

BAB V

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Penelitian

Hasil dari penelitian Tugas Akhir yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia akan dijelaskan pada bab ini. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa pengujian terhadap sifat fisik tanah, sifat mekanik, pengujian geser langsung dan pengujian triaksial UU atas penambahan bahan stabilisasi berupa aspal cair SC₆₀₋₇₀ terhadap parameter kuat geser tanah.

5.1.1 Pengujian Kadar Air

Pengujian kadar air (w) bertujuan untuk mengetahui kadar air sampel tanah. Kadar air adalah nilai perbandingan antara berat air (W_w) dalam satuan tanah dengan berat kering tanah (W_s) tersebut. Hasil pengujian kadar air dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Asli

No	Uraian	Satuan	Sampel	
			1	2
1	Berat Countainer (W_1)	gram	13,03	12,86
2	Berat Countainer + Tanah Basah (W_2)	gram	43,75	35,43
3	Berat Countainer + Tanah Kering (W_3)	gram	43,15	35,43
4	Berat Air ($W_w = W_2 - W_3$)	gram	0,6	0,46
5	Berat Tanah Kering ($W_s = W_3 - W_1$)	gram	30,21	22,11
6	Kadar Air ($W_w : W_s \times 100\%$)	%	1,99	2,09
7	Kadar Air rata-rata (w)	%	2,04	

Hasil pengujian kadar air tanah asli pada sampel tanah yang diambil dari Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta ini menunjukkan bahwa nilai kadar air rata-rata sampel tanah adalah sebesar 2,04%.

5.1.2 Pengujian Berat Volume

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berat volume suatu sampel tanah yang digunakan. Berat volume tanah (γ) adalah perbandingan antara berat tanah (W) dengan volume tanah (V). Hasil dari pengujian berat volume tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Asli

Uraian	Simbol	Satuan	Hasil	
			Sampel 1	Sampel 2
Diameter Ring	d	cm	4,98	4.,98
Tinggi Ring	t	cm	2,02	2,02
Volume Ring	V	cm ³	39,27	39,27
Berat Ring	W ₁	gram	34,17	34,17
Berat Ring + Tanah Basah	W ₂	gram	102,3	100,91
Berat Tanah Basah	W ₃ = W ₂ - W ₁	gram	68,13	66,74
Berat Volume Tanah	γ	gram/cm ³	1,73	1,7
Berat Volume Tanah Rata-Rata	$\gamma_{rata-rata}$	gram/cm ³	1,717	

Hasil pengujian berat volume tanah asli pada sampel tanah yang diambil pada Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan bahwa nilai berat volume rata-rata sampel tanah adalah sebesar 1,717 gram/cm³.

5.1.3 Pengujian Berat Jenis

Pengujian ini dilakukan untuk menentukan berat jenis suatu sampel tanah yang digunakan. Berat jenis tanah (G_s) adalah perbandingan antara berat butiran tanah (γ_s) dengan berat air (γ_w) dengan volume yang sama pada suhu tertentu, pada umumnya suhu yang digunakan adalah 27,5°C. Hasil pengujian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah

Uraian	Simbol	Satuan	Sampel	
			1	2
Berat Piknometer	W_1	gram	39,59	36,96
Berat Piknometer + Tanah Kering	W_2	gram	80,43	82,49
Berat Piknometer + Tanah Kering + Air Penuh	W_3	gram	168,48	165,25
Berat Piknometer + Air Penuh	W_4	gram	143,28	136,48
Suhu Air (t°C)		°	28	28
γ_w (t°C)		gram/cm ³	0,9963	0,9963
γ_w (27,5°C)		gram/cm ³	0,9964	0,9964
Berat Tanah Kering	$W_s = W_2 - W_1$	gram	40,84	45,53
A	$W_s + W_4$	gram	184,12	182,01
I	$A - W_3$	gram	15,64	16,76
Berat Jenis Tanah (t°C)	$G_s = W_s / I$	gram/cm ³	2,6113	2,7166
Berat Jenis Tanah (27,5°C)	G_s	gram/cm ³	2,6110	2,7163
Berat Jenis Tanah Rata-Rata (27,5°)	$G_{s\text{rata-rata}}$	gram/cm ³	2,6637	

Hasil pengujian berat jenis tanah pada sampel tanah yang diambil dari Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta menunjukkan bahwa nilai berat jenis rata-rata sampel tanah adalah sebesar 2,6637 gram/cm³.

5.1.4 Pengujian Analisa Saringan

Pengujian analisa saringan adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui persentase distribusi ukuran butiran tanah yang tertahan pada saringan nomor 200. Dalam penelitian ini digunakan 2 sampel tanah dengan berat tanah yang sama yaitu 1000 gr. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.4, Tabel 5.5, dan Tabel 5.6.

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Analisa Saringan Tanah Asli Sampel 1

Nomor Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	Persentase Tanah Tertahan	Persentase Tanah Lolos
	mm	Gram	gram	%	%
1	25,4	0	1000	0	100
1/2	13,2	0	1000	0	100
3/8	9,5	0	1000	0	100
1/4	6,7	0	1000	0	100
4	4,75	5,29	995	0,529	99,471
10	2	2,79	991,920	0,279	99,192
20	0,85	1,6	990,320	0,160	99,032
40	0,425	135,64	854,680	13,564	85,468
60	0,25	577,24	277,440	57,724	27,744
140	0,106	265,06	12,380	26,506	1,238
200	0,075	7,17	5,210	0,717	0,521
pan		5,21	0	0,521	0

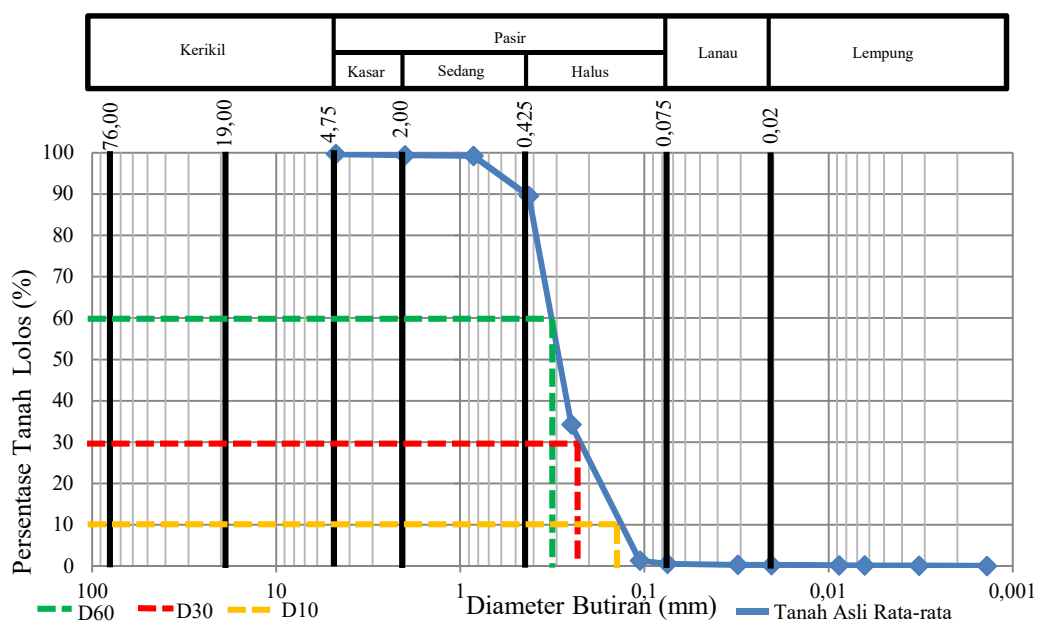
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Analisa Saringan Tanah Asli Sampel 2

Nomor Saringan	Diameter Saringan	Berat Tanah Tertahan	Berat Tanah Lolos	Persentase Tanah Tertahan	Persentase Tanah Lolos
	mm	gram	gram	%	%
1	25,4	0	1000	0	100
1/2	13,2	0	1000	0	100
3/8	9,5	0	1000	0	100
1/4	6,7	0	1000	0	100
4	4,75	1,94	998	0,194	99,806
10	2	2,08	995,980	0,208	99,598
20	0,85	1,95	994,030	0,195	99,403
40	0,425	58,18	935,850	5,818	93,585
60	0,25	527,97	407,880	52,797	40,788
140	0,106	393,02	14,860	39,302	1,486
200	0,075	8,57	6,290	0,857	0,629
pan		6,29	0	0,629	0

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Analisa Saringan Tanah Asli Rata-Rata

Nomor Saringan	Diameter Saringan	Persentase Tanah Lolos Sampel 1	Persentase Tanah Lolos Sampel 2	Persentase Tanah Lolos Rata-rata
	mm	%	%	%
1	25,4	100	100	100
1/2	13,2	100	100	100
3/8	9,5	100	100	100
1/4	6,7	100	100	100
4	4,75	99,471	99,806	99,639
10	2	99,192	99,598	99,395
20	0,85	99,032	99,403	99,218
40	0,425	85,468	93,585	89,527
60	0,25	27,744	40,788	34,226
140	0,106	1,238	1,486	1,362
200	0,075	0,521	0,629	0,575
pan		0	0	0

Berdasarkan perhitungan persen lolos uji analisa saringan pada tabel diatas dapat digambarkan grafik distribusi butiran tanah asli rata-rata yang dapat dilihat pada Gambar 5.1.

**Gambar 5.1 Grafik Analisis Butiran Tanah Asli**

Berdasarkan grafik distribusi butiran tanah asli rata-rata diatas, diperoleh persentase ukuran butiran pada tanah asli rata-rata yang dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Fraksi Butiran Tanah Asli

Uraian	Hasil	Satuan
Lolos # 200	0,575	%
Kerikil	0,361	%
Pasir	99,064	%
Lanau	0,575	%
Lempung	0	%
D10	0,135	mm
D30	0,223	mm
D60	0,32	mm
$C_u = D_{60} / D_{10}$	2,370	
$C_c = D_{30} / (D_{10} \times D_{60})$	1,151	

Hasil dari pengujian analisa saringan menunjukkan bahwa sampel tanah yang diambil dari Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta terdiri dari tanah kerikil (0,361%), tanah pasir (99,064%), tanah lanau (0,575%), dan tanah lempung (0%).

5.1.5 Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor Standart*)

Pengujian pemadatan tanah (*proctor standart*) adalah sebuah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan tanah maksisum (*maximum dry density*) dan kadar air optimum (*optimum moisture content*) dari suatu sampel tanah yang akan digunakan. Pada pengujian pemadatan tanah ini digunakan 2 sampel tanah yang ditambahkan air dengan volume dan interval tertentu hingga tanah mengalami penurunan berat volume. Hasil dari penambahan air pada sampel dapat dilihat pada Tabel 5.8 dan Tabel 5.9

Tabel 5.8 Penambahan Air Pada Sampel Tanah 1

Uraian	Satuan	Sampel 1				
		1	2	3	4	5
Berat sampel	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-Mula (w)	%	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Berat Cetakan + Tanah Basah	gram	3470	3375	3408	3426	3515
Berat Tanah Basah	gram	1759	1664	1697	1715	1804
Berat Volume Tanah Basah (γ)	gram	1,868	1,7671	1,8022	1,8213	1,9158

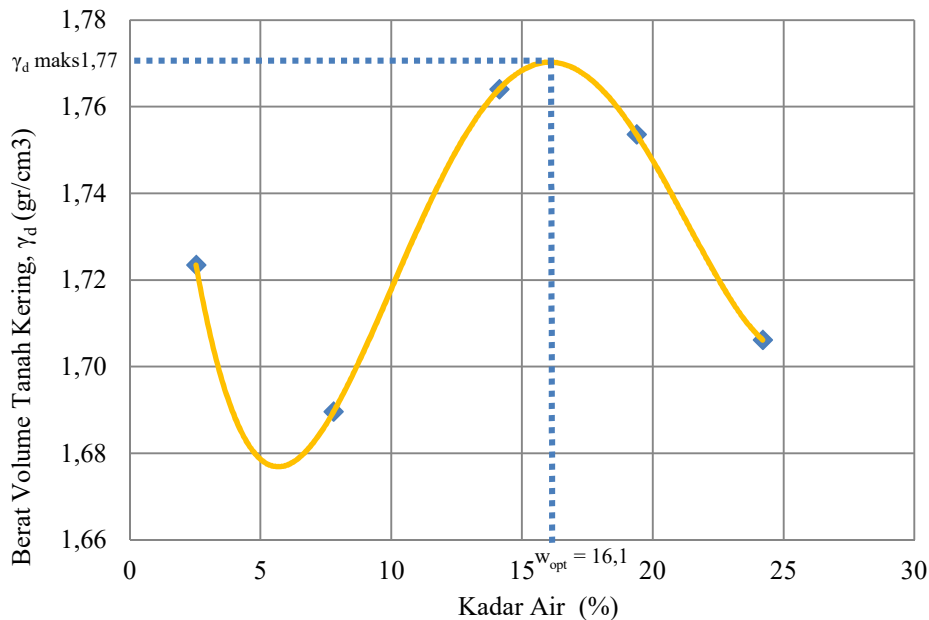
Tabel 5.9 Penambahan Air Pada Sampel Tanah 2

Uraian	Satuan	Sampel 2				
		1	2	3	4	5
Berat sampel	gram	2000	2000	2000	2000	2000
Kadar Air Mula-Mula (w)	%	2,04	2,04	2,04	2,04	2,04
Penambahan Air	ml	100	200	300	400	500
Berat Cetakan + Tanah Basah	gram	3470	3380	3413	3463	3483
Berat Tanah Basah	gram	1759	1669	1702	1752	1773
Berat Volume Tanah Basah (γ)	gram	1,868	1,7724	1,8075	1,8606	1,8829

Hubungan antara berat volume basah (γ) dan berat volume kering (γ_d) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.2). Hasil perhitungan dari kadar air (w) dan berat volume kering (γ_d) dapat dilihat pada Tabel 5.10 dan Tabel 5.11. Grafik hubungan antara kadar air dan berat volume dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.

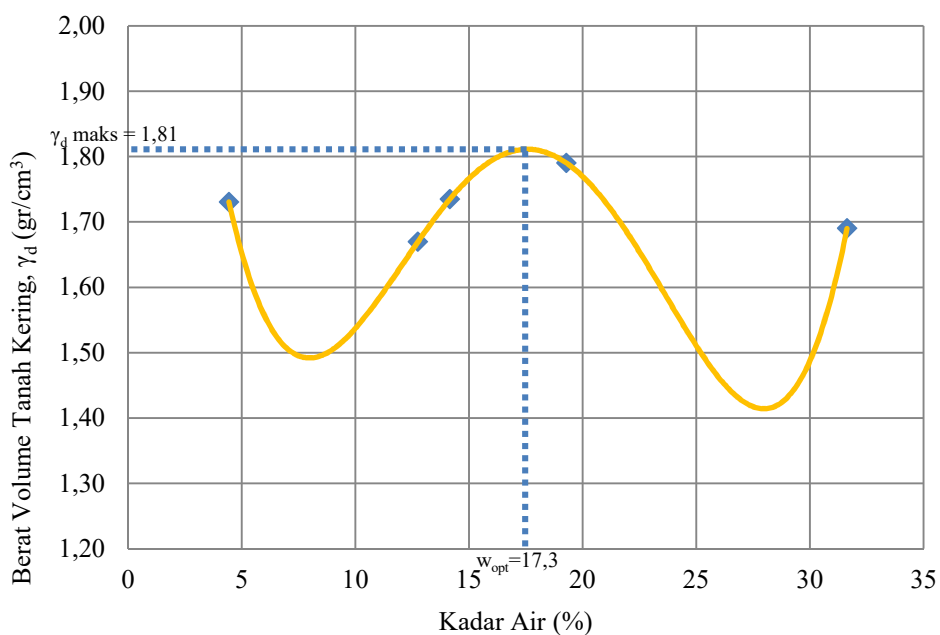
Tabel 5.10 Hasil Pengujian *Proctor Standart* Sampel 1

Uraian	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Berat Cawan (gram)	9,31	9,11	9,24	9,01	6,61	7,75	6,78	7,53	6,54	6,9
Cawan + Tanah Basar (gram)	28,31	29,77	15,42	29,9	25,37	23,51	25,58	25,5	17,85	22,75
Cawan+Tanah Kering (gram)	27,85	29,25	24,22	28,43	23,06	21,55	22,46	22,65	15,62	19,7
Berat Air (gram)	0,46	0,52	1,2	1,47	2,31	1,96	3,12	2,85	2,23	3,05
Berat Tanah Kering (gram)	18,54	20,14	14,98	19,42	16,45	13,8	15,68	15,12	9,08	12,8
Kadar Air (%)	2,481	2,582	8,01	7,569	14,042	14,203	19,897	18,849	24,559	23,828
Kadar Air Rata-Rata (%)	2,531		7,7901		14,1227		19,373		24,193	
Berat Volume Tanah Kering (gram/cm ³)	1,7235		1,689		1,764		1,753		1,706	

**Gambar 5.2 Grafik Hasil Pengujian *Proctor Standart* Sampel 1**

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Proctor Standart Sampel 2

Uraian	1		2		3		4		5	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Berat Cawan (gram)	5,82	5,79	9,31	8,85	9,55	12,82	6,38	12,82	6,67	6,47
Cawan + Tanah Basar (gram)	28,6	18,9	37,41	25,8	19,52	27,43	26,48	24,17	21,01	23
Cawan+Tanah Kering (gram)	27,7	18,3	33,79	24,1	18,1	25,9	23,31	21,26	18,29	18,29
Berat Air (gram)	0,91	0,59	3,62	1,64	1,42	1,53	3,17	2,91	2,72	4,71
Berat Tanah Kering (gram)	21,9	12,5	24,48	15,3	8,55	13,08	16,93	14,67	11,62	11,82
Kadar Air (%)	4,15	4,71	14,787	10,7	16,608	11,69	18,724	19,836	23,407	39,847
Kadar Air Rata-Rata (%)	4,433		12,75		14,153		19,28		31,63	
Berat Volume Tanah Kering (gram/cm ³)	1,730		1,67		1,735		1,790		1,690	

**Gambar 5.3 Grafik Hasil Pengujian Proctor Standart Sampel 2**

Berdasarkan grafik diatas didapatkan berat volume kering maksimum dan kadar air optimum tanah asli. Hasil berat volume kering maksimum dan kadar air optimum dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

Tabel 5.12 Hasil Pengujian *Proctor Standart* Tanah Asli

Uraian	Simbol	Satuan	Sampel 1	Sampel 2	Rata-Rata
Berat Volume Tanah Kering	γ_d	gram/cm ³	1,77	1,81	1,79
Kadar Air Optimum	W_{opt}	%	16,1	17,3	16,7

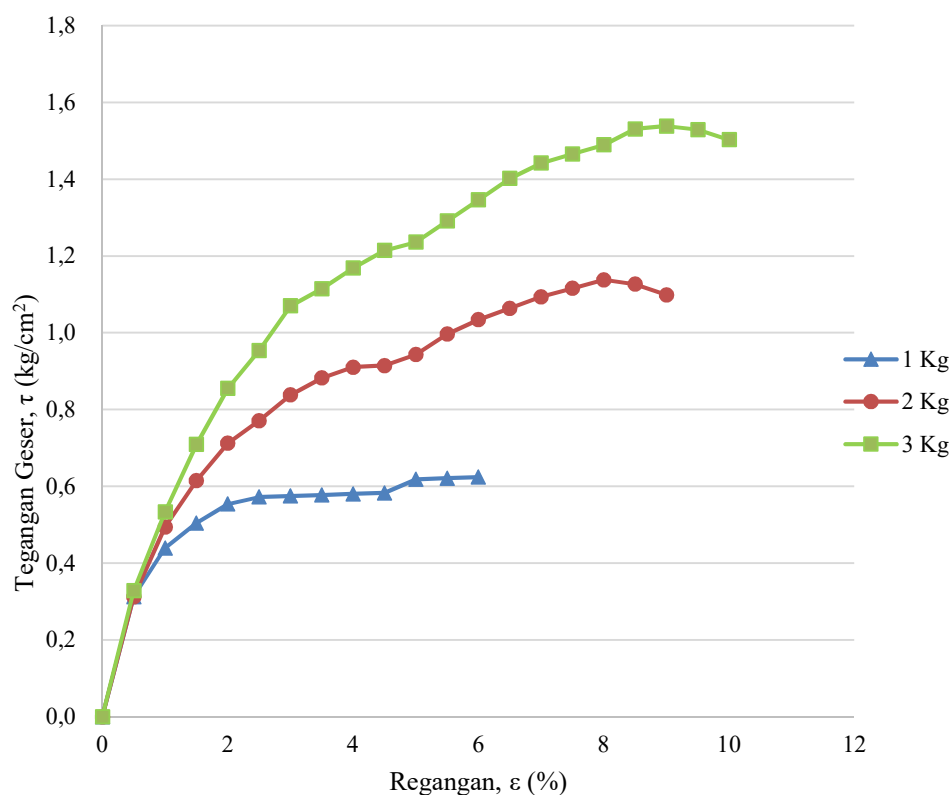
Hasil yang didapatkan dari pengujian *proctor standart* pada sampel tanah asli menunjukkan bahwa nilai berat volume kering dan kadar air optimum sampel tanah yang diambil dari Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta adalah sebesar 1,79 gram/cm³ dan 16,7%.

5.1.6 Pengujian Geser Langsung (*Direct Shear Test*)

Pengujian geser langsung adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui parameter kuat geser tanah. parameter kuat geser tanah yang dimaksud adalah kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Pengujian geser langsung yang dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini terdiri dari pengujian geser tanah asli dan tanah yang telah distabilisasi dengan menggunakan aspal cair *slow curing* SC₆₀₋₇₀. Penambahan aspal cair *slow curing* SC₆₀₋₇₀ yang digunakan adalah sebesar 3%, 5%, dan 7% dari berat kering tanah dengan masa pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Pada penelitian Tugas Akhir ini pengujian geser langsung menggunakan 2 sampel dengan 3 benda uji pada setiap sampel dengan pemberian beban yang berbeda-beda. Beban yang digunakan adalah beban 1kg, 2kg, dan 3kg.

1. Pengujian Geser Langsung Tanah Asli

Berdasarkan data pengujian geser langsung yang dapat dilihat pada Lampiran 6, maka dapat digambarkan grafik hubungan antara tegangan geser dan regangan yang dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut.



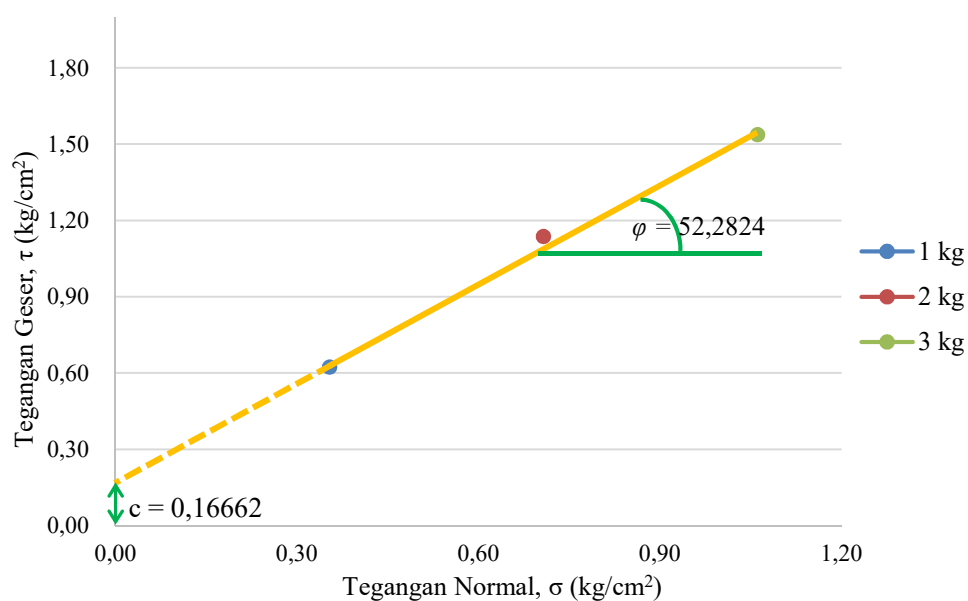
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Antara Tegangan dan Regangan Pada Pengujian Geser Langsung Tanah Asli Sampel 1

Berdasarkan dari grafik hubungan antara tegangan geser dan regangan tanah asli diatas, didapat nilai tegangan normal dan tegangan geser maksimum untuk tiap beban. Hasil nilai dari tegangan normal dan tegangan geser maksimum pada tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Tegangan Normal dan tegangan Geser Maksimum Pada Pengujian Geser Langsung Tanah Asli Sampel 1

Uraian	Simbol	Satuan	Sampel		
			I	II	III
Beban		kg	1	2	3
Tegangan Normal	σ	kg/cm ²	0,354	0,7074	1,0610
Tegangan Geser Maksimum	τ	kg/cm ²	0,624	1,1383	1,5386

Berdasarkan perhitungan dari tabel diatas, maka dapat digambarkan grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser maksimum tanah asli yang kemudian dapat digunakan untuk menentukan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (φ) secara grafis. Grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser tanah asli sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5 Grafik Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli Sampel 1

Berdasarkan grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser maksimum tanah asli diatas, maka diapat diperoleh nilai kohesi dan sudut geser dalam pada tanah asli sampel 1 sebesar $0,16662 \text{ kg/cm}^2$ dan $52,2824^\circ$, untuk perhitungan tanah asli sampel 2 dapat dilakukan seperti perhitungan tanah asli sampel 1 diatas. Hasil pengujian geser langsung tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.14 berikut.

Tabel 5.14 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli

Uji Geser Langsung	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (φ)
	kg/cm ²	°(Degree)
Sampel 1	0,16662	52,2824
Sampel 2	0,20771	54,8172
Rata-Rata	0,18716	53,5498

Hasil dari pengujian geser langsung tanah asli menunjukkan nilai kohesi dan sudut geser dalam dari sampel tanah yang diambil dari Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta berturut-turut adalah 0,18716 kg/cm² dan 53,5498°.

2. Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Lama Pemeraman 1 Hari

Hasil dari pengujian geser langsung tanah asli dengan bahan tambah dan waktu pemeraman 1 hari dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Pemeraman 1 Hari

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (φ)
	kg/cm ²	°(Degree)
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,288	44,762
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,256	39,368
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,125	34,098

3. Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Lama Pemeraman 3 Hari

Hasil dari pengujian geser langsung tanah asli dengan bahan tambah dan waktu pemeraman 3 hari dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Pemeraman 3 Hari

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
	kg/cm ²	°(Degree)
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,337	45,253
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,287	41,874
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,159	35,733

4. Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Lama Pemeraman 7 Hari

Hasil dari pengujian geser langsung tanah asli dengan bahan tambah dan waktu pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17 Hasil Pengujian Geser Langsung Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Pemeraman 7 Hari

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
	kg/cm ²	°(Degree)
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,492	48,908
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,331	44,05
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,184	39,632

5. Rekapitulasi Hasil Pengujian Geser Langsung

Rekapitulasi dari hasil pengujian geser langsung tanah asli dan tanah asli dengan bahan tambah dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian Geser Langsung

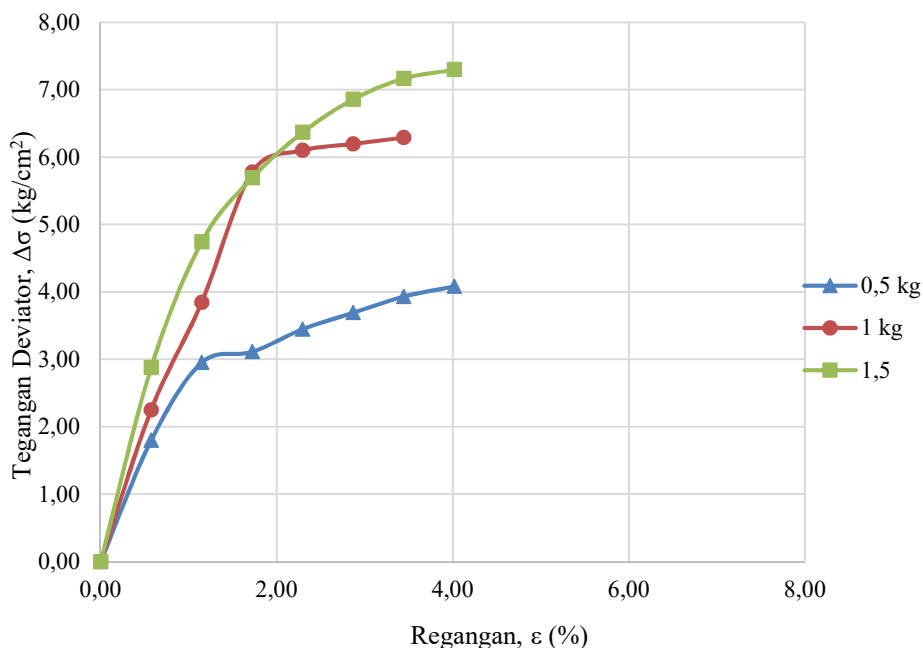
Lama Pemeraman	Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
		Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
		kg/cm ²	°(Degree)
	Tanah Asli	0,187	53,549
1 Hari	Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,288	44,762
	Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,256	39,368
	Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,125	34,098
3 Hari	Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,337	45,253
	Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,287	41,874
	Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,159	35,733
7 Hari	Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,492	48,908
	Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,331	44,05
	Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,184	39,632

5.1.7 Pengujian Triaksial UU (*Triaxial Unconsolidated Undrained*)

Tujuan dari pengujian triaksial UU ini adalah untuk mendapatkan nilai pada parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dengan cara menggambarkan grafik lingkaran Mohr. Pengujian triaksial UU yang dilakukan pada penelitian Tugas Akhir ini menguji tanah asli yang telah distabilisasi dengan menggunakan bahan tambah aspal cair *slow curing* SC₆₀₋₇₀ dengan persentase 3%, 5%, dan 7% dari berat tanah kering dengan lama pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Pengujian ini menggunakan 2 sampel dengan 3 benda uji setiap sampel dengan pemberian 3 tekanan sel yang berbeda-beda, tekanan sel yang digunakan adalah 0,5 kg/cm², 1 kg/cm², dan 1,5 kg/cm².

1. Pengujian Triaksial UU Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Lama Pemeraman 1 Hari

Berdasarkan pengujian dan perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran 10 dapat digambar grafik hubungan antara tegangan dan regangan tanah asli yang telah distabilisasi dengan bahan tambah 3% aspal SC₆₀₋₇₀ sampel 1 seperti pada Gambar 5.6 berikut .



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Pengujian Triaksial UU Tanah Asli + 3% Aspal SC₆₀₋₇₀ Sampel 1

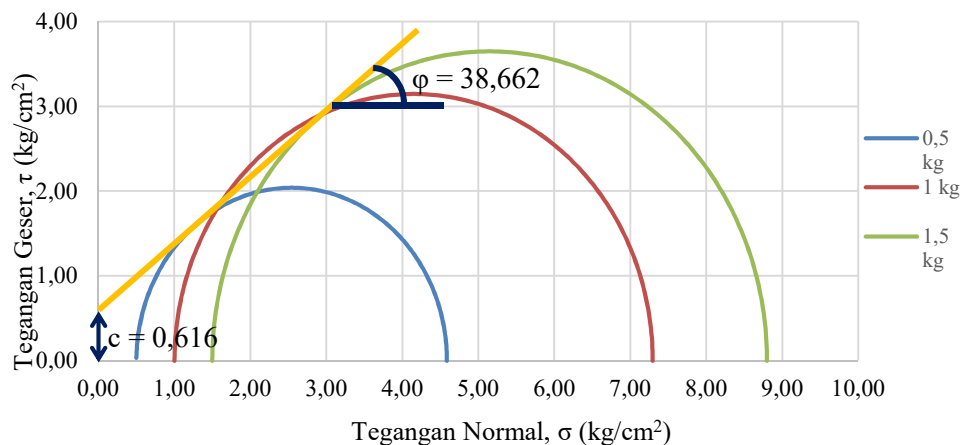
Berdasarkan grafik antara hubungan dan regangan diatas didapatkan nilai tegangan deviator dan tegangan utama untuk setiap tekanan sel. Hasil dari tegangan deviator dan tegangan utama tanah asli + 3% aspal SC₆₀₋₇₀ dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut.

Tabel 5.19 Tegangan Deviator Maksimum dan Tegangan Utama Pengujian Triaksial UU Tanah Asli + 3% Aspal SC₆₀₋₇₀ Sampel 1

Uraian	Simbol	Satuan	Sampel 1		
			I	II	III
Tekanan Sel	σ_3	kg/cm ²	0,5	1	1,5
Tegangan Deviator Maksimum	$\Delta\sigma$	kg/cm ²	4,083	6,293	7,298
Tegangan Utama	σ_1	kg/cm ²	4,583	7,293	8,798

Berdasarkan perhitungan dari tabel diatas maka dapat digambarkan grafik hubungan antara tegangan normal dan tegangan geser tanah asli + 3% aspal SC₆₀₋₇₀ sampel 1 yang digambarkan dengan grafik lingkaran Mohr dan kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut

geser dalam (φ) secara grafis. Grafik lingkaran Mohr tanah asli + 3% aspal SC₆₀₋₇₀ sampel 1 dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Grafik Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli + 3% Aspal SC₆₀₋₇₀ Sampel 1

Berdasarkan grafik lingkaran Mohr tanah asli + 3% aspal SC₆₀₋₇₀ sampel 1 diatas maka didapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam tanah asli + 3% aspal SC₆₀₋₇₀ sampel 1 sebesar 0,616 kg/cm² dan 38,662°. Perhitungan tanah asli dengan bahan tambah dan lama pemeraman 1 hari dapat dilakukan seperti perhitungan diatas. Hasil dari pengujian triaksial UU tanah asli dengan bahan tambah dan lama pemeraman 1 hari dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli + Aspal SC₆₀₋₇₀ dengan Pemeraman 1 Hari

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (φ)
	kg/cm ²	°(Degree)
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,637	38,569
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,472	36,533
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,223	34,454

2. Pengujian Triaksial UU Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Lama
Pemeraman 3 Hari

Hasil dari pengujian triaksial UU tanah asli dengan bahan tambah aspal SC₆₀₋₇₀ dan lama pemeraman 3 hari dapat dilihat pada Tabel 5.21.

**Tabel 5.21 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli + Aspal SC₆₀₋₇₀
dengan Pemeraman 3 Hari**

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (<i>c</i>)	Sudut Geser Dalam (φ)
	kg/cm ²	°(Degree)
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,795	41,527
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,560	38,681
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,385	36,854

3. Pengujian Triaksial UU Tanah Asli dengan Bahan Tambah dan Lama
Pemeraman 7 Hari

Hasil dari pengujian triaksial UU tanah asli dengan bahan tambah aspal SC₆₀₋₇₀ dan lama pemeraman 7 hari dapat dilihat pada Tabel 5.22.

**Tabel 5.22 Hasil Pengujian Triaksial UU Tanah Asli + Aspal SC₆₀₋₇₀
dengan Pemeraman 7 Hari**

Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
	Kohesi (<i>c</i>)	Sudut Geser Dalam (φ)
	kg/cm ²	°(Degree)
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,795	41,527
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,560	38,681
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,385	36,854

4. Rekapitulasi Hasil Pengujian Triaksial UU

Rekapitulasi dari hasil pengujian triaksial UU tanah asli dengan bahan tambah aspal SC₆₀₋₇₀ dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Hasil Pengujian Triaksial UU

Lama Pemeraman	Variasi	Parameter Kuat Geser Tanah	
		Kohesi (c)	Sudut Geser Dalam (ϕ)
		kg/cm ²	°(Degree)
1 Hari	Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,637	38,569
	Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,472	36,533
	Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,233	34,454
3 Hari	Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,795	41,257
	Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,560	38,681
	Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,385	36,854
7 Hari	Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	1,277	44,373
	Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,952	41,608
	Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,490	38,631

5.2. Pembahasan

Pembahasan pada penelitian Tugas Akhir ini membahas mengenai sifat dan karakteristik sampel tanah asli dan tanah yang telah dicampur dengan bahan tambah berupa aspal cair *slow curing* SC₆₀₋₇₀. Sampel tanah yang digunakan adalah sampel tanah yang diambil dari Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

5.2.1 Tanah Asli

1. Sifat Fisik Tanah Asli

Rekapitulasi dari hasil pengujian sifat fisik tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Asli

No	Pengujian	Aspek Tinjau	Simbol	Hasil	Satuan
1	Pengujian Kadar Air	Kadar Air	w	2,04	%
2	Pengujian Berat Volume	Berat Volume	γ_b	1,717	gram/cm ³
3	Pengujian Berat Jenis	Berat Jenis	G_s	2,6637	gram/cm ³
4	Pengujian Distribusi Butiran Tanah	Kerikil		0,361	%
		Pasir		99,064	%
		Lanau		0,575	%
		Lempung		0	%
5	Pengujian <i>Proctor Standart</i>	Kadar Air Optimum	W_{opt}	16,7	%
		Berat Volume Kering Maksimum	γ_d	1,79	gram/cm ³

2. **Klasifikasi Tanah Berdasarkan Analisa Distribusi Butiran Tanah**
 Berdasarkan hasil pengujian analisa distribusi butiran tanah didapatkan presentase kerikil sebesar 0,361%, pasir sebesar 99,064%, lanau sebesar 0,575%, dan lempung 0%, berdasarkan hasil tersebut maka tanah di Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta berjenis pasir dengan sedikit butiran halus.
3. **Klasifikasi Tanah Berdasarkan Metode *Unified Soil Classification System (USCS)***
 Klasifikasi tanah menggunakan metode *USCS* dapat ditentukan menggunakan Tabel 3.2. pada sistem *USCS*, tanah dapat diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar (kerikil dan pasir) apabila kurang dari 50% lolos saringan nomor 200, dan tergolong tanah berbutir halus (lanau atau lempung) jika lebih dari 50% lolos saringan nomor 200. Klasifikasi tanah dengan metode *USCS* dilakukan dengan cara sebagai berikut.
 - a. Berdasarkan hasil dari analisa saringan, sampel tanah asli termasuk dalam divisi utama tanah berbutir kasar 50% atau lebih tertahan saringan nomor 200 dan pasir lebih dari 50% fraksi kasar lolos

saringan nomor 4 , kerikil bersih sedikit ada butiran halus yang dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25 Divisi Utama Tanah Asli Metode USCS

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

- b. Berdasarkan Tabel 3.2 dan Tabel 5.25 terdapat 2 simbol kelompok yang dapat digunakan, yaitu SW dan SP. Syarat yang terdapat pada Tabel 3.2 untuk SW bahwa $C_u > 6$ dan C_c diantara 1 dan 3 maka, sampel tanah asli termasuk kelompok SP yaitu pasir bergradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus. Nama jenis tanah asli dapat dilihat pada Tabel 5.26

Tabel 5.26 Nama Jenis Metode USCS

Simbol Kelompok	Nama Jenis	Kriteria laboratorium
GW	Kerikil gradasi baik dan campuran pasir - kerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 4$, $C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10}d_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk GW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
GP	Kerikil gradasi buruk dan campuran pasir - kerikil, atau tidak mengandung butiran halus	
GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil pasir - lempung	
GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil pasir - lempung	
SW	Pasir gradasi baik, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} > 6$, $C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10}d_{60}}$ antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kriteria untuk SW Batas-batas Atterberg di bawah garis A atau $PI < 4$ Batas-batas Atterberg di atas garis A atau $PI > 7$
SP	Pasir gradasi buruk, pasir berkerikil, sedikit atau tidak mengandung butiran halus	
SM	Pasir berlanau, campuran pasir - lanau	
SC	Pasir berlempung, campuran pasir - lempung	

4. Klasifikasi Tanah Berdasarkan Metode *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*

Klasifikasi tanah berdasarkan metode AASHTO dapat ditentukan menggunakan Tabel 3.1. Berdasarkan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan, sampel tanah yang digunakan memiliki persentase tanah lolos saringan nomor 200 sebesar 0,575%. Klasifikasi tanah berdasarkan metode AASHTO dilakukan dengan cara sebagai berikut.

- a. Berdasarkan hasil dari analisa saringan, sampel tanah asli yang digunakan masuk kedalam klasifikasi umum yaitu material berbutir (<30% lolos saringan nomor 200) dan masuk kedalam klasifikasi kelompok A-3 dikarenakan sampel tanah asli memiliki persentase lolos saringan nomor 200 sebesar 0,575% dan memenuhi syarat klasifikasi kelompok sebesar maksimal 10%.
- b. Berdasarkan sifat fraksi lolos saringan nomor 40, didapatkan bahwa sampel tanah asli adalah non-plastis (NP)
- c. Nilai indeks grup (GI) dapat dihitung berdasarkan Persamaan 3.1. nilai indeks grup dapat ditentukan dengan beberapa parameter yaitu, persentase lolos saringan nomor 200 (0,575%) dan persentase lolos saringan nomor 40 (89,527%), batas cair (0), indeks plastisitas (non-plastis). Perhitungan nilai indeks grup sampel tanah asli adalah sebagai berikut.

$$GI = (F - 35)[0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F - 15)(PI - 10)$$

$$GI = (0,575 - 35)[0,2 + 0,005(0-40)] + 0,01(0,575 - 15)(0 - 10)$$

$$GI = 0$$

- d. Berdasarkan perhitungan diatas, maka sampel tanah asli di Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta termasuk dalam kelompok A-3 (0) mempunyai tipe material pasir halus sangat baik sekali sampai baik.

Hasil klasifikasi tanah menggunakan metode AASHTO dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27 Hasil Klasifikasi Tanah Metode AASHTO

Klasifikasi umum	Material granuler ($< 35\%$ lolos saringan No.200)							Tanah-tanah lanau-lempung ($> 35\%$ lolos saringan No. 200)			
Klasifikasi kelompok	A-1			A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b	A-3	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			

5. Sifat Mekanik Tanah Asli

Sifat mekanik tanah yang ditinjau dalam penelitian Tugas Akhir ini adalah parameter kuat geser tanah yaitu nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ). Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kohesi dan sudut geser dalam adalah dengan melakukan pengujian geser langsung dan pengujian triaksial UU. Berdasarkan hasil pegujian terhadap parameter kuat geser tanah, sampel tanah di Pantai Depok, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki nilai kohesi sebesar $0,187 \text{ kg/cm}^2$ dan sudut geser dalam sebesar $53,549^\circ$ dengan pengujian geser langsung.

5.2.2 Tanah Asli dengan Bahan Tambah Aspal SC₆₀₋₇₀

Penelitian Tugas Akhir ini mengamati pengaruh penambahan bahan tambah berupa aspal cair *slow curing* SC₆₀₋₇₀ terhadap parameter kuat geser tanah yaitu kohesi dan sudut geser dalam.

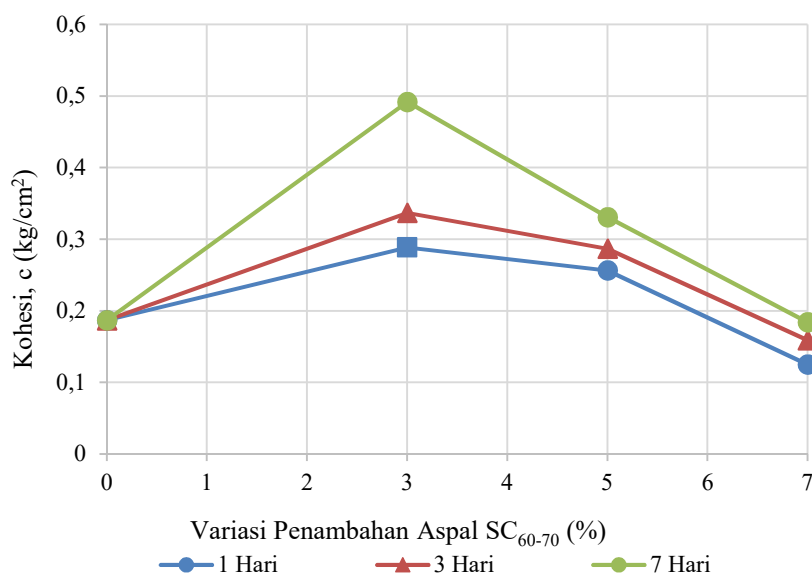
1. Kohesi (c)

a. Pengujian Geser Langsung

Hasil dari pengujian geser langsung dengan penambahan aspal cair SC₆₀₋₇₀ terhadap nilai kohesi dapat dilihat pada Tabel 5.28, Tabel 5.29, Gambar 5.8 dan Gambar 5.9 berikut.

Tabel 5.28 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Geser Langsung

Variasi	Kohesi (c)		
	Kg/cm ²		
	Pemeraman (Hari)		
	1	3	7
Tanah Asli	0,187	0,187	0,187
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,289	0,337	0,492
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,257	0,287	0,331
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,125	0,159	0,184

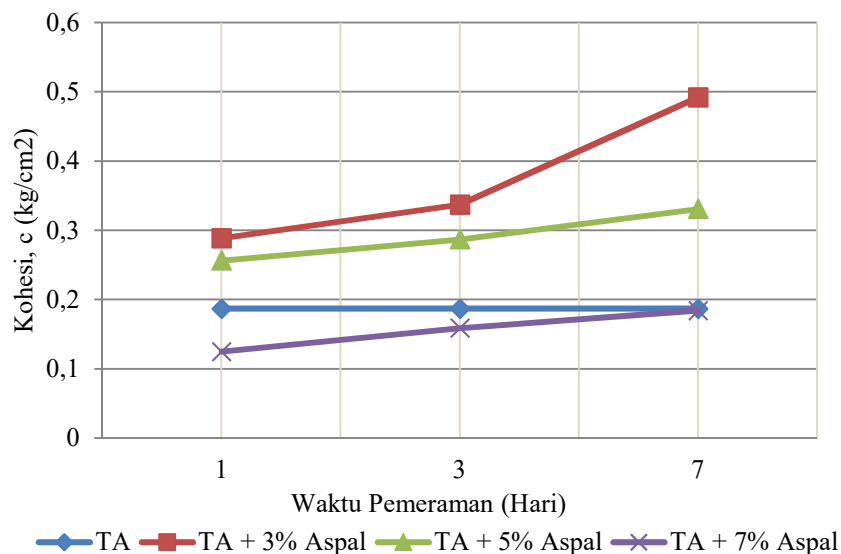


Gambar 5.8 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Geser Langsung

Berdasarkan grafik diatas, penambahan persentase aspal SC₆₀₋₇₀ dapat meningkatkan kohesi pada sampel tanah yang mengandung 3% aspal SC₆₀₋₇₀ beriringan dengan lamanya waktu pemeraman. Peningkatan kohesi tertinggi terjadi pada variasi sampel dengan penambahan 3% aspal SC₆₀₋₇₀ dengan lama pemeraman 7 hari sebesar 163,05% dari kohesi tanah asli sebesar 0,187 kg/cm² menjadi 0,492 kg/cm². Penurunan nilai kohesi terbesar terjadi pada variasi sampel dengan penambahan 7% aspal SC₆₀₋₇₀ dengan lama pemeraman 1 hari sebesar 33,2% dari kohesi tanah asli sebesar 0,187 kg/cm² menjadi 0,125 kg/cm². Penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ 3% meningkatkan kohesi sebesar 54,3%, 80,24%, dan 163,05% dari kohesi tanah asli pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ 5% meningkatkan kohesi sebesar 37,19%, 53,45%, dan 76,93% dari kohesi tanah asli pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ 7% menurunkan kohesi sebesar 33,2%, 15%, dan 1,6% dari kohesi tanah asli pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Tabel 5.29 Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian geser Langsung

Pemeraman	Kohesi			
	kg/cm ²			
	Variasi			
Hari	Tanah Asli	Tanah Asli+ 3% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 5% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 7% aspal SC ₆₀₋₇₀
1	0,187	0,289	0,257	0,125
3	0,187	0,337	0,331	0,159
7	0,187	0,492	0,331	0,184



Gambar 5.9 Grafik Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Geser Langsung

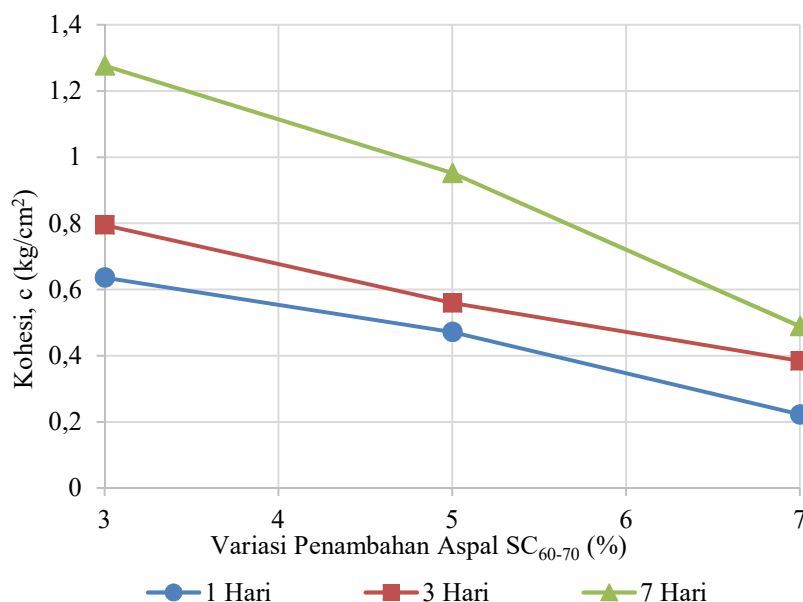
Berdasarkan grafik diatas, pengaruh waktu pemeraman dapat meningkatkan nilai kohesi sampel tanah. Peningkatan nilai kohesi dialami oleh variasi sampel tanah yang telah ditambahkan dengan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ sebanyak 3% dan 5%. Penuruna nilai kohesi terjadi pada variasi penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ sebanyak 7%. Secara keseluruhan, waktu pemeraman selama 7 hari memberikan peningkatan nilai kohesi yang cukup berarti.

b. Pengujian Triaksial UU

Hasil dari pengujian triaksial UU dengan penambahan aspal cair SC₆₀₋₇₀ terhadap nilai kohesi dapat dilihat pada Tabel 5.30, Tabel 5.31, Gambar 5.10, dan Gambar 5.11.

Tabel 5.30 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Triaksial UU

Variasi	Kohesi (c)		
	kg/cm ²		
	Pemeraman (Hari)		
	1	3	7
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,637	0,795	1,277
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,472	0,560	0,952
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	0,223	0,385	0,490



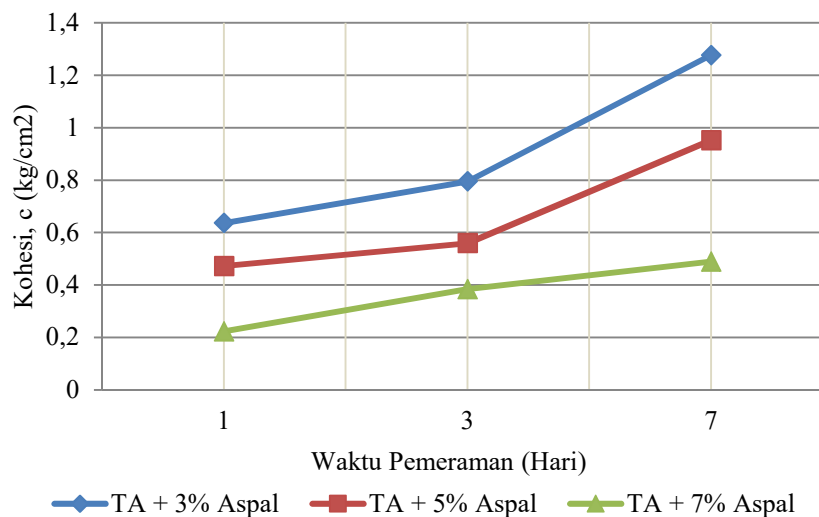
Gambar 5.10 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Triaksial UU

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kohesi tertinggi terdapat pada persentase penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ sebanyak 3% dan pemeraman selama 7 hari yaitu sebesar 1,277 kg/cm². Penurunan nilai kohesi terbesar terdapat pada penambahan 7% aspal SC₆₀₋₇₀ dan lama pemeraman 1 hari yaitu sebesar 0,223 kg/cm². Penambahan 5% aspal SC₆₀₋₇₀ pada tanah asli menurunkan nilai kohesi sebesar 25,8%, 29,6%, dan 25,4% dari nilai kohesi penambahan 3% aspal SC₆₀₋₇₀ pada tanah asli dengan lama

pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari. Penambahan 7% aspal SC₆₀₋₇₀ pada tanah asli menurunkan nilai kohesi sebesar 65%, 51,7%, dan 61,7% dari nilai kohesi penambahan 3% aspal SC₆₀₋₇₀ dengan lama pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari.

Tabel 5.31 Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Triaksial UU

Pemeraman	Kohesi (c)		
	kg/cm ²		
	Variasi		
Hari	Tanah Asli+ 3% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 5% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 7% aspal SC ₆₀₋₇₀
1	0,637	0,472	0,223
3	0,795	0,560	0,385
7	1,277	0,952	0,490



Gambar 5.11 Grafik Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Kohesi Pada Pengujian Triaksial UU

Berdasarkan grafik diatas, pengaruh lama waktu pemeraman dapat meningkatkan nilai kohesi sampel tanah. peningkatan nilai kohesi yang cukup berarti terdapat pada lama pemeraman 7 hari. Peningkatan nilai kohesi terhadap lama waktu pemeraman terjadi pada setiap campuran persentase kadar aspal SC₆₀₋₇₀ dengan tanah asli yaitu sebanyak 3%, 5%, dan 7%.

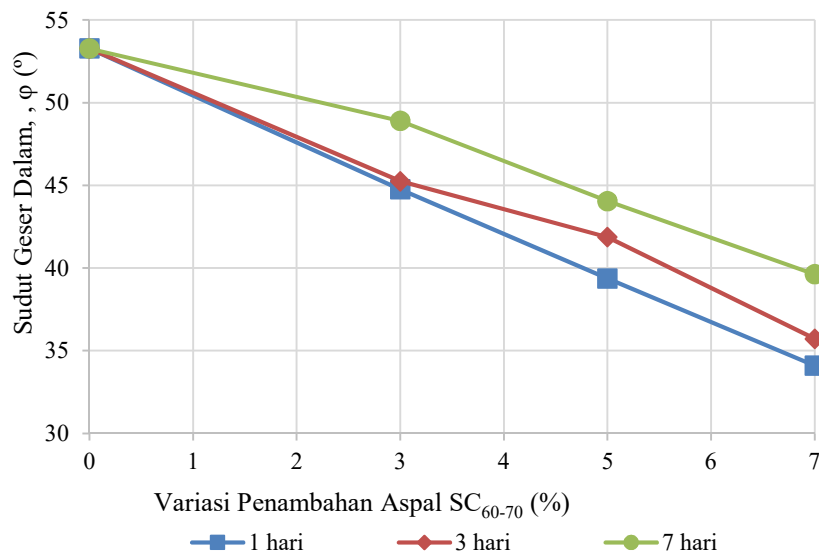
Hasil dari pengujian triaksial UU memberikan hasil yang berbeda dengan hasil pengujian geser langsung. Hal tersebut dapat dilihat dari perbedaan nilai kohesi yang cukup signifikan dihasilkan dari kedua pengujian tersebut.

2. Sudut Geser Dalam (ϕ)
 - a. Pengujian Geser Langsung

Hasil dari pengujian geser langsung dengan bahan tambah aspal SC₆₀₋₇₀ terhadap nilai sudut geser dalam dapat dilihat pada Tabel 5.32, Tabel 5.33, Gambar 5.12, dan Gambar 5.13.

Tabel 5.32 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Geser Langsung

Variasi	Sudut Geser Dalam (ϕ)		
	<i>Degree (°)</i>		
	Pemeraman (Hari)		
	1	3	7
Tanah Asli	53,282	53,282	53,282
Tanah Asli + 3% Aspal SC ₆₀₋₇₀	44,762	45,253	48,909
Tanah Asli + 5% Aspal SC ₆₀₋₇₀	39,369	41,874	44,05
Tanah Asli + 7% Aspal SC ₆₀₋₇₀	34,099	35,733	39,633



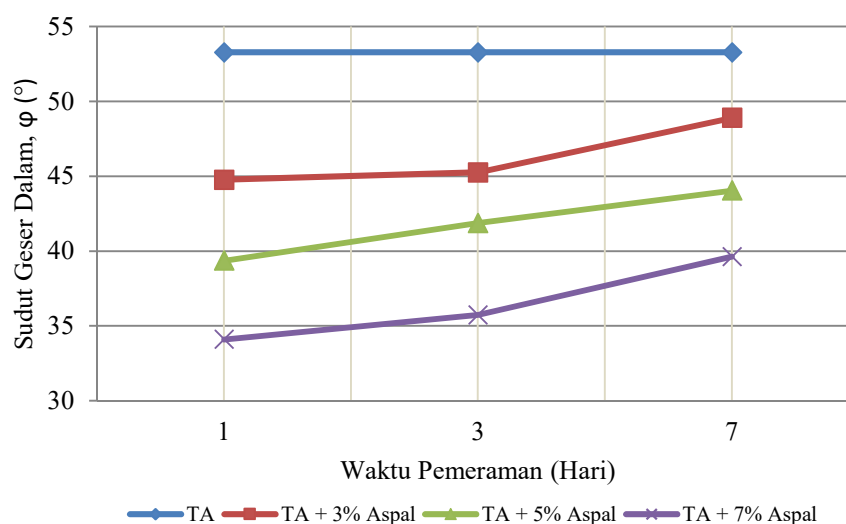
Gambar 5.12 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Geser Langsung

Berdasarkan grafik diatas, penambahan persentase aspal SC₆₀₋₇₀ dapat menurunkan nilai sudut geser dalam pada sampel tanah yang mengandung 3% aspal SC₆₀₋₇₀ sesuai dengan lama pemeramannya. Penurunan nilai sudut geser dalam terbesar terdapat pada variasi dengan campuran 7% aspal SC₆₀₋₇₀ dan lama pemeraman 1 hari yaitu sebesar 36% dari nilai sudut geser dalam tanah asli sebesar 53,282° menjadi 34,099°. Penurunan nilai sudut geser dalam terendah terdapat pada variasi dengan campuran 3% dan lama pemeraman 7 hari yaitu sebesar 8,2% dari nilai sudut geser dalam tanah asli sebesar 53,282° menjadi 48,909°. Penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ sebanyak 3% menurunkan nilai sudut geser dalam sebesar 15,99%, 15,06%, dan 8,2% pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari yaitu 44,762°, 45,253°, dan 48,909°. Penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀ sebanyak 5% menurunkan nilai sudut geser dalam sebesar 26,11%, 21,41%, dan 17,32% pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari yaitu 39,369°, 41,874°, dan 44,05°. Penambahan kadar aspal SC₆₀₋₇₀

sebanyak 7% menurunkan nilai sudut geser dalam sebesar 36%, 32,93%, 25,61% pada pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari yaitu 34,099°, 35,733°, dan 39,633°. Penurunan nilai sudut geser dalam pada penambahan aspal cair pada tanah asli dapat disebabkan oleh banyaknya aspal yang melapisi partikel butiran tanah sehingga berkurangnya gaya tarik antar partikel butiran tanah.

Tabel 5.33 Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Geser Langsung

Pemeraman	Sudut Geser Dalam (ϕ)			
	Degree (°)			
	Variasi			
Hari	Tanah Asli	Tanah Asli+ 3% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 5% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 7% aspal SC ₆₀₋₇₀
1	53,282	44,762	39,369	34,099
3	53,282	45,253	41,874	35,733
7	53,282	48,909	44,050	39,633



Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Geser Langsung

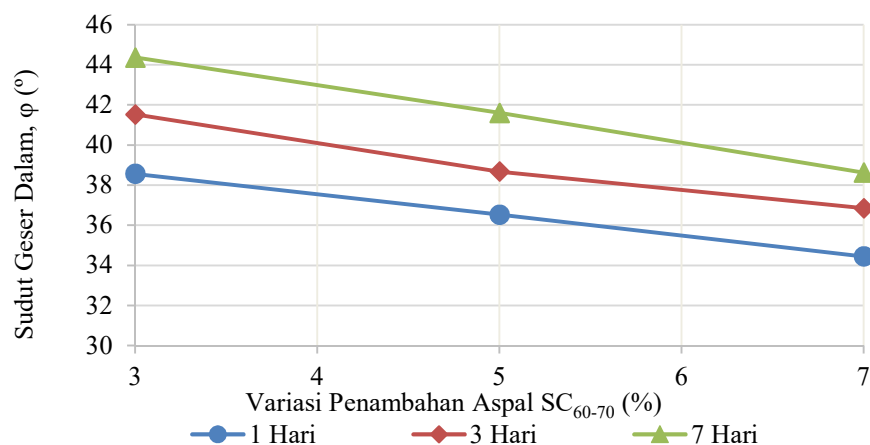
Berdasarkan grafik diatas, pengaruh pemeraman dapat meningkatkan nilai sudut geser dalam pada sampel tanah. Nilai sudut geser dalam terbesar terdapat pada sampel tanah asli yaitu sebesar $53,282^\circ$, sedangkan nilai sudut geser dalam terkecil terdapat pada variasi penambahan aspal sebanyak 7% dan lama pemeraman 1 hari yaitu $34,099^\circ$. Peningkatan nilai sudut geser dalam dialami oleh seluruh variasi penamabahan bahan tambah pada semua waktu pemeraman.

b. Pengujian Triaksial UU

Hasil dari pengujian triaksial UU dengan bahan tambah aspal SC_{60-70} terhadap nilai sudut geser dalam dapat dilihat pada Tabel 5.34, Tabel 5.35, Gambar 5.14, dan Gambar 5.15.

Tabel 5.34 Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Triaksial UU

Variasi	Sudut Geser Dalam (φ)		
	Degree ($^\circ$)		
	Pemeraman (Hari)		
	1	3	7
Tanah Asli + 3% Aspal SC_{60-70}	38,569	41,527	44,373
Tanah Asli + 5% Aspal SC_{60-70}	36,533	38,681	41,608
Tanah Asli + 7% Aspal SC_{60-70}	34,454	36,854	38,631

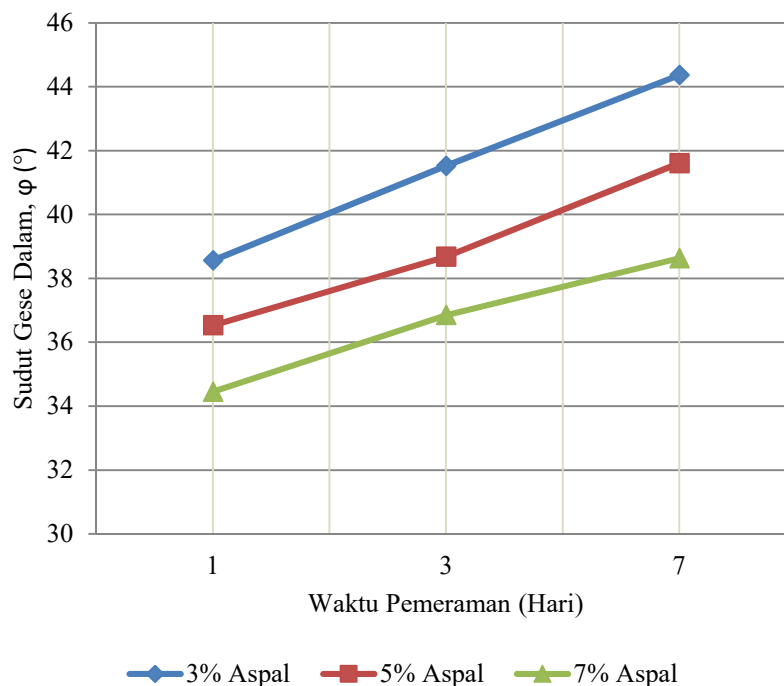


Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Triaksial UU

Berdasarkan grafik diatas, nilai sudut geser dalam terbesar terdapat pada variasi penambahan 3% aspal SC₆₀₋₇₀ dengan lama pemeraman 7 Hari yaitu sebesar 44,373°. Penurunan nilai sudut geser dalam terbesar terdapat pada variasi penambahan 7% aspal SC₆₀₋₇₀ dengan lama pemeraman 1 hari yaitu sebesar 34,454°. Penambahan 5% aspal SC₆₀₋₇₀ pada tanah asli menurunkan nilai sudut geser dalam sebesar 5,27%, 6,85%, dan 6,23% dari nilai sudut geser dalam pada penambahan 3% aspal SC₆₀₋₇₀ pada tanah asli dengan lama pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari yaitu 36,533°, 38,681°, dan 41,608°. Penambahan 7% aspal SC₆₀₋₇₀ pada tanah asli menurunkan nilai sudut geser dalam sebesar 10,67%, 11,25%, dan 12,93% dari nilai sudut geser dalam penambahan 3% aspal SC₆₀₋₇₀ pada tanah asli dengan lama pemeraman 1 hari, 3 hari, dan 7 hari yaitu 34,454°, 36,854°, 38,631°.

Tabel 5.35 Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Triaksial UU

Pemeraman	Sudut Geser Dalam (ϕ)		
	Degree (°)		
	Variasi		
Hari	Tanah Asli+ 3% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 5% aspal SC ₆₀₋₇₀	Tanah Asli+ 7% aspal SC ₆₀₋₇₀
1	38,569	36,533	34,454
3	41,527	38,681	36,854
7	44,373	41,608	38,631



Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Waktu Pemeraman Terhadap Nilai Sudut Geser Dalam Pada Pengujian Triaksial UU

Berdasarkan grafik diatas, pengaruh waktu pemeraman dapat meningkatkan sudut geser dalam pada sampel tanah. Nilai sudut geser dalam terbesar terdapat pada variasi penambahan kadar aspal sebanyak 3% dan lama pemeraman 7 hari yaitu $44,373^\circ$, sedangkan nilai sudut geser dalam terkecil terdapat pada variasi penambahan kadar aspal sebanyak 7% dan lama pemeraman 1 hari yaitu $34,454^\circ$. Peningkatan sudut geser dalam dialami oleh setiap variasi penambahan aspal SC_{60-70} berbanding lurus dengan waktu pemeraman.

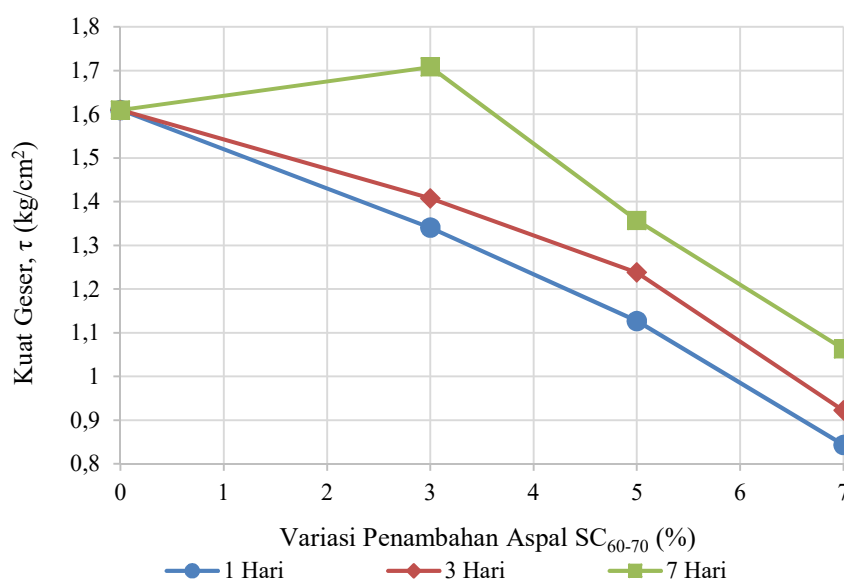
3. Nilai Kuat Geser Tanah (τ)

a. Pengujian Geser Langsung

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 5.36 Gambar 5.16.

Tabel 5.36 Nilai Kuat Geser Pada Pengujian Geser Langsung

Variasi	Kuat Geser, kg/cm ² (τ)		
	Pemeraman (Hari)		
	1	3	7
TA	1,610	1,610	1,610
TA+3% Aspal	1,341	1,408	1,709
TA+5% Aspal	1,127	1,238	1,357
TA+7% Aspal	0,844	0,922	1,063



Gambar 5.16 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 3% kadar aspal SC₆₀₋₇₀ dengan lama pemeraman 7 hari yaitu sebesar 1,709 kg/cm². Nilai kuat geser meningkat sebesar 6,149% dari nilai kuat geser tanah asli. Penurunan nilai kuat geser terbesar berada pada variasi penambahan 7% aspal pada pemeraman 1 hari sebesar 47,577% dari kuat geser tanah asli yaitu 0,844 kg/cm². Penurunan nilai kuat geser terendah terdapat pada variasi penambahan 5% aspal dengan lama pemeraman 7 hari sebesar 15,697% dari nilai kuat geser tanah asli yaitu 1,357 kg/cm². Nilai kuat geser pada variasi penambahan kadar aspal 3%,

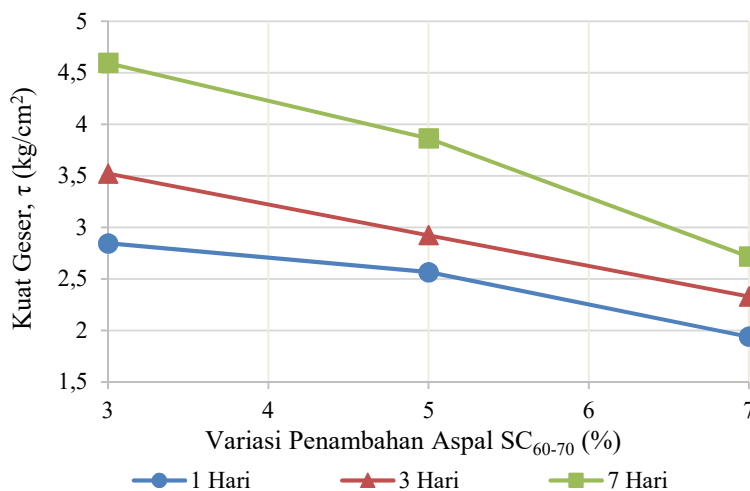
5%, dan 7% dengan lama pemeraman 1 hari adalah sebesar 1,341 kg/cm², 1,127 kg/cm², dan 0,844 kg/cm². Nilai kuat geser pada variasi penambahan kadar aspal sebanyak 3%, 5%, dan 7% pada lama pemeraman 3 hari adalah sebesar 1,408 kg/cm², 1,238 kg/cm², dan 0,922 kg/cm². Nilai kuat geser pada variasi penambahan kadar aspal sebanyak 3%, 5%, dan 7% adalah sebesar 1,709 kg/cm², 1,357 kg/cm², dan 1,063 kg/cm². 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.

b. Pengujian Triaksial UU

Berdasarkan pegujian triaksial UU yang telah dilakukan, nilai kuat geser tanah pada pengujian triaksial UU dapat dihitung dengan Persamaan 3.4 dan dapat dilihat pada Tabel 5.37 dan Gambar 5.17 berikut.

Tabel 5.37 Nilai Kuat Geser Tanah Pada Pengujian Triaksial UU

Variasi	Kuat Geser, kg/cm ² (τ)		
	Pemeraman (Hari)		
	1	3	7
TA+3% Aspal	2,845	3,523	4,595
TA+5% Aspal	2,566	2,924	3,864
TA+7% Aspal	1,940	2,329	2,716

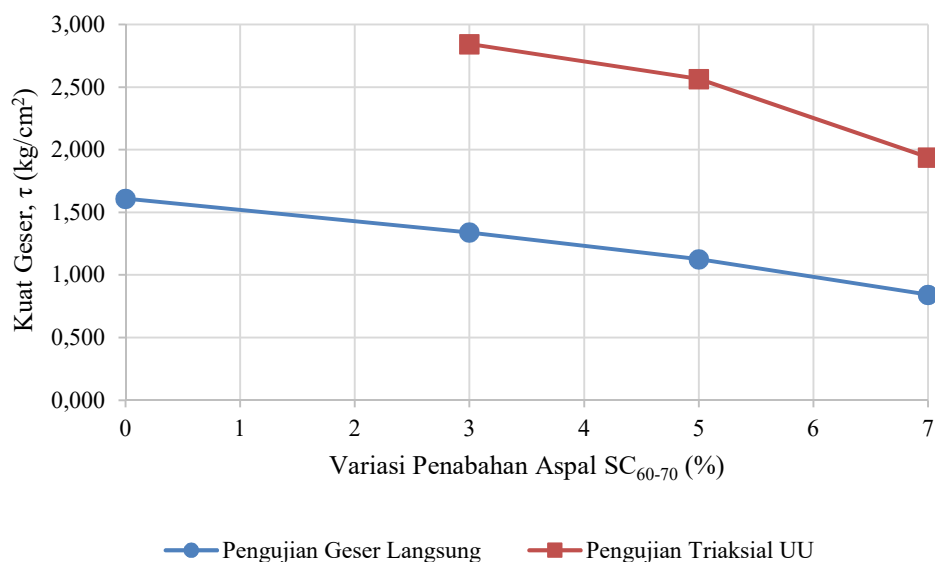


Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Variasi Bahan Tambah

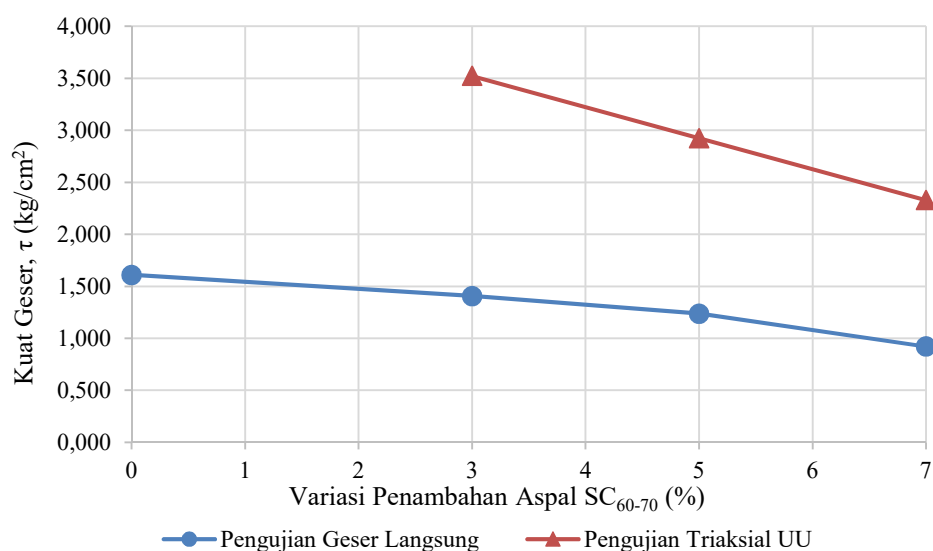
Terhadap Nilai Kuat Geser Tanah Pada Pengujian Triaksial UU

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa penurunan nilai kuat geser tanah terbesar terdapat pada variasi penambahan kadar aspal sebanyak 7% pada pemeraman 1 hari sebesar 57,772% dari nilai kuat geser tanah yang telah ditambah dengan 3% kadar aspal dengan pemeraman 7 hari yaitu 1,940 kg/cm². Penurunan nilai kuat geser tanah terendah yaitu terdapat pada variasi penambahan 3% kadar aspal dengan lama pemeraman 3 hari yaitu 23,333% dari nilai kuat geser tanah dengan 3% kadar aspal dan lama pemeraman 7 hari sebesar 3,523 kg/cm². Nilai kuat geser tanah dengan penambahan 3%, 5%, dan 7% kadar aspal dan lama pemeraman 1 hari adalah sebesar 2,845 kg/cm², 2,566 kg/cm², dan 1,940 kg/cm². Nilai kuat geser tanah dengan penambahan 3%, 5%, dan 7% kadar aspal dan lama pemeraman 3 hari adalah sebesar 3,523 kg/cm², 2,924 kg/cm², dan 2,329 kg/cm². Nilai kuat geser tanah dengan penambahan 3%, 5%, dan 7% kadar aspal dan lama pemeraman 7 hari adalah sebesar 4.595 kg/cm², 3,864 kg/cm², dan 2,716 kg/cm². Berdasarkan hasil diatas, dapat disimpulkan bahwa penambahan kadar aspal sebanyak 5% dan 7% dapat menurunkan nilai kuat geser tanah.

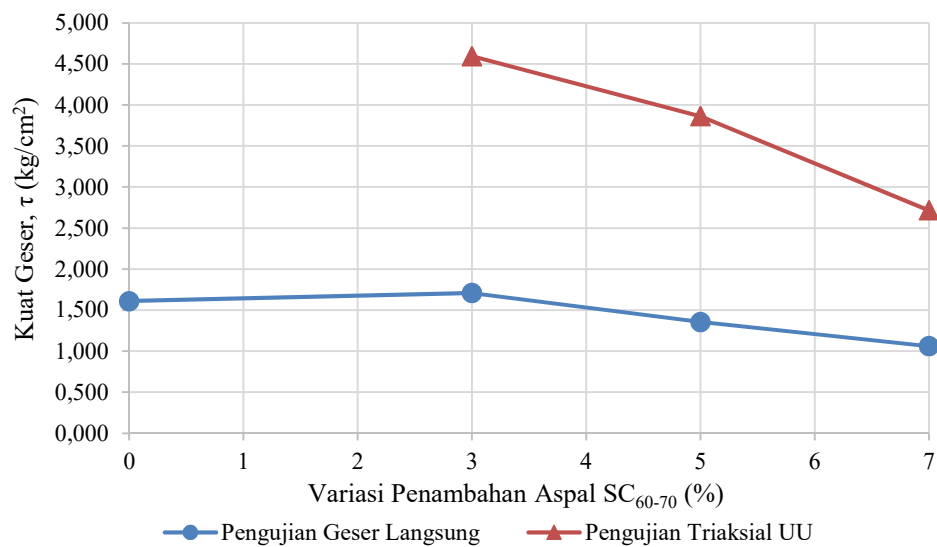
Perbandingan hasil nilai kuat geser tanah berdasarkan pengujian triaksial UU dan pengujian geser langsung dapat dilihat pada Gambar 5.18, Gambar 5.19, dan Gambar 5.20 berikut.



Gambar 5.18 Perbandingan Nilai Kuat Geser Tanah Pada Pengujian Triaksial UU dan Pengujian Geser Langsung dengan Lama Pemeraman 1 Hari



Gambar 5.19 Perbandingan Nilai Kuat Geser Tanah Pada Pengujian Triaksial UU dan Pengujian Geser Langsung dengan Lama Pemeraman 3 Hari



Gambar 5.20 Perbandingan Nilai Kuat Geser Tanah Pada Pengujian Triaksial UU dan Pengujian Geser Langsung dengan Lama Pemeraman 7 Hari