

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Sifat Fisik Tanah Gambut

Pengujian sifat fisik tanah gambut adalah pengujian yang diuji langsung di laboratorium. Pengujian sifat fisik tanah gambut dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

5.1.1 Hasil Pengujian Sifat Fisik Tanah Gambut

1. Hasil Pengujian Kadar Air

Kadar air tanah adalah perbandingan berat air dengan berat kering tanah sehingga jika berat kering tanah semakin besar maka akan menghasilkan jumlah kadar air yang semakin kecil. Kadar air tanah gambut akan mencapai 100%-1300%. Hasil pengujian kadar air tanah gambut dapat dilihat pada Tabel 5.1. Perhitungan sampel 1 adalah sebagai berikut.

Diketahui :

$$W_1 = 22,47 \text{ gr}$$

$$W_2 = 48,81 \text{ gr}$$

$$W_3 = 27,21 \text{ gr}$$

$$w = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$$

$$w = \frac{48,81 - 27,21}{27,21 - 22,47} \times 100\%$$

$$w = 455,70 \%$$

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Gambut Asli

1	Pengujian			I	II
2	Berat Countainer	W_1	gr	22,47	21,7
3	Berat Countainer + tanah basah	W_2	gr	48,81	66,18
4	Berat Countainer + tanah kering	W_3	gr	27,21	29,77

Lanjutan Tabel 5.1 Hasil Pengujian Kadar Air Tanah Gambut Asli

5	Berat air	W_w	gr	21,60	36,41
6	Berat tanah kering	W_s	gr	4,74	8,07
7	Kadar air	w	%	455,70	451,18
8	Kadar air rata-rata	w	%	453,44	

Berdasarkan Persamaan 3.1 hasil pengujian kadar air tanah gambut asli pada daerah Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau adalah sebesar 453,44%.

2. Hasil Pengujian Berat Jenis

Berat jenis tanah adalah perbandingan berat butiran tanah dengan air destilasi diudara dengan volume yang sama pada temperatur tertentu. Temperatur yang digunakan adalah 27,5°C. Hasil pengujian berat jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 5.2. Perhitungan berat jenis tanah (G_s) sampel 1 adalah sebagai berikut.

Diketahui :

$$W_1 = 37,04 \text{ gr}$$

$$W_2 = 45,56 \text{ gr}$$

$$W_3 = 142,51 \text{ gr}$$

$$W_4 = 141,48 \text{ gr}$$

$$G_s(t) = \frac{W_2 - W_1}{(W_4 - W_1) - (W_3 - W_2)}$$

$$G_s(t) = \frac{45,56 - 37,04}{(141,48 - 37,04) - (142,51 - 45,56)}$$

$$G_s(t) = 1,1375$$

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Gambut Asli

No	Pengujian			I	II
1	Berat piknometer	W_1	gr	37,04	39,70
2	Berat piknometer + tanah kering	W_2	gr	45,56	49,61
3	Berat piknometer + tanah + air penuh	W_3	gr	142,51	147,09

Lanjutan Tabel 5.2 Hasil Pengujian Berat Jenis Tanah Gambut Asli

4	Berat piknometer + air penuh	W4	gr	141,48	143,50
5	Suhu air		°C	27,5	27,5
6	γ_w pada suhu ($t^\circ\text{C} = 27,5^\circ\text{C}$)		gr/cm^3	0,9964	0,9964
7	γ_w pada suhu ($27,5^\circ\text{C}$)		gr/cm^3	0,9964	0,9964
8	Berat tanah kering	Ws	gr	8,52	9,91
9	$A = W_s + W_4$		gr	150	153,41
10	$I = A - W_3$		gr	7,49	6,32
11	Berat jenis tanah pada suhu $t^\circ\text{C}$	Gs		1,1375	1,5680
12	Berat jenis tanah pada suhu $t^\circ\text{C}$	Gs		1,1375	1,5680
13	Berat jenis tanah rata-rata	Gs		1,3528	

Berdasarkan Persamaan 3.2 hasil pengujian berat jenis tanah gambut asli pada daerah Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau adalah sebesar 1,3528, hasil tersebut menunjukkan bahwa berat jenis gambut sesuai dengan yang ada pada Tabel 3.3 karena berada diantara 1,25-1,80.

3. Hasil Pengujian Berat Volume

Berat volume tanah adalah nilai perbandingan berat tanah total termasuk air yang terkandung didalamnya dengan volume tanah total. Hasil pengujian berat volume tanah dapat dilihat pada Tabel 5.3. Perhitungan berat volume sampel 1 adalah sebagai berikut.

Diketahui :

$$W_1 = 49,2 \text{ gr}$$

$$W_2 = 106,79 \text{ gr}$$

$$V = 56,55 \text{ cm}^3$$

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

$$\gamma = \frac{106,79 - 49,2}{56,55}$$

$$\gamma = 1,02$$

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Berat Volume Tanah Gambut Asli

No	Pengujian			I	II
1	Diameter ring	d	cm	6	6
2	Tinggi ring	t	cm	2	2
3	Volume ring	V	cm ³	56,55	56,55
4	Berat ring	W ₁	gr	49,2	49,2
5	Berat ring + tanah basah	W ₂	gr	106,79	102,79
6	Berat tanah basah	W ₃	gr	57,59	53,59
7	Berat volume tanah	γ	gr/ cm ³	1,02	0,95
8	Berat volume tanah rata-rata	γ	gr/ cm ³	0,98	

Berdasarkan Persamaan 3.3 hasil pengujian berat volume tanah gambut asli pada daerah Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau adalah sebesar 0,98 gr/ cm³.

4. Hasil Pengujian Angka Pori

Pada tanah gambut besarnya nilai angka pori berkisar antara 5-15. Akan tetapi, pada tanah gambut berserat angka pori akan jauh lebih besar dan nilai angka pori yang lebih kecil untuk gambut yang tidak berserat nilai angka porinya berkisar 2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka akan didapatkan nilai angka pori dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Berat isi } (\gamma_{\text{Unsat}}) = 0,98 \text{ gr/ cm}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Berat isi kering } (\gamma_d) &= \frac{\gamma_{\text{Unsat}}}{1+w} \\ &= \frac{0,98}{1+4,5344} \\ &= 0,17707 \text{ gr/ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Angka pori (e)} &= \frac{G_s}{\gamma_d} - 1 \\ &= \frac{1,3528}{0,17707} - 1 \\ &= 6,6399 \end{aligned}$$

Berdasarkan Persamaan 3.4 didapatkan nilai angka pori tanah gambut daerah Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau sebesar 6,6399. Nilai angka pori yang tinggi menunjukkan tingginya kandungan serat pada tanah gambut. Kandungan serat yang tinggi akan menimbulkan sifat fisik yang kurang baik yaitu akan menyebabkan daya dukung rendah serta pemampatan yang besar.

5. Hasil Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan tanah dilakukan untuk menentukan kadar air tanah optimum dan kepadatan maksimum dari sampel tanah. Pengujian dilakukan dengan penambahan variasi kadar air pada setiap percobaan. Hasil pengujian pemadatan tanah dapat dilihat pada Tabel 5.4 sampai Tabel 5.9.

a. Sampel I

Tabel 5.4 Penambahan Air Pengujian Pemadatan Tanah Sampel I

Penambahan Air							
1	Berat sampel tanah	gr	1500	1500	1500	1500	1500
2	Kadar air mula-mula	%	11,77	11,77	11,77	11,77	11,77
3	Penambahan air	%	20	40	60	80	100
4	Penambahan air	ml	300	600	900	1200	1500

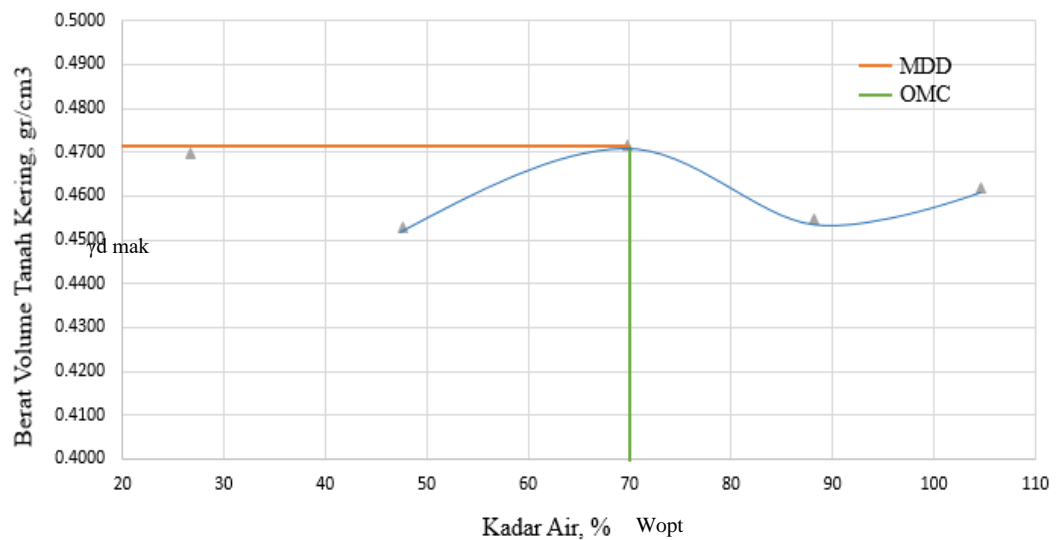
Tabel 5.5 Berat Volume Tanah Pengujian Pemadatan Tanah Sampel I

Berat Volume Tanah (γ)							
1	No sampel		1	2	3	4	5
2	Berat cetakan	gr	1712	1848	1712	1848	1712
3	Berat cetakan + tanah basah	gr	2335	2547	2550	2742	2701
4	Berat tanah basah	gr	623	699	838	894	989
5	Berat volume tanah basah (γ)	gr/cm ²	0,5951	0,6689	0,8004	0,8555	0,9447

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel I

		Kadar Air Tanah										
1	No. Pengujian		1		2		3		4		5	
2	No. Cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat Cawan	gr	5.6	6.56	5.67	5.66	5.61	5.71	12.6	13	12.71	12.9
4	Berat Cawan + tanah basah	gr	24.28	23.45	20.76	22.3	23.13	22.37	35.88	33.2	37.53	39.34
5	Berat cawan + tanah kering	gr	20.36	19.88	15.91	16.9	15.9	15.55	24.96	23.75	24.83	25.83
6	Berat air	gr	3.92	3.57	4.85	5.4	7.23	6.82	10.92	9.45	12.7	13.51
7	Berat tanah kering	gr	14.76	13.32	10.24	11.24	10.29	9.84	12.36	10.75	12.12	12.93
8	Kadar air (w)	%	26.5583	26.8018	47.3633	48.0427	70.2624	69.3089	88.3495	87.907	104.785	104.486
9	Kadar air rata-rata (w)	%	26.6800		47.7030		69.7857		88.1282		104.6356	
10	Berat volume tanah kering	gr/cm ³	0.4697		0.4529		0.4714		0.4548		0.4616	
11	Berat volume tanah kering, Sr 100%	gr/cm ³	0.9925		0.8212		0.6951		0.6165		0.5596	
12	Berat volume tanah kering, Sr 80%	gr/cm ³	0.9309		0.7479		0.6199		0.5428		0.4881	
13	Berat volume tanah kering, 60%	gr/cm ³	0.8436		0.6511		0.5253		0.4526		0.4025	
14	Angka Pori		1.8739		1.9809		1.8636		1.9686		1.9244	

Grafik pengujian kepadatan tanah pada tanah gambut asli sampe 1 dapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Grafik Pengujian Pemadatan Tanah (*Proctor Standard*) pada Tanah Gambut Asli Sampel 1

Pada Gambar 5.1 didapatkan hasil pada sampel 1 nilai OMC 70% dan MDD 0,471 gr/cm³.

b. Sampel II

Tabel 5.7 Penambahan Air Sampel Pengujian Pemadatan Tanah II

Penambahan Air							
1	Berat sampel tanah	gr	1500	1500	1500	1500	1500
2	Kadar air mula-mula	%	11,77	11,77	11,77	11,77	11,77
3	Penambahan air	%	20	40	60	80	100
4	Penambahan air	ml	300	600	900	1200	1500

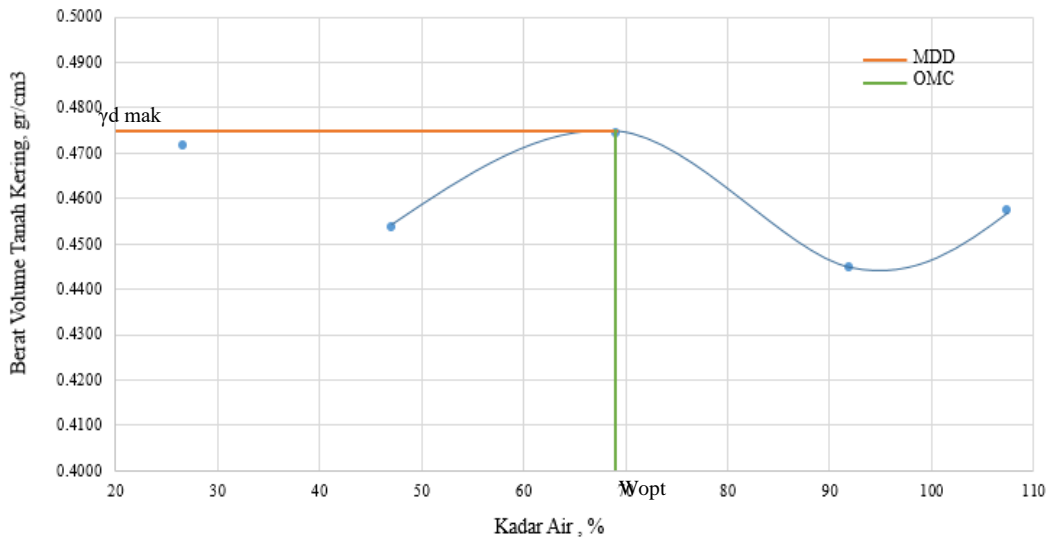
Tabel 5.8 Berat Volume Tanah Pengujian Pemadatan Tanah Sampel II

Berat Volume Tanah (γ)							
1	No sampel		1	2	3	4	5
2	Berat cetakan	gr	1712	1848	1712	1848	1712
3	Berat cetakan + tanah basah	gr	2337	2545	2552	2740	2705
4	Berat tanah basah	gr	6235	697	840	892	993
5	Berat volume tanah basah (γ)	gr/c m ²	0,5970	0,6670	0,8023	0,8536	0,9485

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Pemadatan Tanah Sampel II

KADAR AIR TANAH												
1	No. Pengujian		1		2		3		4		5	
2	No. Cawan		a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
3	Berat Cawan	gr	8.82	9.31	5.7	5.7	5.62	5.69	12.84	13.01	12.87	13.51
4	Berat Cawan + tanah basah	gr	28.79	31.34	23.26	22.15	22.01	22.31	37.48	38.42	36.47	34.57
5	Berat cawan + tanah kering	gr	24.63	26.67	17.73	16.8	15.32	15.51	25.74	26.18	24.3	23.62
6	Berat air	gr	4.16	4.67	5.53	5.35	6.69	6.8	11.74	12.24	12.17	10.95
7	Berat tanah kering	gr	15.81	17.36	12.03	11.1	9.7	9.82	12.9	13.17	11.43	10.11
8	Kadar air (w)	%	26.3125	26.9009	45.9684	48.1982	68.9691	69.2464	91.0078	92.9385	106.474	108.309
9	Kadar air rata-rata (w)	%	26.6067		47.0833		69.1078		91.9731		107.3914	
10	Berat volume tanah kering	gr/cm ³	0.4715		0.4535		0.4745		0.4447		0.4573	
11	Berat volume tanah kering, Sr 100%	gr/cm ³	0.9932		0.8254		0.6984		0.6022		0.5511	
12	Berat volume tanah kering, Sr 80%	gr/cm ³	0.9317		0.7523		0.6232		0.5290		0.4800	
13	Berat volume tanah kering, 60%	gr/cm ³	0.8445		0.6555		0.5284		0.4398		0.3952	
14	Angka Pori		1.8630		1.9769		1.8454		2.0361		1.9518	

Grafik pengujian pemadatan tanah pada tanah gambut asli sampel 2 dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Grafik Pengujian Kepadatan Tanah (*Proctor Standard*) pada Tanah Gambut Asli Sampel II

Pada Gambar 5.2 didapatkan hasil pada sampel II nilai OMC 69% dan MDD 0,475 gr/cm³.

$$OMC = \frac{OMC_{sampel_1} + OMC_{sampel_2}}{2} = \frac{70 + 69}{2} = 69,5 \%$$

$$MDD = \frac{MDD_{sampel_1} + MDD_{sampel_2}}{2} = \frac{0,471 + 0,475}{2} = 0,473 \text{ gr/cm}^3$$

Dari hasil rata-rata maka didapatkan nilai OMC dan MDD tanah gambut daerah Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau berturut-turut adalah sebesar 69,5 % dan 0,473 gr/cm³, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan untuk penambahan air pada campuran sampel tanah sehingga didapatkan sampel tanah dengan kadar air optimum.

Perhitungan penambahan air :

$$\gamma_s = \frac{\gamma_b}{1 + w}$$

$$W_s = \frac{W_b}{1 + w_{awal}}$$

$$W_s = \frac{46}{1 + \frac{9,17}{100}} = 42,14 \text{ gr}$$

$$w = \frac{W_w}{W_s}$$

$$\frac{69,5 - 9,17}{100} = \frac{W_w}{42,14}$$

$$W_w = 25,4 \text{ ml}$$

6. Hasil Pengujian Kadar Abu

Pengujian kadar abu merupakan cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai kadar abu dan organik yang ada pada tanah gambut. Hasil pengujian kadar abu dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Kadar Abu

No	Pengujian	Satuan	I	II
1	Berat cawan	gr	22,9	22,6
2	Berat cawan + tanah gambut	gr	28,81	30,27
3	Berat cawan + abu	gr	23,71	23,65
4	Berat sampel uji	gr	5,91	7,67
5	Berat abu	gr	0,81	1,05
6	Kadar abu	%	13,706	13,690
7	Kadar abu rata-rata	%	13,698	

Dari hasil pengujian kadar abu didapatkan kadar abu tanah gambut daerah Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau sebesar 13,698%.

7. Hasil Pengujian Kadar Organik

Pengujian organik mengacu pada metode ASTM 2974-87 yang mana kadar organik diperoleh dari 100% dikurang kadar abu tanah gambut. Diketahui bahwa tanah gambut merupakan tanah organik yang kandungan organiknya lebih dari 75%.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar Organik (\%)} &= 100\% - \text{kadar abu} \\
 &= 100\% - 13,698 \% \\
 &= 86,302 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Persamaan 3.6 didapatkan kadar organik tanah gambut daerah Tembilahan, Indragiri Hilir, Riau sebesar 86,302 %.

5.1.2 Rekapitulasi Sifat Fisik Tanah Gambut

Dari hasil pengujian propertis tanah gambut yang telah dilakukan maka hasil pengujian direkapitulasi pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Sifat Fisik Tanah Gambut

No	Pengujian Propertis Tanah Gambut	Hasil Pengujian Peneliti	Hasil Peneliti Lainnya *)
1	Kadar air (w)	453,44 %	450% – 1500%
2	Berat jenis (Gs)	1,3528	1,4 – 1,7
3	Berat volume basah (γ_{Unsat})	0,98 gr/ cm ³	0,9 – 1,25 gr/ cm ³
4	Kadar abu	13,698 %	2% - 37,5%
5	Kadar Organik	86,302 %	62,5% - 98%
6	Angka pori (e)	6,6399	6,89 – 11,09

*)Sumber: Harwadi,F dan Mochtar,N.E (2010)

Klasifikasi tanah gambut berdasarkan penggolongan yang digunakan sesuai dengan tempat pengambilan sampel tanah adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan tingkat absorpsinya termasuk *moderately absorbent*, yaitu tanah gambut yang dapat menampung air 300% - 800% sesuai dengan pengujian kadar air yang menunjukkan kadar air tanah gambut Tembilahan, Riau sebesar 453,44%.
2. Berdasarkan lingkungan pembentukannya termasuk gambut topogen yaitu tanah gambut yang terbentuk dilingkungan yang mendapat pengayaan air pasang mengingat dibulan-bulan tertentu tinggi air pasang didaerah Tembilahan bisa mencapai setinggi lutut orang dewasa.

3. Berdasarkan proses dan lokasi pembentukannya termasuk gambut transisi yaitu gambut yang terbentuk bukan hanya karena air hujan tetapi juga karena air pasang laut.
4. Berdasarkan wilayah iklim termasuk gambut tropic karena Indonesia merupakan wilayah tropis.
5. Berdasarkan kadar abu (ASTM D4427) sesuai dengan Tabel 3.4 yaitu termasuk kedalam kadar abu yang sedang karena memiliki nilai kadar abu 13,698% yang mana kurang dari 15%.

Jika dibandingkan dengan tanah mineral, kemampuan tanah gambut dalam menyimpan dan meyerap air jauh lebih besar. Hal ini disebabkan oleh dominannya komposisi bahan organik pada tanah gambut. Tingginya kadar air tanah gambut menyebabkan nilai berat volume menjadi rendah sehingga tanah gambut menjadi lembek dan daya menahan bebannya (*bearing capacity*) menjadi rendah.

5.2 Hasil Pengujian Geser Langsung

Pengujian geser langsung dilakukan untuk mendapatkan nilai kohesi (c) dan sudut geser dalam (ϕ) dari suatu sampel tanah. Untuk mendapat nilai kohesi dan sudut geser dalam dapat dilakukan dengan menggunakan metode persamaan salah satunya adalah metode *least square*.

5.2.1 Pengujian Geser Langsung Tanah Gambut Asli

Hasil pengujian gerser langsung pada sampel tanah asli tanpa penambahan *portland cement* dan *gypsum* dapat dilihat pada Tabel 5.12 sampai Tabel 5.21.

1. Sampel I

Tabel 5.12 Data Kadar Air Pengujian Geser Langsung Sampel I

Keterangan	I	II	III
Berat cawan, W1 (gr)	5,67	5,68	7,63
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	19,18	20,05	18,98

Lanjutan Tabel 5.12 Data Pengujian Kadar Air Geser Langsung Sampel I

Berat Cawan + Tanah Kering, W ₃ (gr)	8,13	8,28	9,7
Berat Tanah Basah (gr)	13,51	14,37	11,35
Berat Tanah Kering (gr)	2,46	2,6	2,07
Kadar Air, w (%)	449,187	452,692	448,309
Kadar Air Rata-rata (%)	450,063		

Tabel 5.13 Data Hasil Pengujian Geser Langsung (Beban 1 kg) Sampel I

Waktu	Peralihan Horizontal (δ)	Regangan	Pembacaan dial beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Tegangan Geser	Pergerakan Vertikal	
							Pembacaan dial	Peralihan Vertikal
a	b	$c = (b/D) \times 100$	d	$e = d \times k$	f	$g = e/f$	h	i
0	0	0	0	0	28,2743	0	0	0
0,5	30	0,5	14	6,16	28,1550	0,2188	1,5	0,015
1	60	1	19	8,36	28,0350	0,2982	5	0,05
1,5	90	1,5	21	9,24	27,9143	0,3310	54	0,54
2	120	2	23	10,12	27,7929	0,3641	74	0,74
2,5	150	2,5	24,5	10,78	27,6708	0,3896	81	0,84
3	180	3	26	11,44	27,5481	0,4153	90	0,9
3,5	210	3,5	28	12,32	27,4246	0,4492	111	1,11
4	240	4	29	12,76	27,3005	0,4674	122	1,22
4,5	270	4,5	30,5	13,42	27,1758	0,4938	130	1,3
5	300	5	31,5	13,86	27,0504	0,5124	135	1,35
5,5	330	5,5	32	14,08	26,9243	0,5229	147	1,47
6	360	6	33	14,52	26,7976	0,5418	149	1,49
6,5	390	6,5	34	14,96	26,6702	0,5609	150	1,5
7	420	7	36,5	16,06	26,5423	0,6051	152	1,52
7,5	450	7,5	38	16,72	26,4137	0,6330	153,5	1,535
8	480	8	38	16,72	26,4137	0,6361	155,1	1,551

Tabel 5.14 Data Hasil Pengujian Geser Langsung (Beban 2 kg) Sampel I

Waktu	Peralihan Horizontal (δ)	Regangan $c = (b/D) \times 100$	Pembacaan dial beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Tegangan Geser	Pergerakan Vertikal	
							Pembacaan dial	Peralihan Vertikal
a	b		d	$e = d \times k$	f	$g = e/f$	h	i
0	0	0	0	0	28,2743	0	0	0
0,5	30	0,5	17	7,48	28,1550	0,2657	50	0,5
1	60	1	19	8,36	28,0350	0,2982	61	0,61
1,5	90	1,5	24	10,56	27,9143	0,3783	71	0,71
2	120	2	27	11,88	27,7929	0,4274	80	0,8
2,5	150	2,5	29	12,76	27,6708	0,4611	88	0,88
3	180	3	31	13,64	27,5481	0,4951	96	0,96
3,5	210	3,5	33	14,52	27,4246	0,5295	101	1,01
4	240	4	34	14,96	27,3005	0,5480	107	1,07
4,5	270	4,5	36	15,84	27,1758	0,5829	113	1,13
5	300	5	37	16,28	27,0504	0,6018	120	1,2
5,5	330	5,5	39	17,16	26,9243	0,6373	124	1,24
6	360	6	39	17,16	26,7976	0,6404	135	1,35
6,5	390	6,5	41	18,04	26,6702	0,6764	141	1,41
7	420	7	41	18,04	26,5423	0,6797	146	1,46
7,5	450	7,5	42	18,48	26,4137	0,6996	150	1,5
8	480	8	42	18,48	26,2845	0,7031	153	1,52
8,5	510	8,5	41,9	18,44	26,1546	0,7049	158	1,58
9	540	9	41,5	18,26	26,0242	0,7017	162	1,62
9,5	570	9,5	41,5	18,26	25,8932	0,7052	166	1,66
10	600	10	41,1	18,08	25,7615	0,7020	170	1,7

Tabel 5.15 Data Hasil Pengujian Geser Langsung (Beban 3 kg) Sampel I

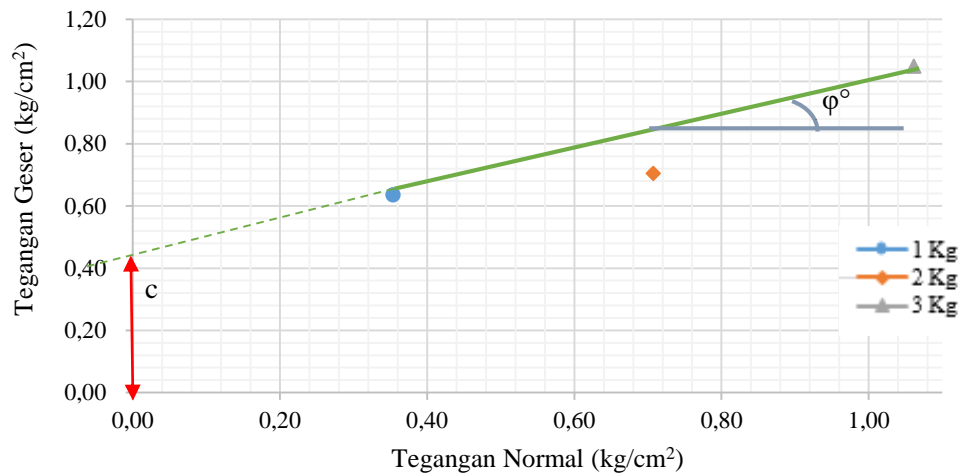
Waktu	Peralihan Horizontal (δ)	Regangan $c = (b/D) \times 100$	Pembacaan dial beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Tegangan Geser	Pergerakan Vertikal	
							Pembacaan dial	Peralihan Vertikal
a	b	c =	d	e = d x k	f	g = e/f	h	i
0	0	0	0	0	28,2743	0	0	0
0,5	30	0,5	16	7,04	28,1550	0,25	21	0,21
1	60	1	21	9,24	28,0350	0,3296	40	0,4
1,5	90	1,5	25	11	27,9143	0,3941	53	0,53
2	120	2	29	12,76	27,7929	0,4591	64	0,64
2,5	150	2,5	35	15,40	27,6708	0,5565	71	0,71
3	180	3	39	17,16	27,5481	0,6229	81	0,81
3,5	210	3,5	44	19,36	27,4246	0,7059	90	0,9
4	240	4	48	21,12	27,3005	0,7736	100	1
4,5	270	4,5	51	22,44	27,1758	0,8257	109	1,09
5	300	5	54	23,76	27,0504	0,8784	114	1,14
5,5	330	5,5	54	23,76	26,9243	0,8825	119	1,19
6	360	6	56	24,64	26,7976	0,9195	124	1,24
6,5	390	6,5	61	26,84	26,6702	1,0064	128	1,28
7	420	7	63	27,72	26,5423	1,0444	131	1,31
7,5	450	7,5	63	27,72	26,4137	1,0495	136	1,36

a. Perhitungan Sampel I

Mencari nilai c dan ϕ **Tabel 5.16 Nilai Tegangan berdasarkan Beban Normal Pengujian Geser Langsung Sampel I**

Keterangan	Satuan	Beban Normal (kg)		
		1	2	3
Tegangan Normal (σ)	kg/cm ²	0,3537	0,7074	1,0610
Tegangan Geser (τ)	kg/cm ²	0,6361	0,7052	1,0495

Untuk mencari nilai c dan ϕ dapat dilakukan dengan metode grafis berikut ini



Gambar 5.3 Grafik Pengujian Geser Langsung Tanah Gambut Asli Sampel I

$$\tau = c + \sigma \tan \varphi$$

$$0,6361 = c + 0,3537 \tan \varphi \dots a)$$

$$1,0495 = c + 1,0610 \tan \varphi \dots c) +$$

$$1,6856 = 2c + 1,4147 \tan \varphi \dots \text{persamaan 1)}$$

$$0,6361 = c + 0,3537 \tan \varphi \quad \left| \begin{array}{l} \times 0,6361 \\ \times 1,0495 \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} 0,4046 = 0,6361c + 0,2250 \tan \varphi \\ 1,1014 = 1,0495c + 1,1135 \tan \varphi \end{array} \right. +$$

$$1,0495 = c + 1,0610 \tan \varphi \quad \left| \begin{array}{l} \times 0,6361 \\ \times 1,0495 \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} 0,4046 = 0,6361c + 0,2250 \tan \varphi \\ 1,1014 = 1,0495c + 1,1135 \tan \varphi \end{array} \right. +$$

$$1,5060 = 1,6856c + 1,3385 \tan \varphi \dots \text{persamaan 2)}$$

Eliminasi persamaan 1) dan persamaan 2)

$$1,6856 = 2c + 1,4147 \tan \varphi \quad \left| \begin{array}{l} \times 1,6856 \\ \times 2 \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} 2,8412 = 3,3711c + 2,3846 \tan \varphi \\ 3,0120 = 3,3711c + 2,6770 \tan \varphi \end{array} \right. -$$

$$1,5060 = 1,6856c + 1,3385 \tan \varphi \quad \left| \begin{array}{l} \times 1,6856 \\ \times 2 \end{array} \right. \quad \left| \begin{array}{l} 2,8412 = 3,3711c + 2,3846 \tan \varphi \\ 3,0120 = 3,3711c + 2,6770 \tan \varphi \end{array} \right. -$$

$$-0,1708 = -0,2924 \tan \varphi$$

$$\tan \varphi = 0,5843$$

$$\varphi = 30,2996^\circ$$

Mencari nilai c

$$1,6856 = 2c + 1,4147 \tan \varphi \quad \dots \quad \text{persamaan 1)}$$

$$1,6856 = 2c + (1,4147 \times 0,5843)$$

$$c = 0,4294 \text{ kg/cm}^2$$

2. Sampel II

Tabel 5.17 Data Kadar Air Pengujian Geser Langsung Sampel II

Keterangan	I	II	III
Berat cawan, W1 (gr)	5,69	5,62	6,64
Berat Cawan + Tanah Basah, W2 (gr)	19,15	19,09	19
Berat Cawan + Tanah Kering, W3 (gr)	8,15	8,07	8,88
Berat Tanah Basah (gr)	13,46	13,47	12,36
Berat Tanah Kering (gr)	2,46	2,45	2,24
Kadar Air, w (%)	447,154	449,796	451,786
Kadar Air Rata-rata (%)	449,579		

Tabel 5.18 Data Hasil Pengujian Geser Langsung (Beban 1 kg) Sampel II

Waktu	Peralihan Horizontal (δ)	Regangan $c = (b/D) \times 100$	Pembacaan dial beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Tegangan Geser $g = e/f$	Pergerakan Vertikal	
							Pembacaan dial	Peralihan Vertikal
a	b	c =	d	e = d x k	f	g = e/f	h	i
0	0	0	0	0	28.2743	0	0	0
0,5	30	0,5	10	4,4	28.1550	0.1563	22.0	0.2200
1	60	1	15	6,6	28.0350	0.2354	35.0	0.3500
1,5	90	1,5	19	8,36	27.9143	0.2995	44.0	0.4400
2	120	2	22	9,68	27.7929	0.3483	54.0	0.5400
2,5	150	2,5	24	10,56	27.6708	0.3816	60.0	0.6000
3	180	3	25,5	11,22	27.5481	0.4073	75.0	0.7500
3,5	210	3,5	27	11,88	27.4246	0.4332	88.0	0.8800
4	240	4	29	12,76	27.3005	0.4674	98.0	0.9800

**Lanjutan Tabel 5.18 Data Hasil Pengujian Geser Langsung (Beban 1 kg)
Sampel II**

Waktu	Peralihan Horizontal (δ)	Regangan $c = (b/D) \times 100$	Pembacaan dial beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Tegangan Geser $g = e/f$	Pergerakan Vertikal	
							Pembacaan dial	Peralihan Vertikal
a	b	c = (b/D)x100	d	e = d x k	f	g = e/f	h	i
4,5	270	4,5	31,5	13,86	27.1758	0.5100	106.0	1.0600
5	300	5	33	14,52	27.0504	0.5368	119.0	1.1900
5,5	330	5,5	35	15,40	26.9243	0.5720	124.0	1.2400
6	360	6	37,5	16,50	26.7976	0.6157	128.0	1.2800
6,5	390	6,5	40	17,6	26.6702	0.6599	134.0	1.3400
7	420	7	40	17,6	26.5423	0.6631	139.0	1.3900

Tabel 5.19 Data Hasil Pengujian Geser Langsung (Beban 2 kg) Sampel II

Waktu	Peralihan Horizontal (δ)	Regangan $c = (b/D) \times 100$	Pembacaan dial beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Tegangan Geser $g = e/f$	Pergerakan Vertikal	
							Pembacaan dial	Peralihan Vertikal
a	b	c = (b/D)x100	d	e = d x k	f	g = e/f	h	i
0	0	0	0.0	0.00	28.2743	0.0000	0.0	0.0000
0,5	30	0,5	15.0	6.60	28.1550	0.2344	12.0	0.1200
1	60	1	19.0	8.36	28.0350	0.2982	24	0.2400
1,5	90	1,5	24.5	10.78	27.9143	0.3862	30.0	0.3000
2	120	2	26.0	11.44	27.7929	0.4116	39.0	0.3900
2,5	150	2,5	28.0	12.32	27.6708	0.4452	48.0	0.4800
3	180	3	30.5	13.42	27.5481	0.4871	49.0	0.4900
3,5	210	3,5	32.0	14.08	27.4246	0.5134	49.0	0.4900
4	240	4	34.0	14.96	27.3005	0.5480	49.0	0.4900
4,5	270	4,5	35.5	15.62	27.1758	0.5748	49.0	0.4900
5	300	5	37.0	16.28	27.0504	0.6018	49.0	0.4900
5,5	330	5,5	40.0	17.60	26.9243	0.6537	49.0	0.4900
6	360	6	41.0	18.04	26.7976	0.6732	49.0	0.4900
6,5	390	6,5	41.5	18.26	26.6702	0.6847	49.0	0.4900
7	420	7	43.0	18.92	26.5423	0.7128	49.0	0.4900
7,5	450	7,5	43.0	18.92	26.4137	0.7163	49.0	0.4900
8	480	8	43.0	18.92	26.2845	0.7198	49.0	0.4900

Tabel 5.20 Data Hasil Pengujian Geser Langsung (Beban 3 kg) Sampel II

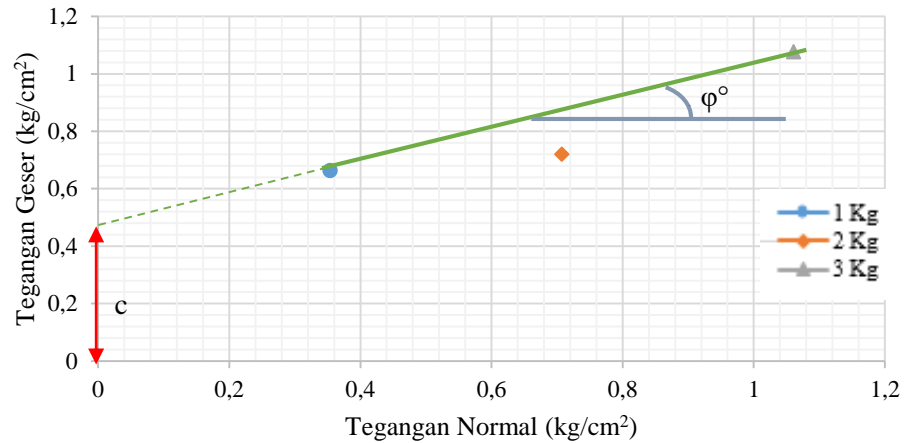
Waktu	Peralihan Horizontal (δ)	Regangan $c = (b/D) \times 100$	Pembacaan dial beban	Beban Horizontal	Luas Terkoreksi	Tegangan Geser	Pergerakan Vertikal	
							Pembacaan dial	Peralihan Vertikal
a	b	c =	d	e = d x k	f	g = e/f	h	i
0	0	0	0.0	0.00	28.2743	0.0000	0.0	0.0000
0,5	30	0,5	17.0	7.48	28.1550	0.2657	21.0	0.2100
1	60	1	20.0	8.80	28.0350	0.3139	40.0	0.4000
1,5	90	1,5	25.0	11.00	27.9143	0.3941	53.0	0.5300
2	120	2	26.0	11.44	27.7929	0.4116	64.0	0.6400
2,5	150	2,5	29.0	12.76	27.6708	0.4611	71.0	0.7100
3	180	3	31.0	13.64	27.5481	0.4951	81.0	0.8100
3,5	210	3,5	35.0	15.40	27.4246	0.5615	90.0	0.9000
4	240	4	39.0	17.16	27.3005	0.6286	100.0	1.0000
4,5	270	4,5	43.0	18.92	27.1758	0.6962	109.0	1.0900
5	300	5	47.0	20.68	27.0504	0.7645	114.0	1.1400
5,5	330	5,5	50.0	22.00	26.9243	0.8171	119.0	1.1900
6	360	6	53.0	23.32	26.7976	0.8702	124.0	1.2400
6,5	390	6,5	54.0	23.76	26.6702	0.8909	128.0	1.2800
7	420	7	57.0	25.08	26.5423	0.9449	131.0	1.3100
7,5	450	7,5	60.0	26.40	26.4137	0.9995	136.0	1.3600
8	480	8	64.0	28.16	26.2845	1.0714	143.0	1.4300
8.5	510	8.5	64.0	28.16	26.1546	1.0767	146.0	1.4600

a. Perhitungan Sampel II

Mencari nilai c dan ϕ **Tabel 5.21 Nilai Tegangan Berdasarkan Beban Normal Pengujian Geser Langsung Sampel II**

Keterangan	Satuan	Beban Normal (kg)		
		1	2	3
Tegangan Normal (σ)	kg/cm ²	0.3537	0.7074	1.0610
Tegangan Geser (τ)	kg/cm ²	0.6631	0.7198	1.0767

Untuk mencari nilai c dan ϕ dapat dilakukan dengan metode least square berikut ini.



Gambar 5.4 Grafik Pengujian Geser Langsung Tanah Gambut Asli Sampel II

$$c = 0,4563 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 30,3142^\circ$$

Nilai c dan ϕ dari kedua sampel, kemudian dicari nilai rata-rata untuk menentukan nilai c dan ϕ yang digunakan sebagai hasil akhir.

$$C_{rata-rata} = \frac{C1+C2}{2}$$

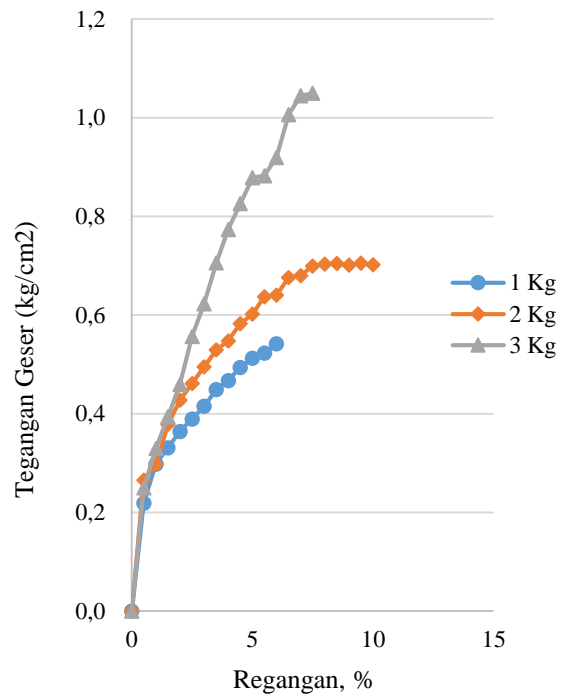
$$C_{rata-rata} = \frac{0,4294+0,4563}{2} = 0,4429 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi_{rata-rata} = \frac{\phi1+\phi2}{2}$$

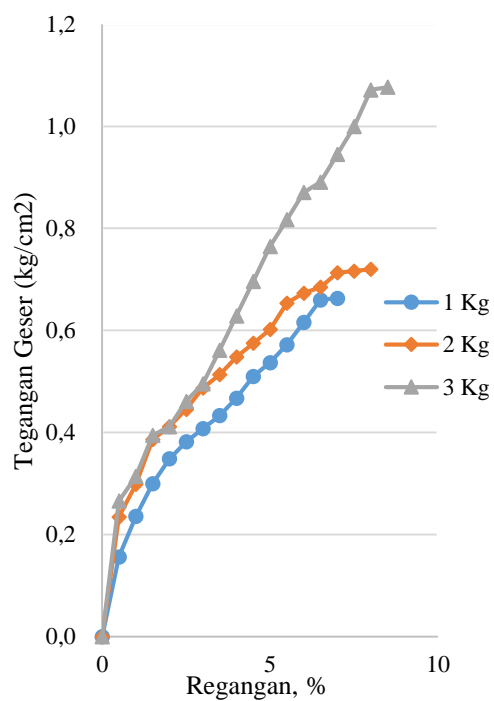
$$\phi = \frac{30,2996+30,3142}{2} = 30,3069^\circ$$

2. Grafik

Dari hasil perhitungan yang telah didapatkan maka dapat dibentuk grafik hubungan tegangan geser-regangan seperti pada Gambar 5.3 dan Gambar 5.4.



Gambar 5.5 Grafik Hubungan Tegangan Geser – Regangan Pengujian Geser Langsung Tanah Gambut Asli Sampel I



Gambar 5.6 Grafik Hubungan Tegangan Geser – Regangan Pengujian Geser Langsung Tanah Gambut Asli Sampel II

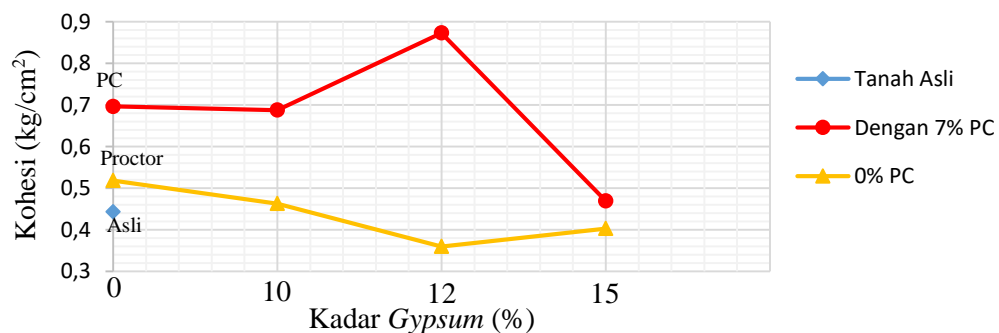
5.2.2 Rekapitulasi Parameter Geser Tanah Gambut yang Telah Distabilisasi

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan maka hasil pengujian geser langsung selanjutnya di rekapitulasi pada Tabel 5.22. Nilai parameter geser tanah yang digunakan adalah hasil rata-rata dari 2 sampel yang diujikan. Seluruh hasil tabel dan grafik pengujian geser langsung dapat dilihat pada Lampiran.

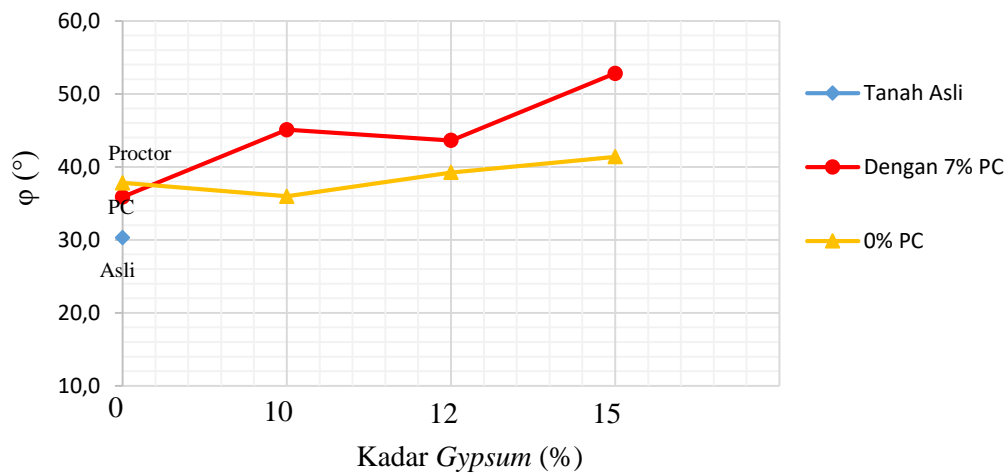
Tabel 5.22 Rekapitulasi Nilai c dan ϕ Pengujian Geser Langsung

No	Jenis Tanah + Bahan Stabilisasi	Kohesi (c) (kg/cm ²)	Sudut Geser ϕ (°)
1	Tanah Gambut Asli	0,4429	30,3069
2	Tanah Gambut Kepadatan	0,5184	37,8091
3	Tanah Gambut + <i>Portland Cement</i> 7%	0,6966	35,8791
4	Tanah Gambut + <i>Gypsum</i> 10%	0,4628	35,9686
5	Tanah Gambut + <i>Gypsum</i> 12%	0,3596	39,2263
6	Tanah Gambut + <i>Gypsum</i> 15%	0,3913	41,3765
7	Tanah Gambut + PC 7% + <i>Gypsum</i> 10%	0,6875	45,0870
8	Tanah Gambut + PC 7% + <i>Gypsum</i> 12%	0,8730	43,6240
9	Tanah Gambut + PC 7% + <i>Gypsum</i> 15%	0,4693	52,8067

Hasil rekapitulasi nilai c dan ϕ kemudian dibuat grafik perbandingan nilai c dan ϕ terhadap kadar campuran *portland cement* dan *gypsum*. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5.7 dan 5.8.



Gambar 5.7 Grafik Pengaruh *Portland Cement* dan *Gypsum* Terhadap Nilai Kohesi (c) Pengujian Geser Langsung



Gambar 5.8 Grafik Pengaruh *Portland Cement* dan *Gypsum* Terhadap Nilai ϕ Pengujian Geser Langsung

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa pencampuran tanah gambut dengan *portland cement* dan *gypsum* secara bersamaan memberikan pengaruh yang lebih besar dalam menaikkan nilai c dan ϕ . Hal ini juga didasari dengan lamanya pemeraman selama 7 hari karena kekuatan campuran akan naik secara berangsur-angsur selama masa pemeraman. Kenaikkan kekuatan tanah dikarenakan *portland cement* bereaksi dengan air untuk mengikat partikel-partikel tanah dan membuat tanah menjadi padat dan mengeras seiring dengan lamanya masa pemeraman. *Gypsum* memiliki sifat yang larut jika ditambahkan dengan air saat dalam keadaan cair, *gypsum* akan mengisi rongga-rongga tanah, dan pada saat kembali mengering *gypsum* akan kembali mengeras sehingga pori-pori tanah akan tertutup dan terikat dan menyebabkan tanah pun juga ikut mengeras.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa nilai kohesi terbesar terdapat pada campuran tanah gambut + 7% *portland cement* + 12% *gypsum* yaitu sebesar 0,8730 kg/cm² dan ϕ sebesar 43,6240°, sedangkan nilai ϕ terbesar terdapat pada campuran tanah gambut + 7% *portland cement* + 15% *gypsum* yaitu sebesar 52,8067 dan c sebesar 0,4693 kg/cm².

5.3 Hasil Pemodelan Plaxis

5.3.1 Parameter Tanah

Analisis stabilitas lereng dan penurunan timbunan dilakukan dengan menggunakan program Plaxis 8.2. Data parameter tanah yang digunakan sebagai *input* program Plaxis dapat dilihat pada Tabel 5.23 hingga Tabel 2.6.

Tabel 5.23 Data Parameter Timbunan Tanah Asli

Parameter	Notasi	Satuan	Tanah Dasar (Gambut Asli)	Tanah Timbunan (Gambut Asli)
Model material	Model	-	MC	MC
Jenis perilaku material	Jenis	-	<i>Undrained</i>	<i>Drained</i>
Berat volume tanah	γ_{unsat}	kN/m ³	9,6138	9,6138
Berat volume <i>saturated</i>	γ_{sat}	kN/m ³	10,0581	10,0581
Modulus Geser	E	kN/m ²	1989,0128	1989,0128
Angka poisson	ν	-	0,35	0,35
Kohesi	c	kN/m ²	43,4461	43,4461
Sudut gesek dalam	ϕ	°	30,3069	30,3069

Tabel 5.24 Data Parameter Timbunan Tanah Campuran Gypsum

Parameter	Notasi	Satuan	Tanah Timbunan (Gypsum 10%)	Tanah Timbunan (Gypsum 12%)	Tanah Timbunan (Gypsum 15%)
Model material	Model	-	MC	MC	MC
Jenis perilaku material	Jenis	-	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>
Berat volume tanah	γ_{unsat}	kN/m ³	9,6138	9,6138	9,6138
Berat volume <i>saturated</i>	γ_{sat}	kN/m ³	10,0581	10,0581	10,0581
Modulus Geser	E	kN/m ²	1833,7386	1801,2677	2697,3903
Angka poisson	ν	-	0,35	0,35	0,35
Kohesi	c	kN/m ²	45,4007	35,2765	38,3909
Sudut gesek dalam	ϕ	°	35,9686	39,2263	41,3765

Tabel 5.25 Data Parameter Timbunan Tanah Campuran PC dan Gypsum

Parameter	Notasi	Satuan	Tanah Timbunan (PC 7% + Gypsum 10%)	Tanah Timbunan (PC 7% + Gypsum 12%)	Tanah Timbunan (PC 7% + Gypsum 15%)
Model material	Model	-	MC	MC	MC
Jenis perilaku material	Jenis	-	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>
Berat volume tanah	γ_{unsat}	kN/m ³	9,6138	9,6138	9,6138
Berat volume <i>saturated</i>	γ_{sat}	kN/m ³	10,0581	10,0581	10,0581
Modulus Geser	E	kN/m ²	2092,2731	2169,5516	1909,3440
Angka poisson	ν	-	0,35	0,35	0,35
Kohesi	c	kN/m ²	67,4419	85,6412	46,0350
Sudut gesek dalam	ϕ	°	45,0870	43,6240	52,8067

Tabel 5.26 Data Parameter Timbunan *Portland Cement*

Parameter	Notasi	Satuan	Tanah Timbunan (Gambut Asli Kepadatan)	Tanah Timbunan (Semen 7%)
Model material	Model	-	MC	MC
Jenis perilaku material	Jenis	-	<i>Drained</i>	<i>Drained</i>
Berat volume tanah	γ_{unsat}	kN/m ³	9,6138	9,6138
Berat volume <i>saturated</i>	γ_{sat}	kN/m ³	10,0581	10,0581
Modulus Geser	E	kN/m ²	2103,5018	1639,1087
Angka poisson	ν	-	0,35	0,35
Kohesi	c	kN/m ²	50,8522	68,3361
Sudut gesek dalam	ϕ	°	37,8091	35,8791

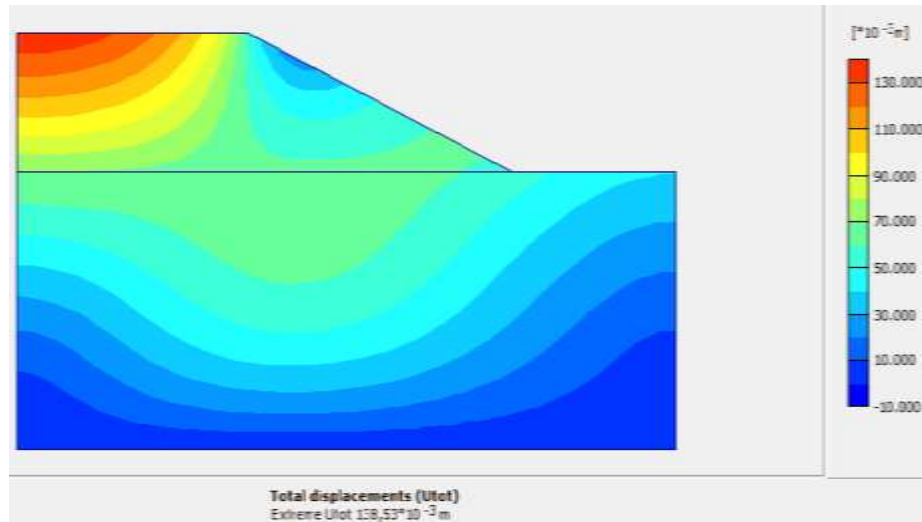
5.3.2 Hasil Pemodelan Timbunan Tanah Asli

1. Penurunan dan stabilitas lereng dengan beban kendaraan

a. *Total displacement*

Displacement terbesar terjadi pada daerah pojok kiri bagian atas dari timbunan yang ditunjukkan dengan warna orange tua. Semakin kebawah warna orange tua memudar hingga berubah menjadi warna biru yang menandakan bahwa semakin ke bawah lapisan *displacement* yang terjadi

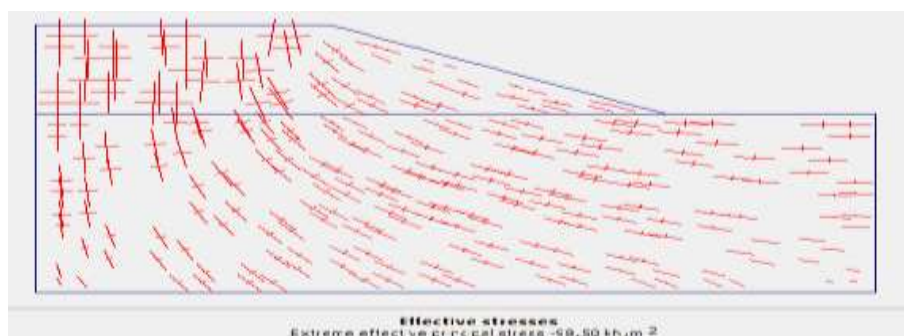
semakin kecil. *Displacement* yang terbesar pada lereng timbunan tanah asli akibat beban kendaraan yaitu sebesar $138,53 \times 10^{-3} \text{m}$ yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Total Displacement pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Asli

b. *Effective stresses*

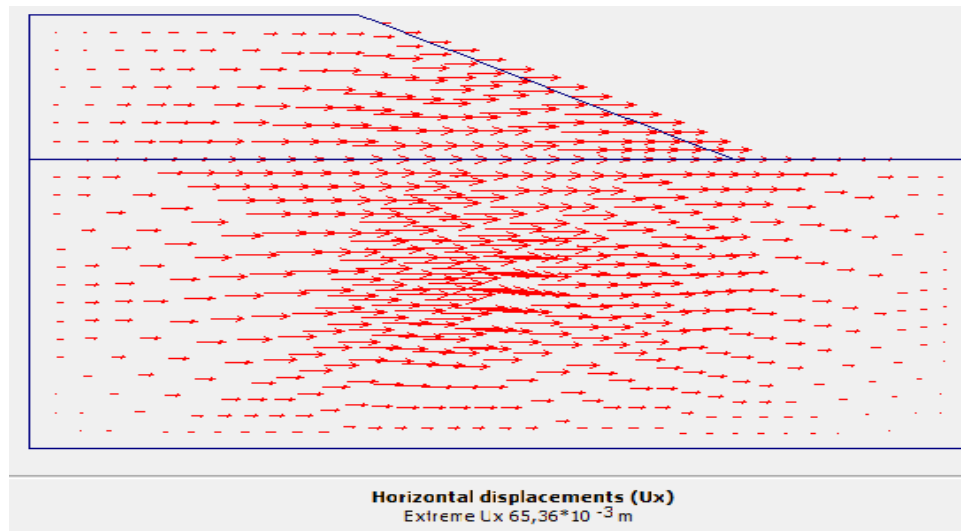
Effective stresses menunjukkan hasil bahwa garis-garis yang menandai arah dan besarnya tegangan efektif. Semakin kebawah daerah lapisan, tegangan efektif semakin banyak terutama pada bagian tengah timbunan. Besar nilai *effective stresses* pada timbunan akibat beban kendaraan pada tanah asli adalah $-98,50 \text{ kN/m}^2$. *Effective stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Effective Stresses pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Asli

c. Arah pergerakan tanah

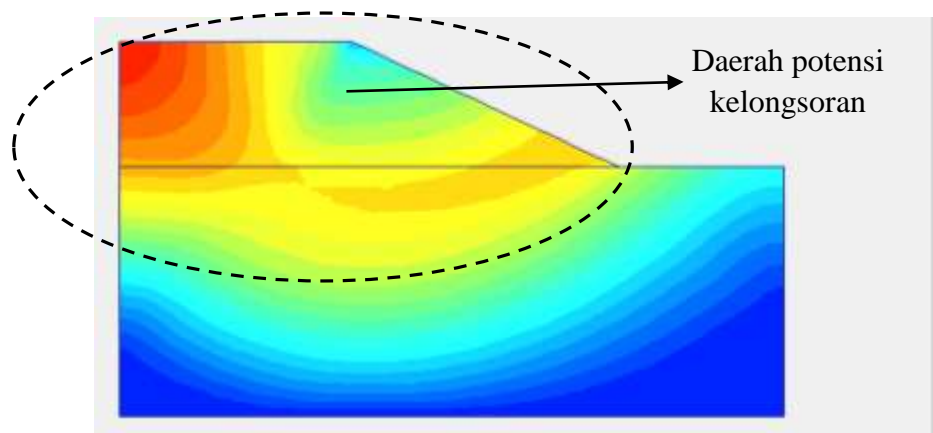
Analisis pergerakan tanah yang terjadi pada lereng timbunan tanah asli menunjukkan bawah tanah bergerak dominan ke arah sebelah kanan. Arah pergerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Arah Pergerakan Tanah pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Asli

d. Potensial kelongsoran

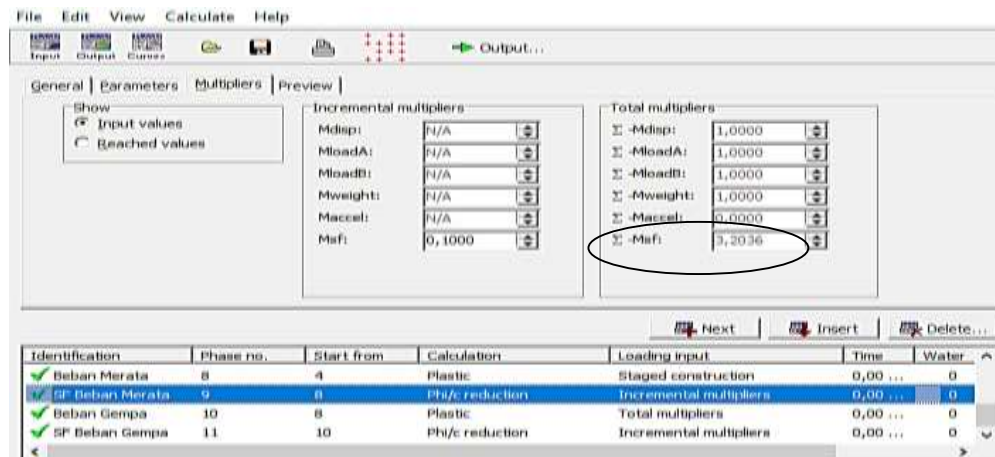
Potensial kelongsoran pada lereng timbunan tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Daerah Kelongsoran pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Asli

e. Angka aman (SF)

Angka aman pada lereng timbunan tanah asli menunjukkan nilai sebesar 3,2036 yang mana angka tersebut sebenarnya telah memenuhi syarat aman seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

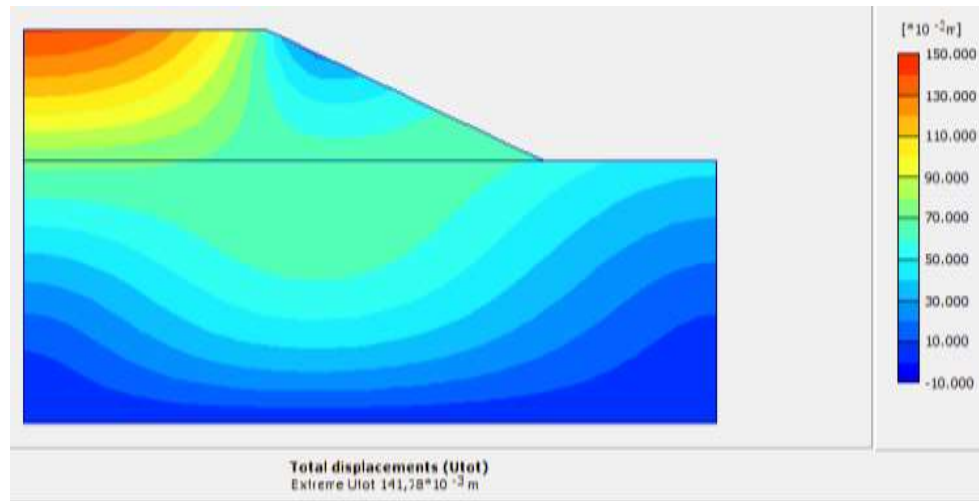


Gambar 5.13 Angka Aman pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Asli

2. Penurunan dan stabilitas lereng dengan beban kendaraan dan beban gempa

a. *Total displacement*

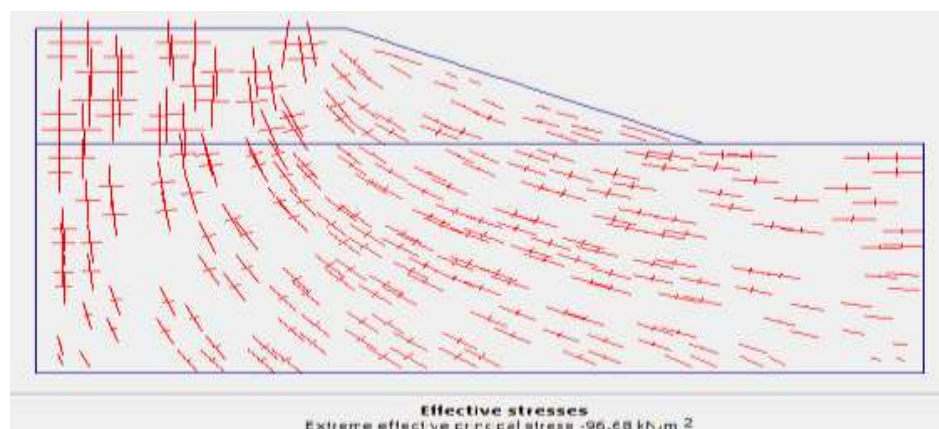
Displacement terbesar terjadi pada daerah pojok kiri bagian atas dari timbunan yang ditunjukkan dengan warna orange tua. Semakin kebawah warna orange tua memudar hingga berubah menjadi warna biru yang menandakan bahwa semakin ke bawah lapisan *displacement* yang terjadi semakin kecil. *Displacement* yang terbesar pada lereng timbunan tanah asli akibat beban kendaraan dan beban gempa yaitu sebesar $141,78 \times 10^{-3} \text{m}$ yang dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Total Displacement pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Asli

b. *Effective stresses*

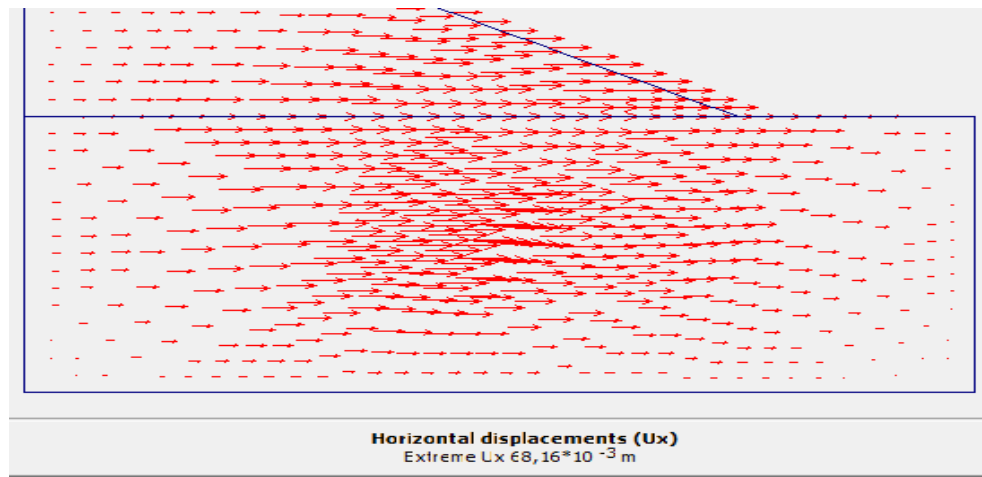
Effective stresses menunjukkan hasil bahwa garis-garis yang menandai arah dan besarnya tegangan efektif. Semakin kebawah daerah lapisan, tegangan efektif semakin banyak terutama pada bagian tengah timbunan. Besar nilai *effective stresses* pada timbunan akibat beban kendaraan dan beban gempa pada tanah asli adalah $-96,68 \text{ kN/m}^2$. *Effective stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Effective Stresses pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Asli

c. Arah pergerakan tanah

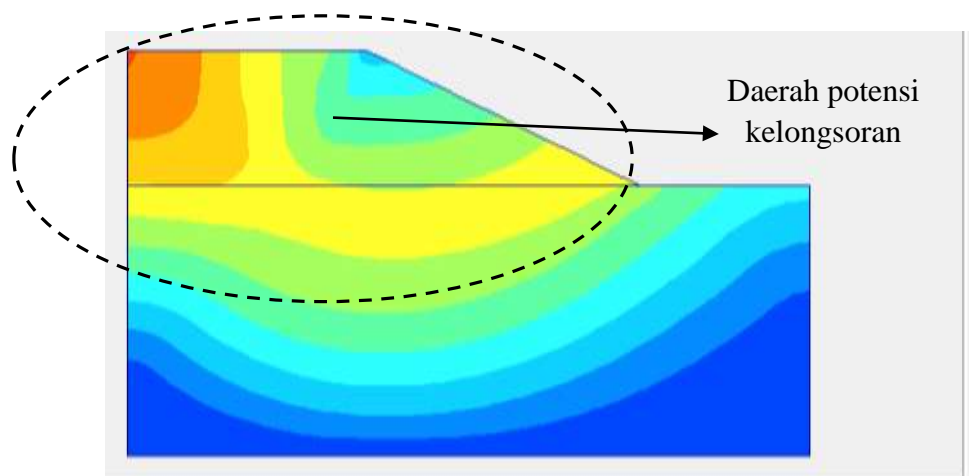
Analisis pergerakan tanah yang terjadi pada lereng timbunan tanah asli menunjukkan bawah tanah bergerak dominan ke arah sebelah kanan. Arah pergerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.16.



Gambar 5.16 Arah Pergerakan Tanah pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Asli

d. Potensial kelongsoran

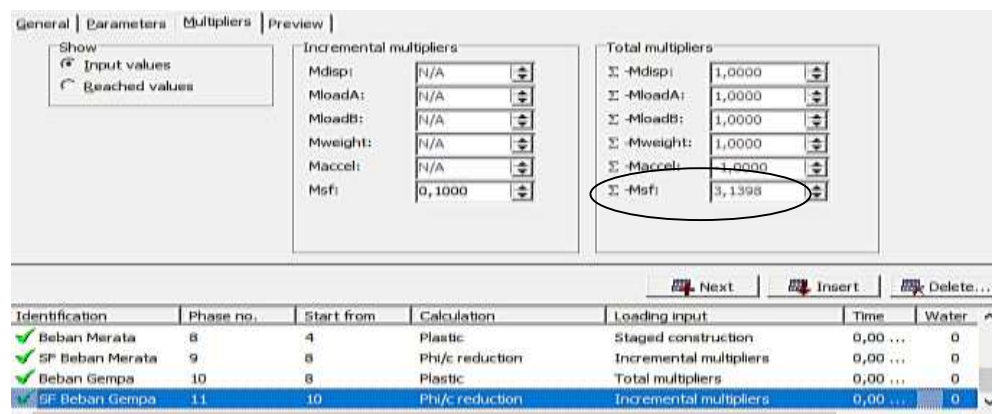
Potensial kelongsoran pada lereng timbunan tanah asli dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Daerah Kelongsoran pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Asli

e. Angka aman (SF)

Angka aman pada lereng timbunan tanah asli menunjukkan nilai sebesar 3,1398 yang mana angka tersebut sebenarnya telah memenuhi syarat aman seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



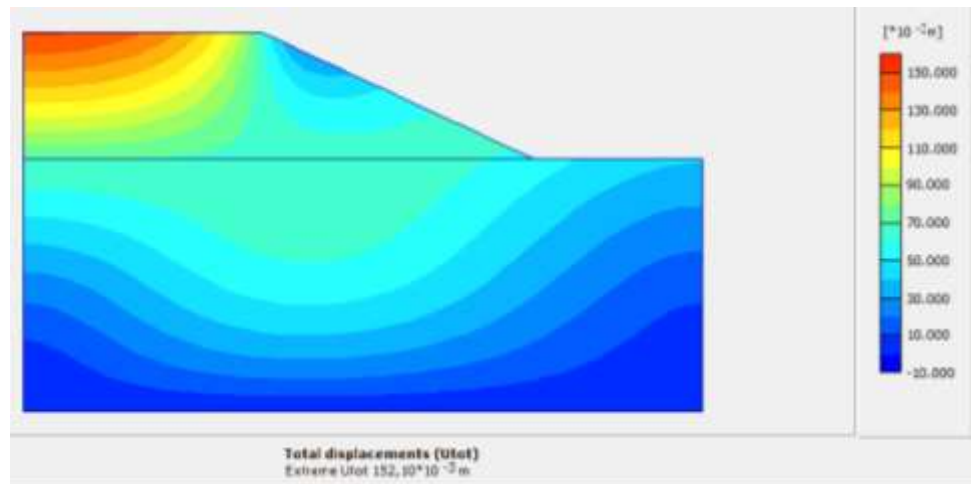
Gambar 5.18 Angka Aman pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Asli

5.3.3 Hasil Pemodelan Timbunan Campuran *Portland Cement* 7%

1. Penurunan dan stabilitas lereng dengan beban kendaraan

a. *Total displacement*

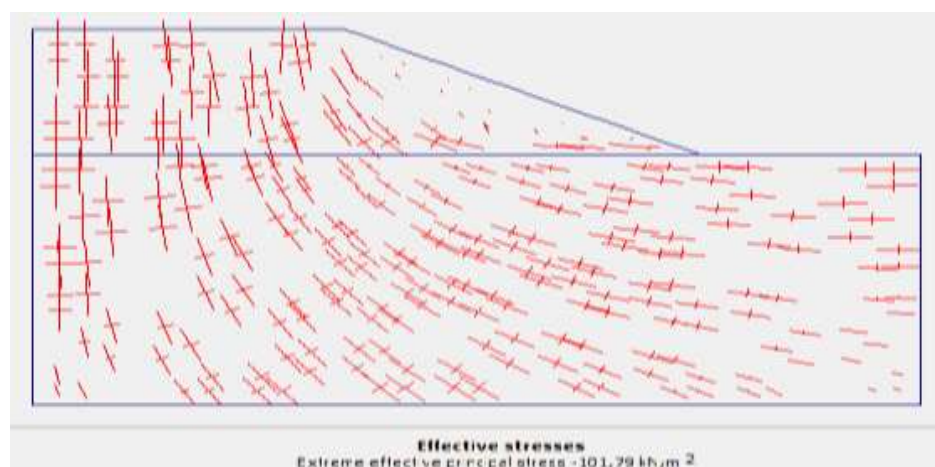
Displacement terbesar terjadi pada daerah pojok kiri bagian atas dari timbunan yang ditunjukkan dengan warna orange tua. Semakin kebawah warna orange tua memudar hingga berubah menjadi warna biru yang menandakan bahwa semakin ke bawah lapisan *displacement* yang terjadi semakin kecil. *Displacement* yang terbesar pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* akibat beban kendaraan yaitu sebesar $152,10 \times 10^{-3}m$ yang dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Total Displacement pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran Portland Cement 7%

b. *Effective stresses*

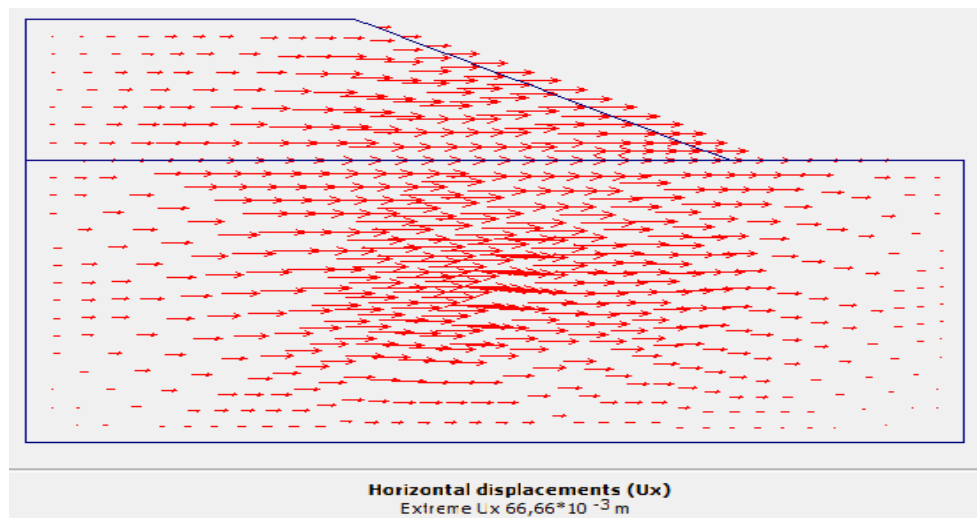
Effective stresses menunjukkan hasil bahwa garis-garis yang menandai arah dan besarnya tegangan efektif. Semakin kebawah daerah lapisan, tegangan efektif semakin banyak terutama pada bagian tengah timbunan. Besar nilai *effective stresses* pada timbunan akibat beban kendaraan pada tanah campuran *portland cement* adalah $-101,79 \text{ kN/m}^2$. *Effective stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.20.



Gambar 5.20 Effective Stresses pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran Portland Cement 7%

c. Arah pergerakan tanah

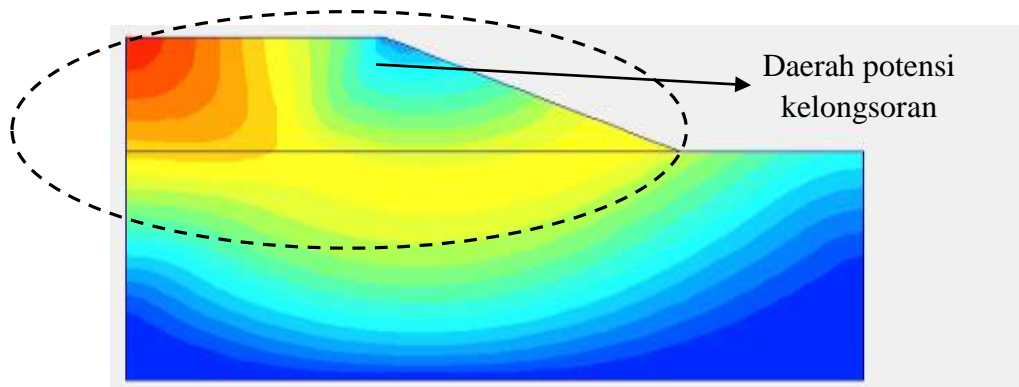
Analisis pergerakan tanah yang terjadi pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* menunjukkan bawah tanah bergerak dominan ke arah sebelah kanan. Arah pergerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21 Arah Pergerakan Tanah pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7%

d. Potensial kelongsoran

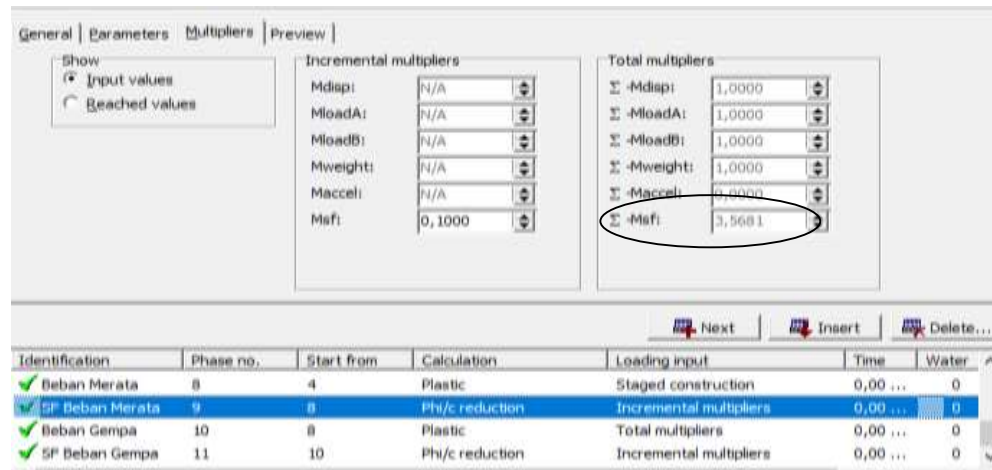
Potensial kelongsoran pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* dapat dilihat pada Gambar 5.22.



Gambar 5.22 Daerah Kelongsoran pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7%

e. Angka aman (SF)

Angka aman pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* menunjukkan nilai sebesar 3,5681 yang mana angka tersebut sebenarnya telah memenuhi syarat aman seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

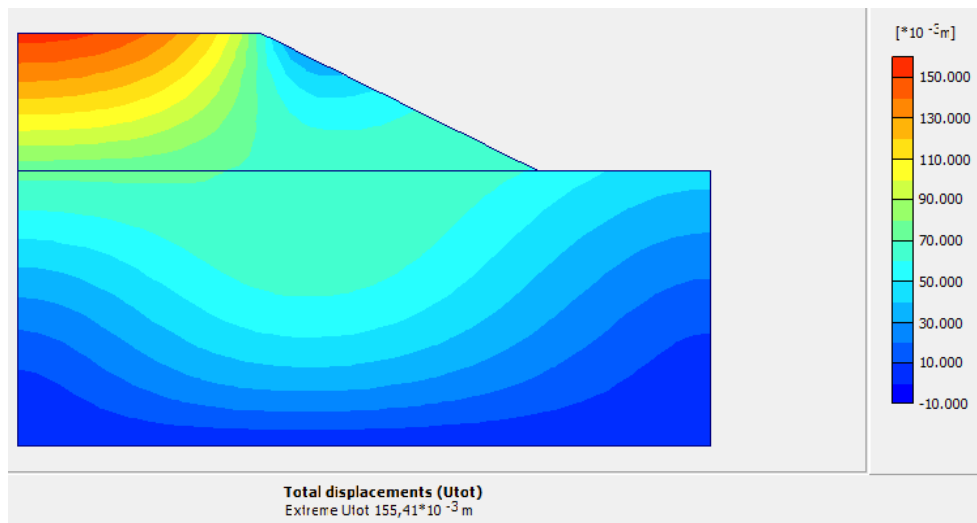


Gambar 5.23 Angka Aman pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement 7%*

2. Penurunan dan stabilitas lereng dengan beban kendaraan dan beban gempa

a. *Total displacement*

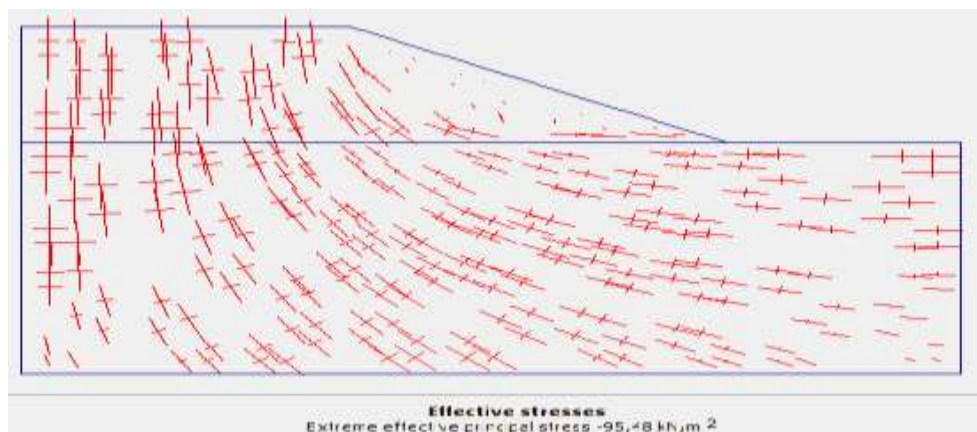
Displacement terbesar terjadi pada daerah pojok kiri bagian atas dari timbunan yang ditunjukkan dengan warna orange tua. Semakin kebawah warna orange tua memudar hingga berubah menjadi warna biru yang menandakan bahwa semakin ke bawah lapisan *displacement* yang terjadi semakin kecil. *Displacement* yang terbesar pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* akibat beban kendaraan dan beban gempa yaitu sebesar $155,41 \times 10^{-3} \text{m}$ yang dapat dilihat pada Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Total Displacement pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7%

b. *Effective stresses*

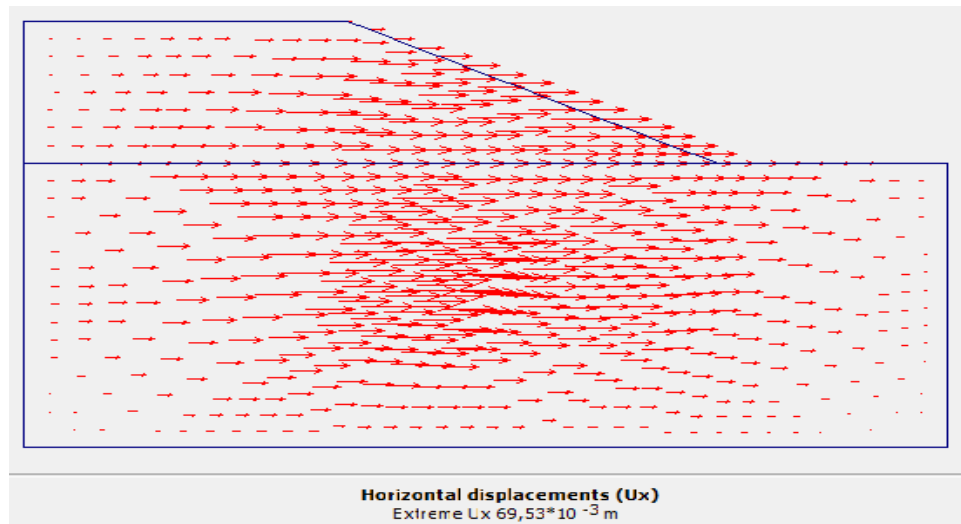
Effective stresses menunjukkan hasil bahwa garis-garis yang menandai arah dan besarnya tegangan efektif. Semakin kebawah daerah lapisan, tegangan efektif semakin banyak terutama pada bagian tengah timbunan. Besar nilai *effective stresses* pada timbunan akibat beban kendaraan dan beban gempa pada tanah campuran *portland cement* adalah $-95,48 \text{ kN/m}^2$. *Effective stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.25.



Gambar 5.25 Effective Stresses pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7%

c. Arah pergerakan tanah

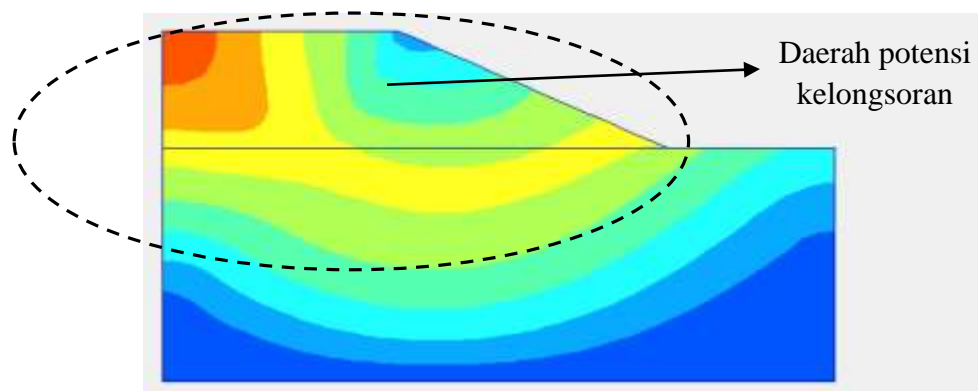
Analisis pergerakan tanah yang terjadi pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* menunjukkan bawah tanah bergerak dominan ke arah sebelah kanan. Arah pergerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Arah Pergerakan Tanah pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7%

d. Potensial kelongsoran

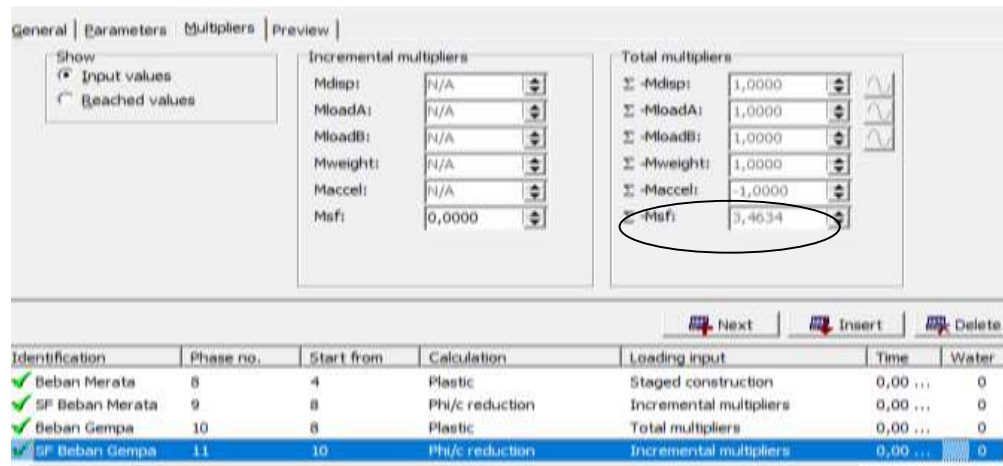
Potensial kelongsoran pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* dapat dilihat pada Gambar 5.27.



Gambar 5.27 Daerah Kelongsoran pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7%

e. Angka aman (SF)

Angka aman pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* menunjukkan nilai sebesar 3,4634 yang mana angka tersebut sebenarnya telah memenuhi syarat aman seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



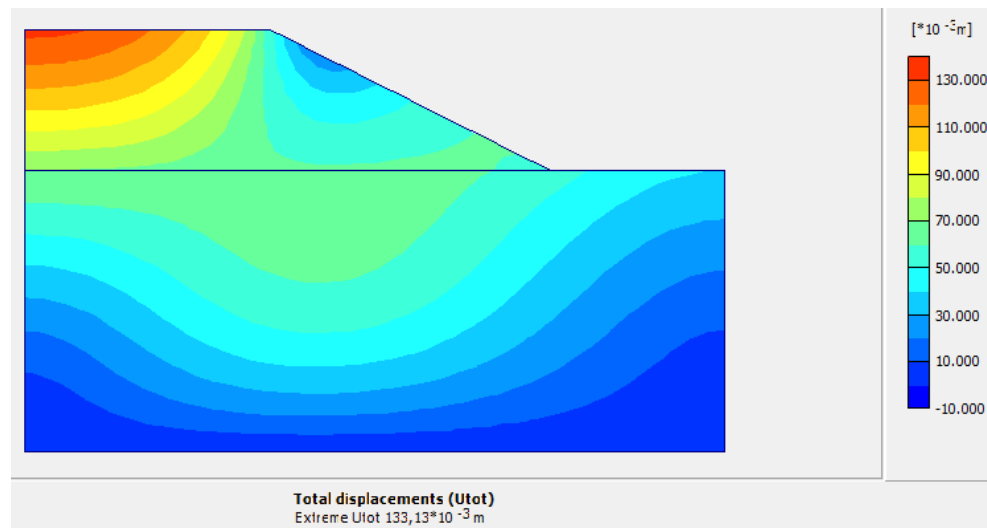
Gambar 5.28 Angka Aman pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7%

5.3.4 Hasil Pemodelan Timbunan Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

1. Penurunan dan stabilitas lereng dengan beban kendaraan

a. *Total displacement*

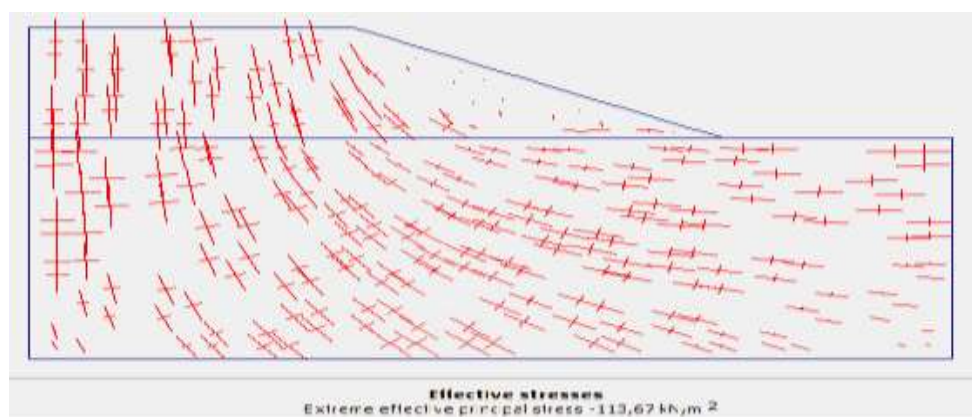
Displacement terbesar terjadi pada daerah pojok kiri bagian atas dari timbunan yang ditunjukkan dengan warna orange tua. Semakin kebawah warna orange tua memudar hingga berubah menjadi warna biru yang menandakan bahwa semakin ke bawah lapisan *displacement* yang terjadi semakin kecil. *Displacement* yang terbesar pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% akibat beban kendaraan yaitu sebesar $133,13 \times 10^{-3} \text{m}$ yang dapat dilihat pada Gambar 5.29.



Gambar 5.29 Total Displacement pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

b. *Effective stresses*

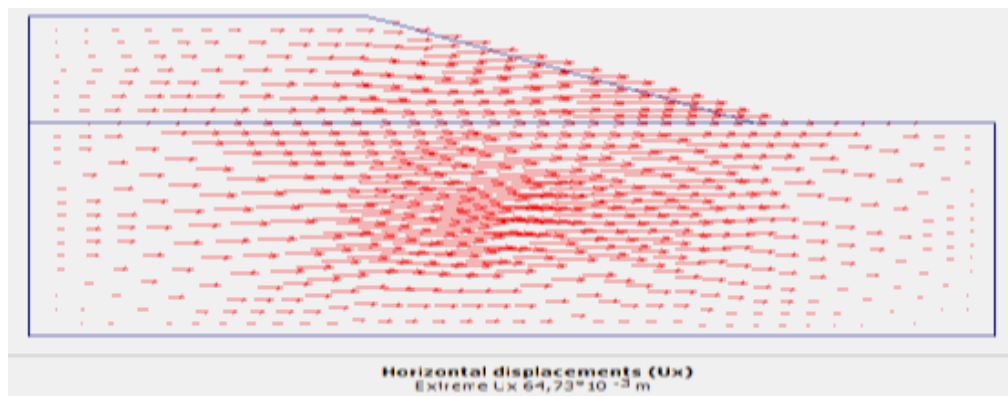
Effective stresses menunjukkan hasil bahwa garis-garis yang menandai arah dan besarnya tegangan efektif. Semakin kebawah daerah lapisan, tegangan efektif semakin banyak terutama pada bagian tengah timbunan. Besar nilai *effective stresses* pada timbunan akibat beban kendaraan pada tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% adalah $-113,67 \text{ kN/m}^2$. *Effective stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.30.



Gambar 5.30 *Effective Stresses* pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

c. Arah pergerakan tanah

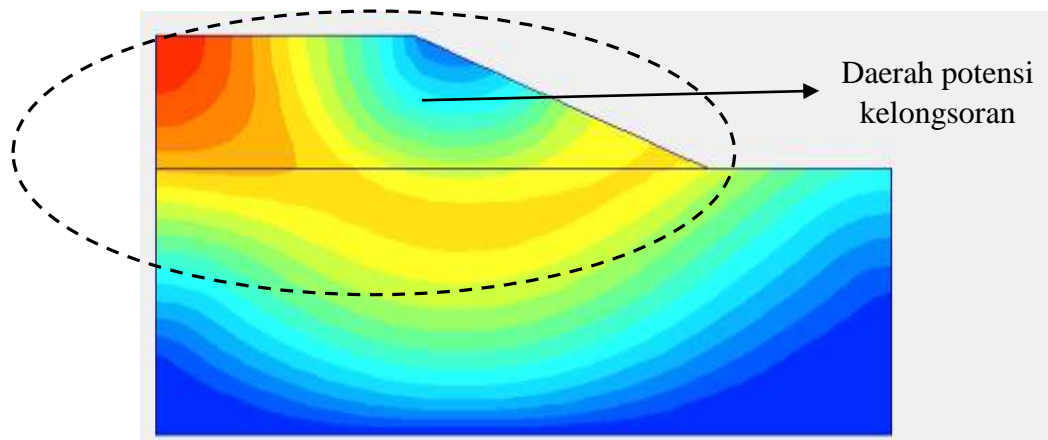
Analisis pergerakan tanah yang terjadi pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% menunjukkan bawah tanah bergerak dominan ke arah sebelah kanan. Arah pergerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.31.



Gambar 5.31 Arah Pergerakan Tanah pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

d. Potensial kelongsoran

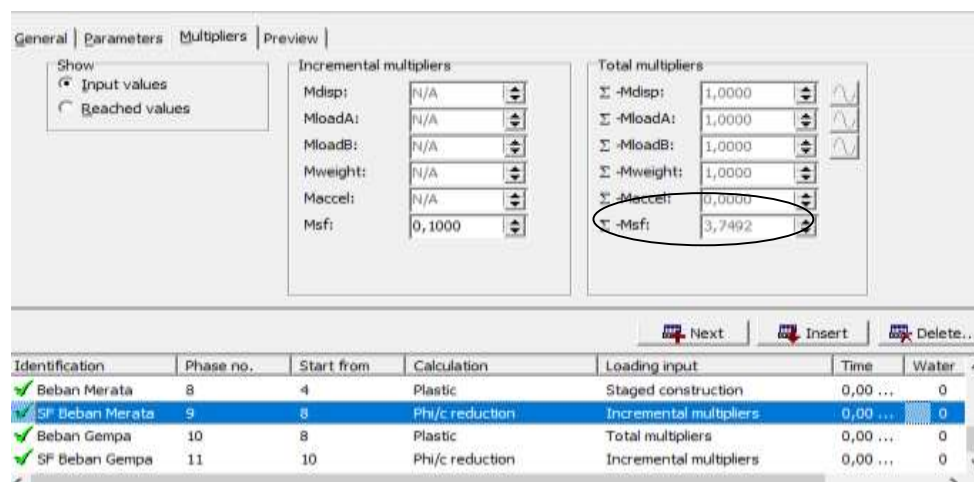
Potensial kelongsoran pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% dapat dilihat pada Gambar 5.32.



Gambar 5.32 Daerah Kelongsoran pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

e. Angka aman (SF)

Angka aman pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% menunjukkan nilai sebesar 3,7492 yang mana angka tersebut sebenarnya telah memenuhi syarat aman seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

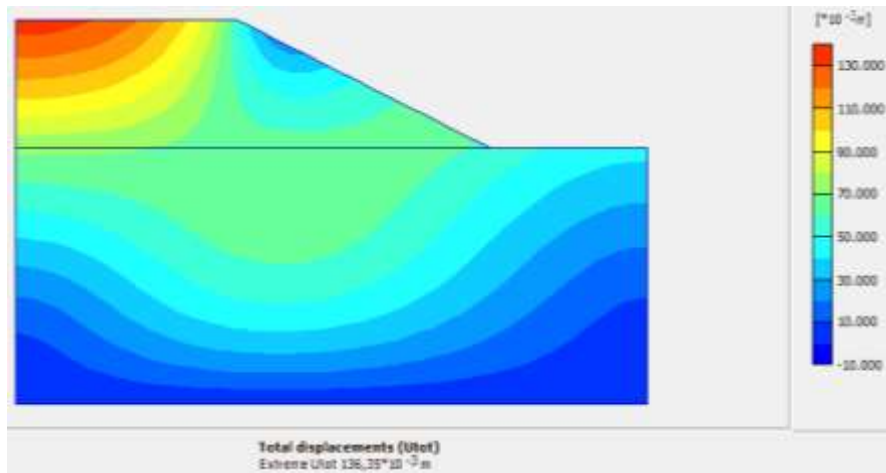


Gambar 5.33 Angka Aman pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

2. Penurunan dan stabilitas lereng dengan beban kendaraan dan beban gempa

a. *Total displacement*

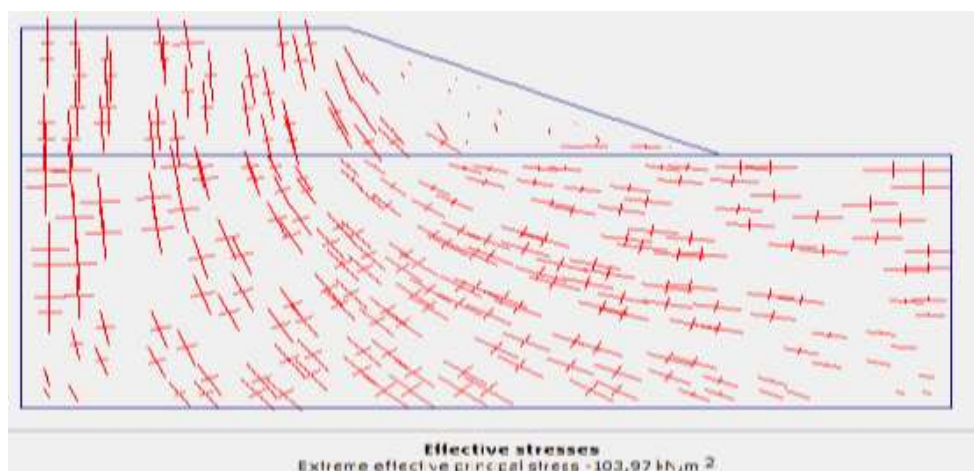
Displacement terbesar terjadi pada daerah pojok kiri bagian atas dari timbunan yang ditunjukkan dengan warna orange tua. Semakin kebawah warna orange tua memudar hingga berubah menjadi warna biru yang menandakan bahwa semakin ke bawah lapisan *displacement* yang terjadi semakin kecil. *Displacement* yang terbesar pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% akibat beban kendaraan dan beban gempa yaitu sebesar $136,35 \times 10^{-3} \text{m}$ yang dapat dilihat pada Gambar 5.34.



Gambar 5.34 Total Displacement pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement 7%* dan *Gypsum 12%*

b. *Effective stresses*

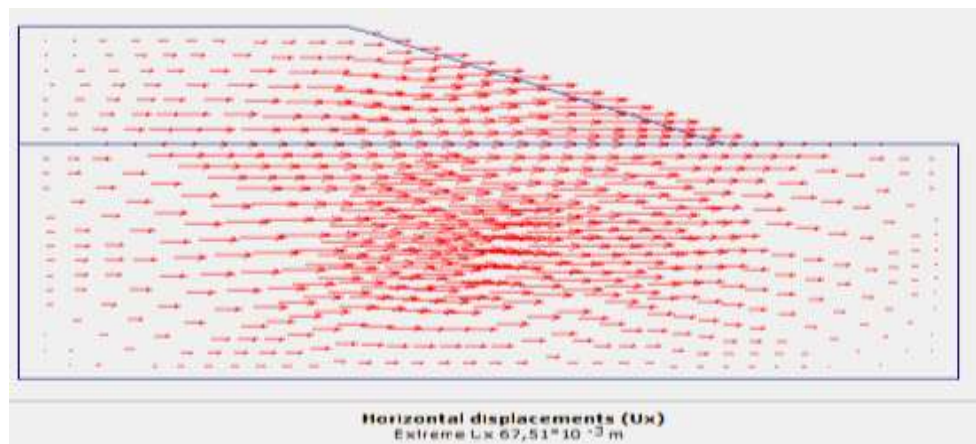
Effective stresses menunjukkan hasil bahwa garis-garis yang menandai arah dan besarnya tegangan efektif. Semakin kebawah daerah lapisan, tegangan efektif semakin banyak terutama pada bagian tengah timbunan. Besar nilai *effective stresses* pada timbunan akibat beban kendaraan dan beban gempa pada tanah campuran *portland cement 7%* dan *gypsum 12%* adalah $-103,97 \text{ kN/m}^2$. *Effective stresses* dapat dilihat pada Gambar 5.35.



Gambar 5.35 Effective Stresses pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement 7%* dan *Gypsum 12%*

c. Arah pergerakan tanah

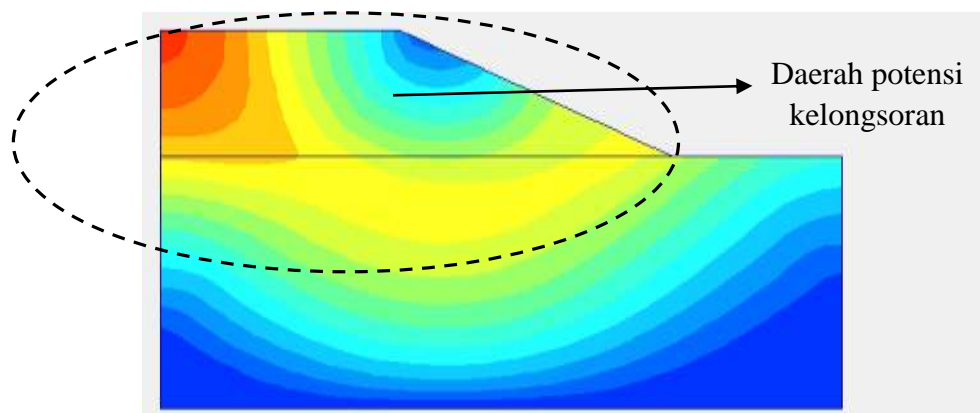
Analisis pergerakan tanah yang terjadi pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% menunjukkan bawah tanah bergerak dominan ke arah sebelah kanan. Arah pergerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.36.



Gambar 5.36 Arah Pergerakan Tanah pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

d. Potensial kelongsoran

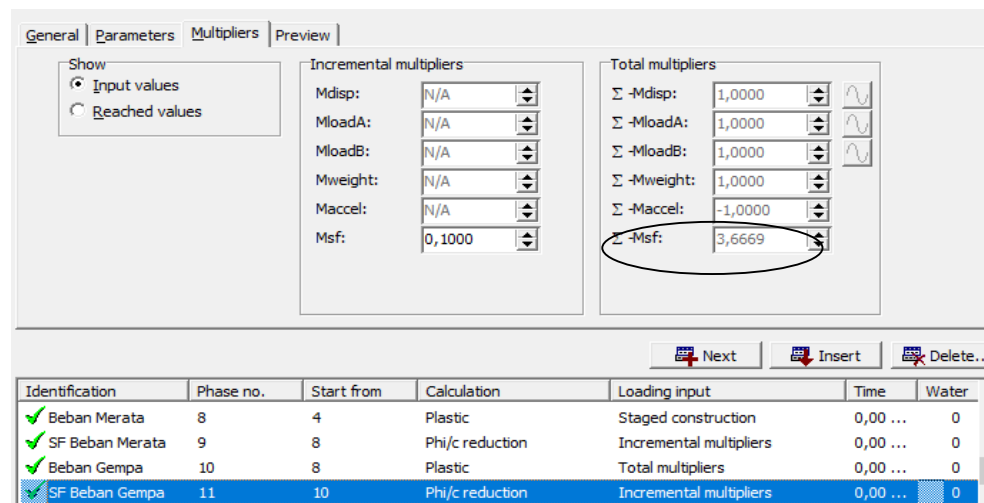
Potensial kelongsoran pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% dapat dilihat pada Gambar 5.37.



Gambar 5.37 Daerah Kelongsoran pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

e. Angka aman (SF)

Angka aman pada lereng timbunan tanah campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12% menunjukkan nilai sebesar 3,6669 yang mana angka tersebut sebenarnya telah memenuhi syarat aman seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.



Gambar 5.38 Angka Aman pada Timbunan (Akibat Beban Kendaraan dan Beban Gempa) pada Tanah Campuran *Portland Cement* 7% dan *Gypsum* 12%

5.3.5 Rekapitulasi Hasil Analisis pada Plaxis

Dari hasil analisis yang telah dilakukan maka hasil analisis selanjutnya direkapitulasi pada Tabel 5.27. Seluruh gambar hasil analisis dapat dilihat pada Lampiran.

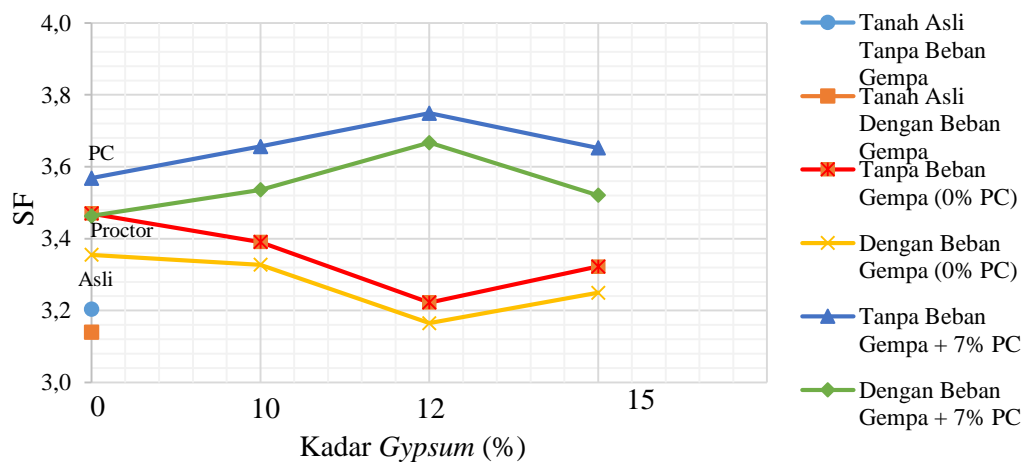
Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Analisis pada Plaxis

Timbunan	SF		Displacement (m)	
	Beban Kendaraan	Beban Kendaraan + Beban Gempa	Beban Kendaraan	Beban Kendaraan + Beban Gempa
Tanah Asli	3,2036	3,1398	0,1385	0,1418
Tanah Asli Kepadatan	3,4699	3,3551	0,1350	0,1382
Tanah + PC 7%	3,5681	3,4634	0,1521	0,1554
Tanah + <i>Gypsum</i> 10%	3,3905	3,3273	0,1439	0,1472

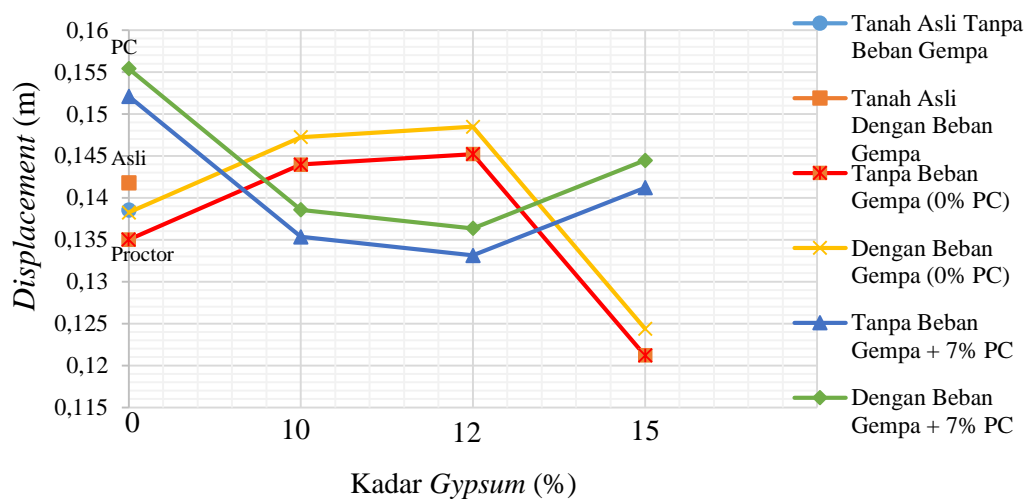
Lanjutan Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Analisis pada Plaxis

Timbunan	SF		Displacement (m)	
	Beban Kendaraan	Beban Kendaraan + Beban Gempa	Beban Kendaraan	Beban Kendaraan + Beban Gempa
Tanah + <i>Gypsum</i> 12%	3,2224	3,1650	0,1452	0,1485
Tanah + <i>Gypsum</i> 15%	3,3226	3,2495	0,1212	0,1244
Tanah + PC 7% + <i>Gypsum</i> 10%	3,6565	3,5358	0,1353	0,1386
Tanah + PC7% + <i>Gypsum</i> 12%	3,7492	3,6669	0,1331	0,1364
Tanah + PC 7% + <i>Gypsum</i> 15%	3,6526	3,5205	0,1412	0,1445

Hasil rekapitulasi nilai SF dan penurunan pada timbunan kemudian dibuat grafik perbandingan antara nilai SF dan penurunan terhadap campuran *portland cement* dan *gypsum*. Grafik perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5.39 dan Gambar 3.40.



Gambar 5.39 Grafik Pengaruh *Portland Cement* dan *Gypsum* Terhadap Nilai SF



Gambar 5.40 Grafik Pengaruh *Portland Cement* dan *Gypsum* Terhadap *Displacement*

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa penambahan sekaligus antara *portland cement* dan *gypsum* sangat mempengaruhi nilai SF dan penurunan pada timbunan. Dari hasil analisis SF timbunan tanah asli sebesar 3,2036 ketika diberi beban kendaraan dan 3,1398 saat ditambahkan beban gempa. Nilai SF yang paling besar dari semua campuran yang telah dilakukan yaitu terdapat pada campuran *portland cement* 7% dan *gypsum* 12%. Nilai SF mencapai 3,7492 saat diberi beban kendaraan dan 3,6669 ketika ditambahkan beban gempa. Meningkatnya kestabilan lereng ditunjukkan dengan meningkatnya nilai SF pada lereng hal ini terjadi karena adanya peningkatan pada kekuatan geser tanah, sedangkan untuk penurunan timbunan tanah asli yaitu 0,1385m untuk beban kendaraan dan 0,1418m jika ditambahkan beban gempa. Berbeda dengan SF, campuran yang berpengaruh dalam mengurangi penurunan berdasarkan hasil analisis *plaxis* adalah campuran *gypsum* 15% yaitu 0,1212m dan 0,1244m ketika ditambahkan beban gempa.

Berdasarkan pada gambar daerah kelongsoran, tanah bergerak hingga lapisan yang berwarna kuning, sedangkan lapisan berwarna oren menunjukkan daerah kelongsoran ekstrem yang disebabkan karena adanya beban merata (beban kendaraan). Stabilitas lereng timbunan dapat dikatakan aman, karena telah melewati batas aman dari SF yaitu 1,2-1,5 sesuai dengan apa yang telah disebutkan oleh Hardiyatmo (2010).