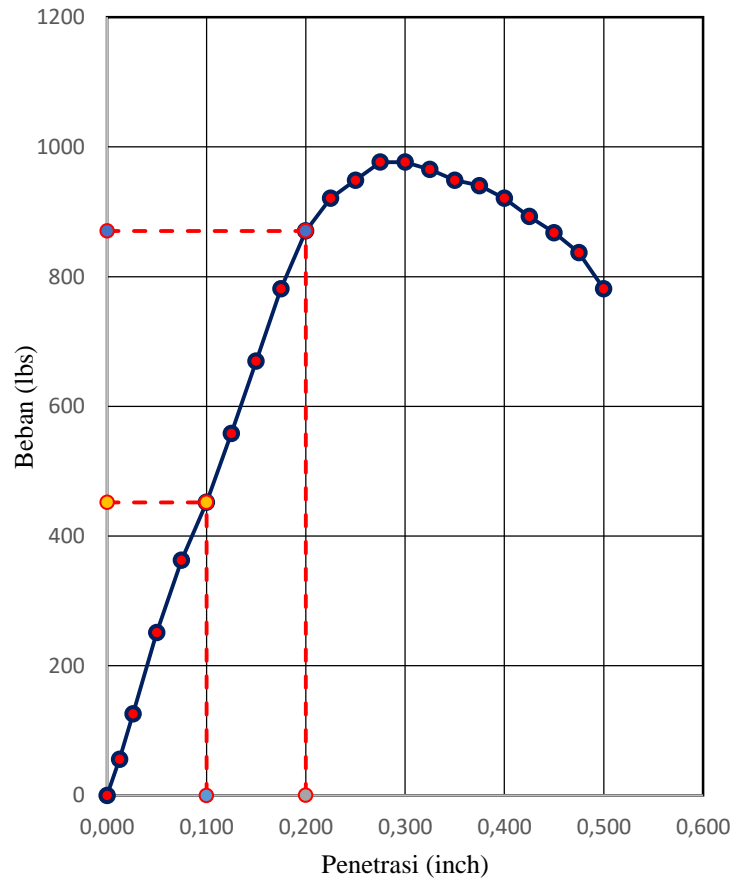
Nilai *CBR* pada penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2" dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$CBR\ 0,1'' = \frac{474,3}{3 \times 1000} \times 100\% = 15,810\%$$

$$CBR\ 0,2'' = \frac{878,85}{3 \times 1500} \times 100\% = 19,530\%$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai *CBR* 0,1" sebesar 15,810% dan nilai *CBR* 0,2" sebesar 19,530%, didapatkan nilai *CBR* 0,2" lebih besar daripada nilai *CBR* 0,1".

Berikut adalah hasil pengujian untuk *CBR* tanah asli sampel 2 yang dapat dilihat pada Gambar 5.5 dibawah ini.



**Gambar 5.5 Grafik Pengujian *CBR* Tanah Asli *Unsoaked* Sampel 2**

Nilai *CBR* pada penetrasi 0,1" dan penetrasi 0,2" dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$CBR\ 0,1" = \frac{451,98}{3 \times 1000} \times 100\% = 15,066\%$$

$$CBR\ 0,2" = \frac{870,48}{3 \times 1500} \times 100\% = 19,344\%$$

Dari perhitungan diatas didapat nilai *CBR* 0,1" sebesar 15,066% dan nilai *CBR* 0,2" sebesar 19,344%, didapatkan nilai *CBR* 0,2" lebih besar daripada nilai *CBR* 0,1".



Berdasarkan sampel 1 dan sampel 2 diketahui nilai *CBR* 0,2” lebih besar daripada *CBR* 0,1”, maka dipakai nilai *CBR* 0,2”, maka berdasarkan pengujian 1 dan pengujian 2 sampel tanah asli didapatkan nilai rata-rata *CBR* tanah asli sebesar 19,437%.

Hasil Pengujian *CBR* tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Tabel 5.14, Tabel 5.15 dan Gambar 5.6 berikut ini.

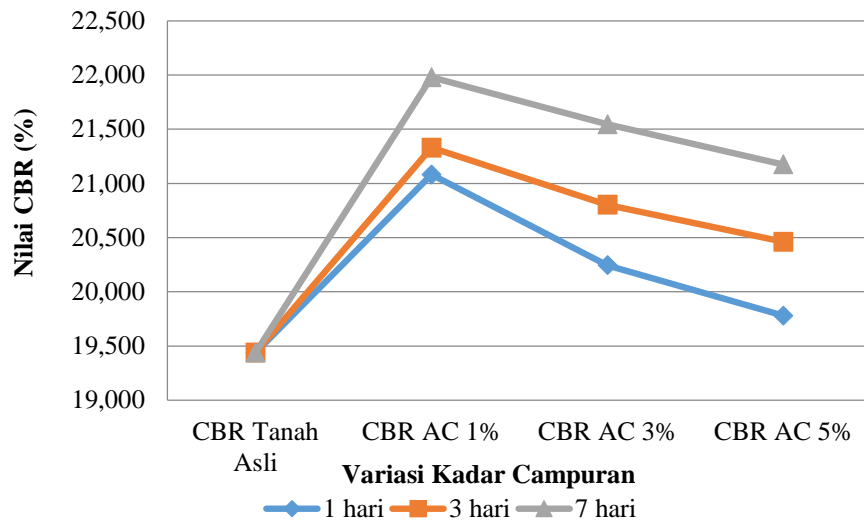
**Tabel 5.14 Rekapitulasi Nilai *CBR* Tanah Asli**

Sampel Pengujian	Sampel	Nilai <i>CBR</i> Pemeraman (%)		Nilai <i>CBR</i> Rendaman (%)	
Tanah Asli	I	19,530	19,437	17,360	17,453
	II	19,344		17,546	

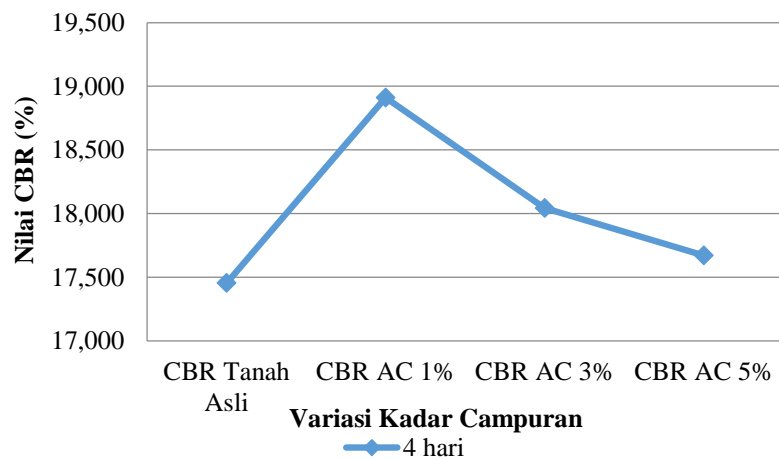
**Tabel 5.15 Rekapitulasi Nilai *CBR* Tanah Stabilisasi**

Sampel Pengujian	Sampel	Nilai <i>CBR</i> Pemeraman (%)						Nilai <i>CBR</i> Rendaman (%)	
		1 Hari		3 Hari		7 Hari		4 Hari	
<i>CBR</i> Tanah + Aspal 1%	1	21,080	21,080	21,204	21,328	21,948	21,979	19,530	18,910
	2	21,080		21,452		22,010		18,290	
<i>CBR</i> Tanah + Aspal 3%	1	20,336	20,243	21,142	20,801	21,514	21,545	18,724	18,042
	2	20,150		20,460		21,576		17,360	
<i>CBR</i> Tanah + Aspal 5%	1	19,530	19,778	20,460	20,460	21,080	21,173	17,980	17,670
	2	20,026		20,460		21,266		17,360	

Dari hasil penelitian dan perhitungan pada Tabel 5.14 dapat dilihat nilai *CBR* pada tanah asli dan tanah yang telah dicampurkan bahan stabilisasi daerah Pantai Gelagah, D. I. Yogyakarta mengalami perubahan, grafik hasil perhitungan nilai *CBR* tanah asli dan tanah campuran dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan 5.7 berikut.



**Gambar 5.6** Grafik Hasil Pengujian nilai *CBR* Tanah dengan Campuran Aspal Cair MC<sub>60-70</sub> Kondisi *Unsoaked*



**Gambar 5.7** Grafik Hasil Pengujian nilai *CBR* Tanah dengan Campuran Aspal Cair MC<sub>60-70</sub> Kondisi *Soaked*

Tabel dan grafik diatas dapat menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan persentase bahan tambah Aspal Cair MC<sub>60-70</sub> dengan berbagai variasi kadar campuran dan lama pemeraman dapat mengakibatkan kenaikan nilai *CBR* dibandingkan dengan nilai *CBR* pada tanah asli. Nilai *CBR* mengalami kenaikan sesuai dengan kadar penambahan Aspal Cair dan lama waktu pemeramannya. Sehingga didapatna nilai *CBR* kondisi *unsoaked* tertinggi didapatkan pada tanah

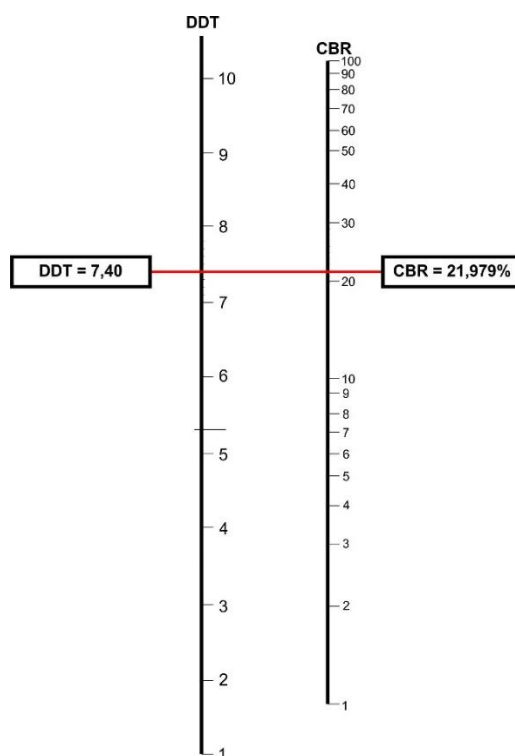
asli campuran Aspal Cair 1% pada pemeraman 1 hari yaitu sebesar 21,979%, sedangkan nilai *CBR* kondisi *soaked* tertinggi juga didapatkan pada tanah asli campuran Aspal Cair 1% yaitu sebesar 18.910%.

Dalam penelitian ini tidak diketahui pengaruh kepadatan tanah akibat stabilisasi tanah menggunakan bahan tambah Aspal Cair MC60-70 karena tidak dilakukan pengujian untuk mendapatkan nilai tersebut.

### **5.2.3 Nilai Daya Dukung Tanah**

Daya dukung tanah (*bearing capacity*) adalah kekuatan tanah untuk menahan suatu beban yang bekerja pada tanah tersebut. Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) adalah suatu skala yang dipakai dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan kekuatan tanah dasar. Nilai daya dukung tanah dapat diketahui berdasarkan nilai *CBR* yang telah dilakukan pengujian, untuk mendapatkan nilai daya dukung tanah dari hasil uji *CBR* dilakukan dengan menggunakan diagram korelasi DDT (Daya Dukung Tanah) dan *CBR*.

Hasil pengujian *CBR* didapatkan nilai tertinggi didapatkan pada tanah asli campuran Aspal Cair 1% pada pemeraman 1 hari yaitu sebesar 21,979%, kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai DDT dengan menggunakan nomogram pada Gambar 5.8 berikut ini.



**Gambar 5.8 Diagram Korelasi DDT dengan Nilai CBR**

(Sumber: Bina Marga, 1987)

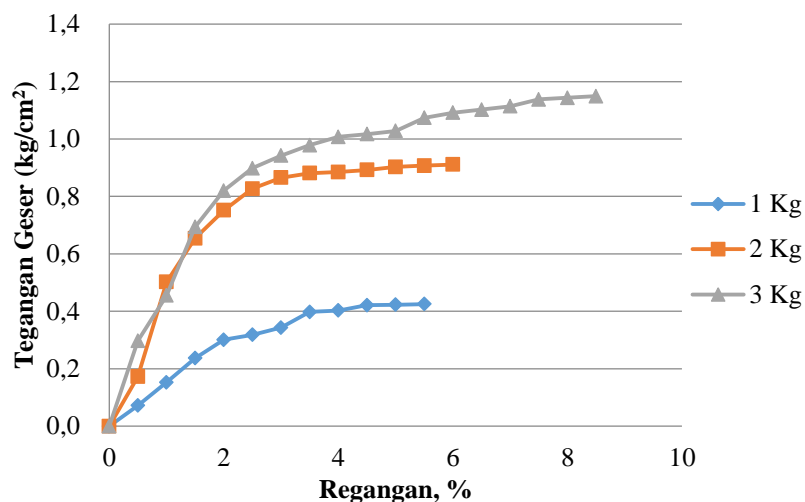
Berdasarkan hasil plot nilai *CBR* tanah hasil pengujian, pada diagram korelasi *DDT* dan *CBR* diperoleh nilai *DDT* pada nilai *CBR* 21,979% yaitu sebesar 7,40 Kg/cm<sup>2</sup>. Dengan mendapatkan nilai *DDT* pada tanah sampel, maka dapat dibuat perencanaan tebal perkerasan pada daerah tersebut.

#### **5.2.4 Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*)**

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah yaitu terdiri dari kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ). Pengujian geser langsung pada penelitian ini terdiri dari pengujian geser langsung dengan tanah asli dan pengujian geser langsung tanah asli dengan bahan stabilisasi yang menggunakan Aspal Cair MC<sub>60-70</sub>. Persentase bahan tambah stabilisasi atau Aspal Cair yang digunakan yaitu 1%, 3% dan 5% kemudian untuk masa pemeraman digunakan 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Pengujian geser langsung pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan 2 sampel dengan 3 benda uji setiap sampel dengan pemberian 3 beban yang berbeda, yaitu beban 1 kg, 2 kg, dan 3 kg.

### 1. Pengujian Geser Langsung Tanah Asli

Berdasarkan data pengujian geser langsung pada Tanah Asli yang telah dilakukan, didapatkan gambar grafik hubungan antara tegangan geser dan regangan, dapat dilihat pada Gambar 5.9 berikut ini.



**Gambar 5.9 Grafik Hasil Pengujian Nilai Kuat Geser Tanah Hubungan Tegangan Geser dan Regangan Tanah Asli Sampel 1**

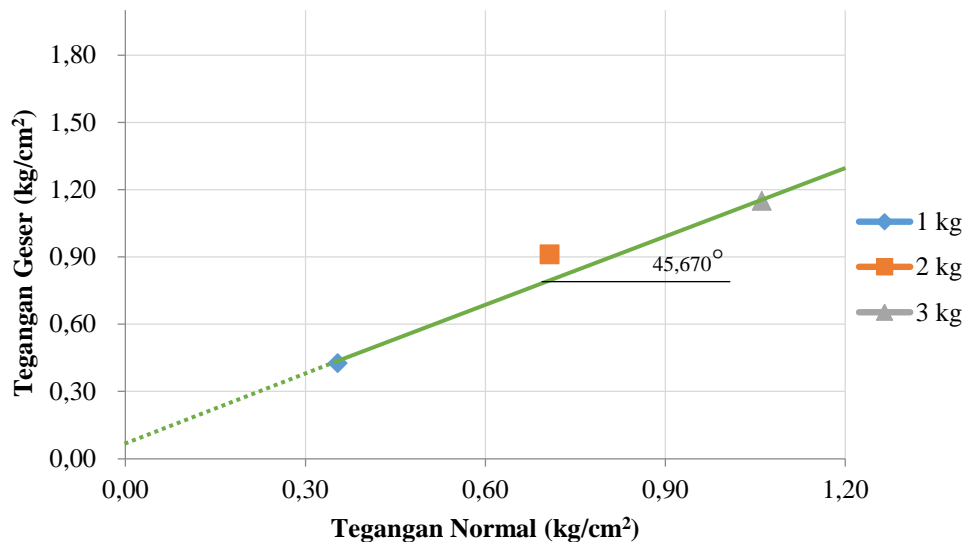
Berdasarkan grafik hubungan tegangan geser dan regangan tanah asli diatas didapatkan nilai tegangan normal dan tegangan geser maksimum untuk setiap beban. Hasil tegangan normal dan tegangan geser maksimum tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.16 berikut ini.

**Tabel 5.16 Tegangan Normal dan Tegangan Geser Maksimum Tanah Asli Sampel 1**

Keterangan	satuan	Beban Normal (kg)		
		1	2	3
Tegangan Normal ( $\sigma$ )	kg/cm <sup>2</sup>	0,3537	0,7074	1,0610
Tegangan Geser ( $\tau$ )	kg/cm <sup>2</sup>	0,4249	0,9113	1,1490

Berdasarkan hasil perhitungan dengan tabel diatas dapat digambarkan grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser maksimum tanah asli yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ )

secara grafis. Grafik hubungan tegangan normal dan tegangan geser tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.10 berikut ini.



**Gambar 5.10 Grafik Hasil Pengujian Nilai Kuat Geser Tanah Hubungan Tegangan Normal dan Tegangan Geser Maksimum Tanah Asli Sampel 1**

Berdasarkan gambar grafik 5.10 hubungan tegangan normal dan tegangan geser maksimum pada tanah asli sampel 1 diatas dapat diperoleh nilai kohesi dan sudut gesernya. Perhitungan tanah asli sampel 2 dapat dilakukan seperti perhitungan tanah asli sampel 1. Rekapitulasi pengujian geser langsung tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.17 berikut.

**Tabel 5.17 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli**

Uji Geser Langsung	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi ( $c$ )	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
	kg/cm <sup>2</sup>	°
Sampel 1	0,0628	45,670
Sampel 2	0,0775	45,886
Rata-rata	0,0702	45,778

Hasil analisis uji pengujian geser langsung tanah asli menunjukkan bahwa nilai kohesi dan sudut geser dalam sampel tanah di daerah Pantai Gelagah, D. I. Yogyakarta berturut-turut adalah  $0,0702 \text{ kg/cm}^2$  dan  $45,778^\circ$ .

2. Pengujian Geser Langsung Tanah dengan Bahan Stabilisasi pada Pemeraman 1 Hari

Hasil Pengujian uji geser langsung tanah asli dengan penambahan bahan stabilisasi aspal pada pemeraman 1 hari dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

**Tabel 5.18 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Stabilisasi pada Pemeraman 1 Hari**

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
	$\text{kg/cm}^2$	$^\circ$
Tanah Asli + Aspal Cair 1%	0,2088	46,5280
Tanah Asli + Aspal Cair 3%	0,1573	45,6650
Tanah Asli + Aspal Cair 5%	0,1378	44,8030

3. Pengujian Geser Langsung Tanah dengan Bahan Stabilisasi pada Pemeraman 3 Hari

Hasil Pengujian uji geser langsung tanah asli dengan penambahan bahan stabilisasi aspal pada pemeraman 3 hari dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

**Tabel 5.19 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Stabilisasi pada Pemeraman 3 Hari**

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
	$\text{kg/cm}^2$	$^\circ$
Tanah Asli + Aspal Cair 1%	0,2113	47,4774
Tanah Asli + Aspal Cair 3%	0,1739	46,6530
Tanah Asli + Aspal Cair 5%	0,1506	44,9970

4. Pengujian Geser Langsung Tanah dengan Bahan Stabilisasi pada Pemeraman 7 Hari

Hasil Pengujian uji geser langsung tanah asli dengan penambahan bahan stabilisasi aspal pada pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

**Tabel 5.20 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Stabilisasi pada Pemeraman 7 Hari**

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi ( $c$ )	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )
	kg/cm <sup>2</sup>	°
Tanah Asli + Aspal Cair 1%	0,2288	49,4181
Tanah Asli + Aspal Cair 3%	0,1778	47,2850
Tanah Asli + Aspal Cair 5%	0,1540	45,5560

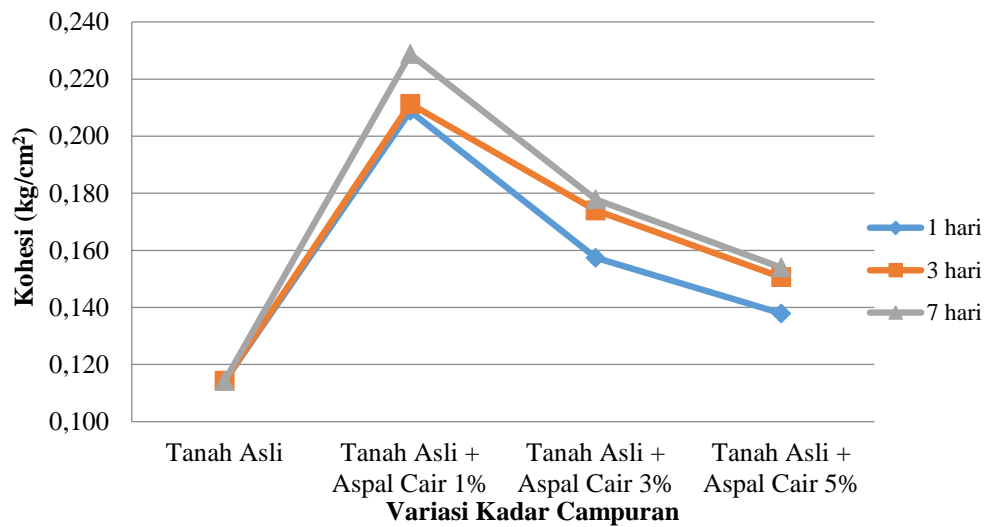
1. Kohesi ( $c$ )

Hasil rekapitulasi keseluruhan pengujian geser langsung dengan penambahan bahan stabilisasi berupa Aspal MC<sub>60-70</sub> terhadap nilai kohesi dapat dilihat pada data-data berikut ini. Berikut rekapitulasi pengaruh variasi bahan stabilisasi terhadap nilai kohesi pada Tabel 5.21 dan Gambar 5.11 berikut.

**Tabel 5.21 Pengaruh Variasi Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Geser Langsung**

Variasi	Kohesi ( $c$ ) / kg/cm <sup>2</sup>		
	Pemeraman		
	1	3	7
Tanah Asli	0,1142	0,1142	0,1142
Tanah Asli + Aspal Cair 1%	0,2088	0,2113	0,2288
Tanah Asli + Aspal Cair 3%	0,1573	0,1739	0,1778
Tanah Asli + Aspal Cair 5%	0,1378	0,1506	0,1540





**Gambar 5.11 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Geser Langsung**

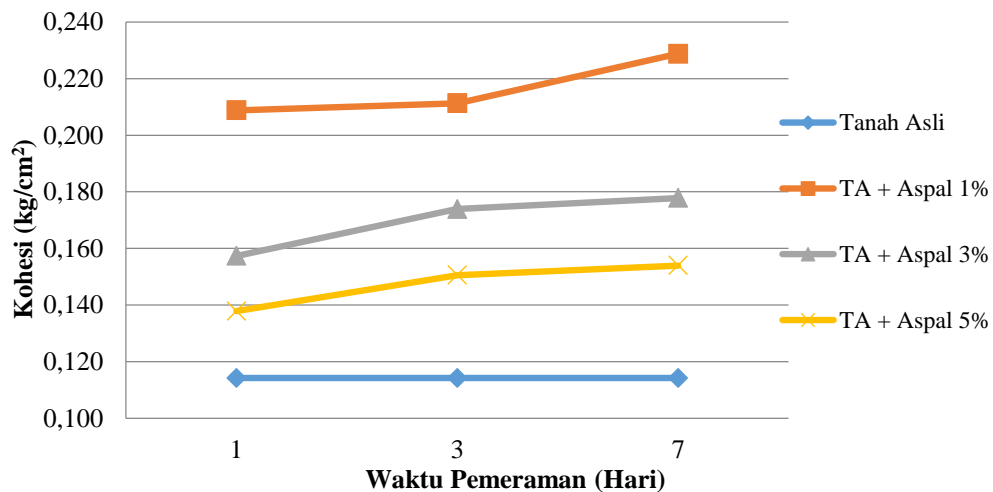
Berdasarkan Gambar 5.11 pengujian geser langsung diatas, penambahan persentase bahan tambah Aspal Cair MC<sub>60-70</sub> dapat meningkatkan nilai kohesi pada sampel tanah dengan lamanya waktu pemeraman. Peningkatan kohesi tertinggi terjadi pada variasi sampel dengan kadar Aspal Cair 1% pada pemeraman 7 hari yaitu sebesar 100,350% dari kohesi tanah asli sebesar 0,1142 kg/cm<sup>2</sup> meningkat menjadi 0,2288 kg/cm<sup>2</sup>. Peningkatan kohesi terendah terjadi pada variasi sampel dengan kadar Aspal Cair 5% dengan pemeraman 1 hari, yaitu sebesar 20,666% dari kohesi tanah asli sebesar 0,1142 kg/cm<sup>2</sup> meningkat menjadi 0,1378 kg/cm<sup>2</sup>.

Penambahan kadar Aspal Cair 1% dapat meningkatkan nilai kohesi sebesar 82,837%, 85,026%, dan 100,350% berturut-turut pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Penambahan kadar Aspal Cair 3% meningkatkan nilai kohesi sebesar 37,741%, 52,277%, dan 55,692% berturut-turut pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Penambahan kadar Aspal Cair 5% meningkatkan nilai kohesi sebesar 20,666%, 31,874%, dan 34,851% berturut-turut pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Hasil rekapitulasi pengaruh waktu pemeraman terhadap nilai kohesi pada pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan Gambar 5.12 berikut.

**Tabel 5.22 Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Geser Langsung**

Pemeraman	Kohesi (c) / kg/cm <sup>2</sup>			
	Variasi			
Hari	Tanah Asli	Tanah Asli + Aspal Cair 1%	Tanah Asli + Aspal Cair 3%	Tanah Asli + Aspal Cair 5%
1	0,114	0,209	0,157	0,138
3	0,114	0,211	0,174	0,151
7	0,114	0,229	0,178	0,154



**Gambar 5.12 Grafik Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Geser Langsung**

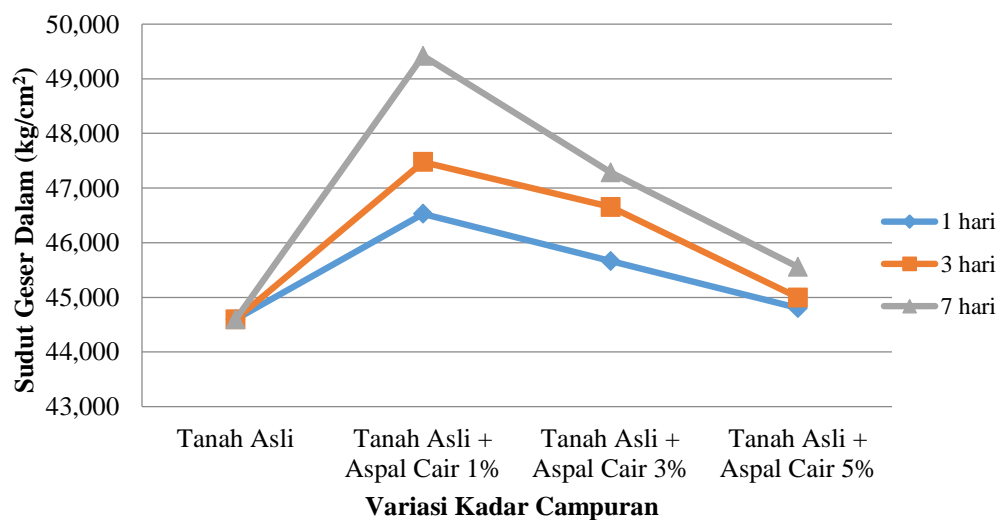
Berdasarkan grafik diatas, pengaruh waktu pemeraman dapat meningkatkan nilai kohesi sampel tanah. Peningkatan nilai kohesi tersebut dialami oleh semua variasi penambahan bahan stabilisasi pada semua waktu pemeraman. Waktu pemeraman 7 hari memberikan peningkatan nilai kohesi yang cukup signifikan pada variasi suatu sampel tanah.

## 2. Sudut Geser Dalam ( $\phi$ )

Hasil rekapitulasi keseluruhan pengujian geser langsung dengan penambahan bahan stabilisasi berupa Aspal MC<sub>60-70</sub> terhadap nilai sudut geser dalam dapat dilihat pada data-data berikut ini. Berikut rekapitulasi pengaruh variasi bahan stabilisasi terhadap nilai sudut geser dalam pada Tabel 5.23 dan Gambar 5.13 berikut.

**Tabel 5.23 Pengaruh Variasi Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pengujian Geser Langsung**

Variasi	Sudut Geser Dalam ( $\phi$ ) / °		
	Pemeraman		
	1	3	7
Tanah Asli	44,597	44,597	44,597
Tanah Asli + Aspal Cair 1%	46,528	47,477	49,418
Tanah Asli + Aspal Cair 3%	45,665	46,653	47,285
Tanah Asli + Aspal Cair 5%	44,803	44,997	45,556



**Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Stabilisasi Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Geser Langsung**

Berdasarkan grafik diatas, penambahan persentase Aspal Cair pada kadar tertentu dapat meningkatkan nilai sudut geser. Peningkatan sudut geser dalam

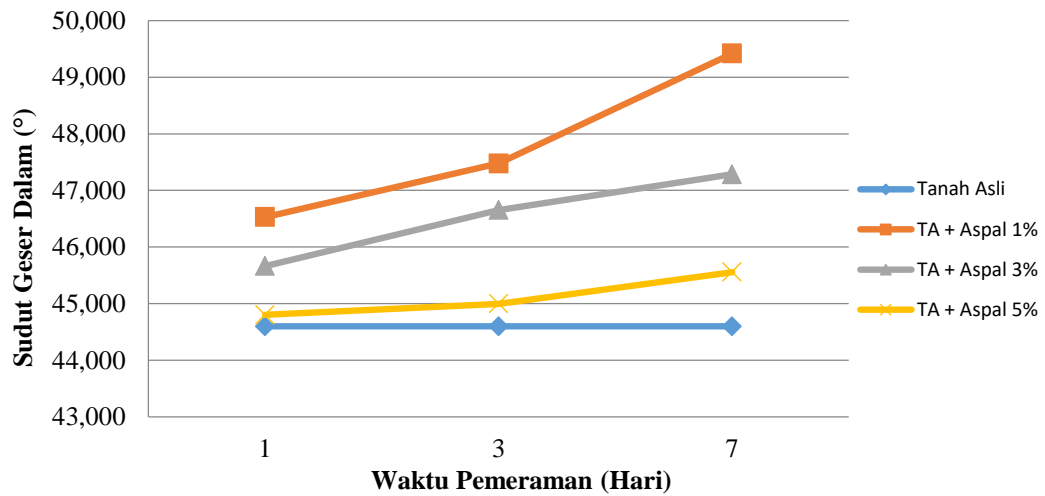
tertinggi terjadi pada variasi sampel dengan kadar penambahan Aspal Cair 1% dengan pemeraman 7 hari sebesar 10,810% dari sudut geser dalam tanah asli sebesar  $44,597^\circ$  meningkat menjadi  $49,418^\circ$ . Peningkatan sudut geser dalam terendah terjadi pada variasi sampel dengan kadar penambahan Aspal Cair 5% dengan pemeraman 1 hari sebesar 0,462% dari kohesi tanah asli sebesar  $44,597^\circ$  meningkat menjadi  $44,803^\circ$ .

Seiring waktu pemeraman dilakukan, terjadi peningkatan nilai sudut geser dalam. Penambahan kadar Aspal Cair 1% meningkatkan nilai sudut geser dalam sebesar 4,330%, 6,458%, dan 10,810% berturut-turut pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Penambahan kadar Aspal Cair 3% meningkatkan nilai sudut geser dalam sebesar 2,395%, 4,610%, dan 6,027% berturut-turut pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Penambahan kadar Aspal Cair 5% meningkatkan nilai sudut geser dalam sebesar 0,462%, 0,897%, dan 2,150% berturut-turut pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Hasil rekapitulasi pengaruh waktu pemeraman terhadap nilai sudut geser dalam pada pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.24 dan Gambar 5.14 berikut.

**Tabel 5.24 Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pengujian Geser Langsung**

Pemeraman	Sudut Geser Dalam ( $\varphi$ ) / $^\circ$			
	Variasi			
Hari	Tanah Asli	Tanah Asli + Aspal Cair 1%	Tanah Asli + Aspal Cair 3%	Tanah Asli + Aspal Cair 5%
1	44,597	46,528	45,665	44,803
3	44,597	47,477	46,653	44,997
7	44,597	49,418	47,285	45,556



**Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Geser Langsung**

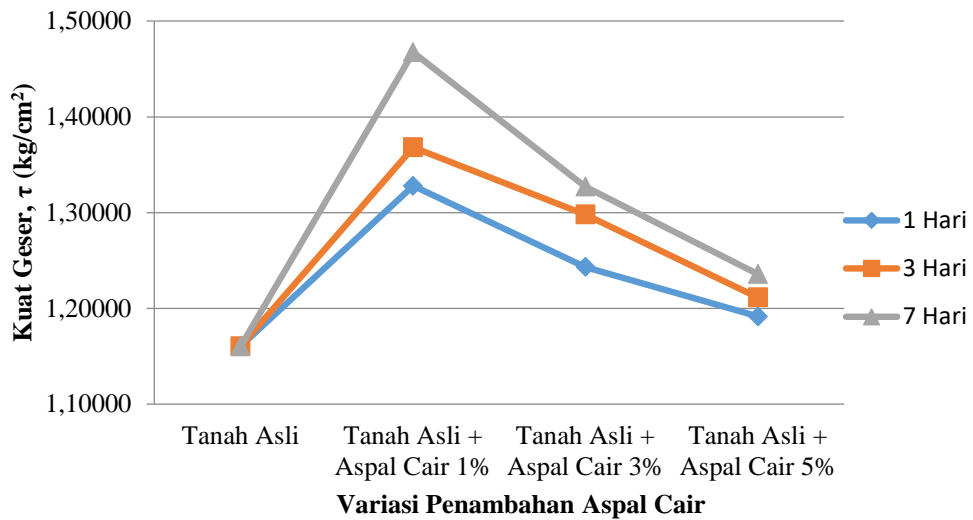
Berdasarkan grafik diatas, pengaruh waktu pemeraman dapat menaikkan nilai sudut geser dalam sampel tanah. Kenaikan nilai sudut geser dalam dialami oleh semua variasi penambahan bahan stabilisasi pada semua waktu pemeraman. Waktu pemeraman 7 hari memberikan kenaikan nilai sudut geser dalam yang cukup signifikan pada semua variasi dibandingkan dengan kenaikan sudut geser dalam pada waktu pemeraman 3 hari atau 1 hari.

### 3. Nilai Kuat Geser Tanah ( $\tau$ )

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, dapat dihitung besar nilai kuat geser tanah menggunakan Persamaan 3.3. Nilai kuat geser tanah pada pengujian geser langsung dapat dilihat pada Tabel 5.25 Gambar 5.15.

**Tabel 5.25 Nilai Kuat Geser Pada Pengujian Geser Langsung**

Variasi	Kuat Geser ( $\tau$ ), kg/cm <sup>2</sup>		
	Pemeraman (Hari)		
	1	3	7
TA	1,160	1,160	1,160
TA+1% Aspal	1,328	1,368	1,467
TA+3% Aspal	1,243	1,298	1,327
TA+5% Aspal	1,192	1,211	1,236



**Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Pada Pengujian Geser Langsung**

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kuat geser tanah tertinggi terdapat pada variasi penambahan 1% kadar aspal MC<sub>60-70</sub> dengan lama pemeraman 7 hari yaitu sebesar 1,467 kg/cm<sup>2</sup>, nilai kuat geser tersebut meningkat sebesar 26,465% dari nilai kuat geser tanah asli. Kenaikan nilai kuat geser terendah terdapat pada variasi penambahan 5% aspal dengan lama pemeraman 1 hari sebesar 2,685% dari nilai kuat geser tanah asli.

Nilai kuat geser pada tanah asli yaitu sebesar 1,160 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat geser pada variasi penambahan kadar aspal 1%, 3%, dan 5% dengan lama pemeraman 1 hari berturut-turut adalah sebesar 1,328 kg/cm<sup>2</sup>, 1,243 kg/cm<sup>2</sup>, dan 1,192 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat geser pada variasi penambahan kadar aspal sebanyak 1%, 3%, dan 5% pada lama pemeraman 3 hari adalah sebesar 1,368 kg/cm<sup>2</sup>, 1,298 kg/cm<sup>2</sup>, dan 1,211 kg/cm<sup>2</sup>. Nilai kuat geser pada variasi penambahan kadar aspal sebanyak 1%, 3%, dan 5% pada lama pemeraman 7 hari adalah sebesar 1,467 kg/cm<sup>2</sup>, 1,327 kg/cm<sup>2</sup>, dan 1,236 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil nilai kuat geser tanah diatas, dapat disimpulkan bahwa penambahan kadar aspal tertentu dapat meningkatkan nilai kuat geser tanah seiring dengan lama waktu pemeraman.