

## BAB V

### ANALISIS HASIL PENELITIAN

Pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, untuk tanah gambut Ambarawa dan tanah gambut Ambarawa campur belerang memperoleh hasil berupa sifat-sifat fisik dan mekanik tanah.

Sifat fisik tanah meliputi kadar air tanah ( $w$ ), berat volume tanah ( $\gamma$ ), berat volume kering ( $\gamma_k$ ), berat jenis tanah ( $G_s$ ), sudut geser dalam tanah ( $\phi$ ), kohesi tanah ( $c$ ), dan batas-batas *atterberg*, sedangkan sifat mekanik tanah meliputi parameter kuat tekan bebas ( $q_u$ ) dan uji Pemadatan Proktor Standar.

#### 5.1 Sifat Fisik Tanah Gambut Asli

##### 5.1.1 Analisis Kadar Air Tanah

Hasil yang didapat pada pengujian dianalisis dengan rumus kadar air yang hasilnya ditabelkan pada tabel 5.1

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

$$w = \frac{59,20 - 21,70}{24,9 - 21,70} \cdot 100\%$$

$$= 1071,88\%$$

### 5.1.3 Analisis Berat Volume Kering

Berat volume kering dapat dihitung dengan rumus berat volume kering, contoh perhitungan sebagai berikut :

$$w = 1110,18\%$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} = \frac{1,117}{1+11,108} = 0,0923 \text{ gr/cm}^3$$

### 5.1.4 Analisis Berat Jenis Tanah (*Specific gravity*)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya nilai perbandingan antara berat butir tanah dengan berat air destilasi diudara dengan volume yang sama pada suhu tertentu, biasanya diambil pada suhu 27,5<sup>o</sup>C.

Hasil pengujian berat jenis tanah dapat dihitung, contoh perhitungannya sebagai berikut :

Contoh perhitungan berat jenis tanah :

$$\begin{aligned} \gamma_s &= \frac{(W2 - W1)}{(W4 - W1) - (W3 - W2)} \\ &= \frac{(28 - 23,2)}{(48,8 - 23,2) - (50,6 - 28)} \\ &= 1,559 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\gamma_w \text{ pada } 27,5^{\circ} = 0,996$$

$$\gamma_w \text{ pada } t^{\circ} = 27,5^{\circ} = 0,996$$

$$G_s = \gamma_s \cdot \frac{\gamma_w \text{ pada } 1^{\circ}}{\gamma_w \text{ pada } 27,5^{\circ}} = 1,559 \cdot \frac{0,996}{0,996} = 1,559$$

Dengan cara yang sama untuk menghitung sampel yang lain, lalu hasil dari perhitungan tersebut ditabelkan pada tabel 5.3 di bawah ini :

**Tabel 5.1 Kadar Air Tanah Asli pada Kondisi *Disturb***

Berat container, gr	W1	21,70	21,90
Berat cont. + tanah basah, gr	W2	59,20	63,10
Berat cont. + tanah kering, gr	W3	24,90	25,20
Berat air, gr	A = W2 - W3	34,30	37,90
Berat tanah kering, gr	B = W3 - W1	3,20	3,30
Kadar air, %	(A/B). 100%	1071,88	1148,48
Kadar air rata-rata, %		1110,18	

### 5.1.2 Analisis Berat Volume Tanah

Untuk berat volume tanah digunakan rumus sebagai berikut :

$$\gamma_b = \frac{W}{V}$$

$$\gamma_b = \frac{83,01}{75,7} = 1,097 \text{ gr/cm}^3$$

**Tabel 5.2 Berat Volume Tanah**

No	Keterangan	I	II	III
1	Diameter ring d (cm)	6,46	6,46	6,46
2	Tinggi ring t (cm)	2,31	2,31	2,31
3	Volume ring V (cm <sup>3</sup> )	75,7	75,7	75,7
4	Berat ring W1 (gr)	62,2	62,2	62,2
5	Berat ring + tanah W2 (gr)	152,21	154,6	154,55
6	Berat tanah W2-W1 (gr)	83,01	85,4	85,35
7	Berat Volume tanah $\gamma_b$ (gr/cm <sup>3</sup> )	1,097	1,128	1,1275
8	$\gamma_b$ rata-rata (gr/cm <sup>3</sup> )	1,117		

Tabel 5.3 Hasil Pengujian *Specific Gravity*

1	No pengujian/sampel	1	2
2	Berat Picknometer (W1)	23,20	16,20
3	Berat Picknometer +tanah kering (W2)	28,00	21,15
4	Berat Picknometer + tanah + air (W3)	50,06	43,55
5	Berat Picknometer + air (W4)	48,80	41,70
6	Temperatur (to)	27,50	27,50
7	Berat tanah kering (Wt)	4,80	4,95
8	$A = Wt + W4$	53,60	46,65
9	$I = A - W3$	3,54	3,10
10	Berat Jenis tanah, $\gamma_s = Wt / I$	1,36	1,60
11	$G_s = \gamma_s \cdot \gamma_w \text{ pada } T^{\circ}C / \gamma_w \text{ pada } 27,5^{\circ}$	1,36	1,60
12	Gs rata-rata	$\frac{1,36 + 1,6}{2} = 1,48$	

## 5.2 Sifat Mekanik Tanah Gambut Asli

### 5.2.1 Uji Pemadatan Proktor Standar

Tanah yang digunakan untuk sample dikeringkan terlebih dahulu dengan cara dijemur, setelah itu tanah ditumbuk dan disaring dengan saringan no 4. Sampel dipakai secukupnya, tiap sample beratnya 1 kg sebanyak 6 buah. Penambahan air terus dilakukan sampai mendapatkan volume kering optimum.

Hasil pengujian pemadatan dapat dilihat pada tabel 5.5 dan diposisikan dalam grafik 5.2 berikut ini.

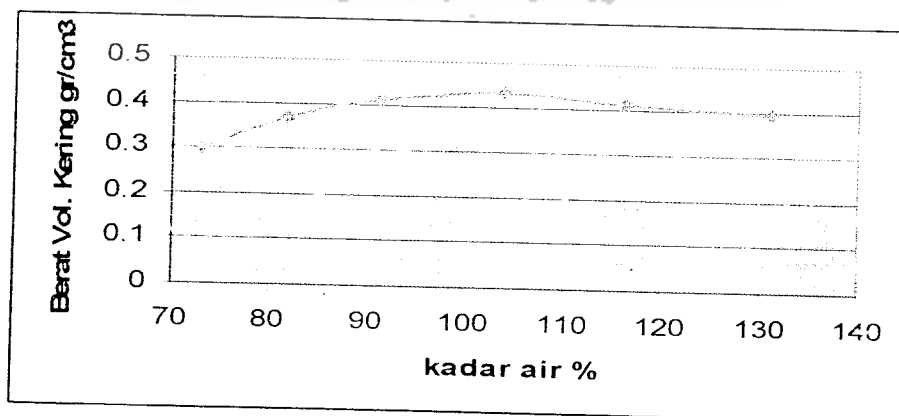
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Proktor Standar Tanah Gambut

No. Sampel	1	2	3	4	5
Volume silinder cm <sup>3</sup>	944,82	944,82	944,82	944,82	944,82
Berat silinder gr	1868	1868	1868	1868	1868
Berat tanah basah gr	1000	1000	1000	1000	1000
Kadar air mula-mula %	11,335	11,335	11,335	11,335	11,335
Penambahan air ml	700	800	900	1000	1100
Berat silinder + tanah gr	2350	2498	2610	2710	2730
Berat tanah padat gr	482	630	742	842	862
Berat vol. tanah basah gr	0,510	0,667	0,785	0,891	0,912
Kadar air %	73,02	81,53	91,25	116,17	130,99
Berat vol. tanah kering gr	0,295	0,367	0,411	0,412	0,395

Contoh perhitungan berat volume tanah pada sampel no 1 :

$$\gamma_b = \frac{W}{V} = \frac{482}{944,82} = 0,510 \text{ gr/cm}^3$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w} = \frac{0,510}{1+0,7302} = 0,295 \text{ gr/cm}^3$$



Grafik 5.1 Pemadatan Proktor Standar Tanah Gambut

### 5.2.2 Uji Tekan Bebas Tanah Asli

Untuk tanah asli dengan kadar air asli tidak dapat diuji karena kadar air terlalu tinggi, oleh karena itu untuk uji Tekan Bebas digunakan kadar air optimum yang hasilnya akan dijadikan perbandingan dengan hasil uji Tekan Bebas tanah gambut campur belerang. Pada uji Tekan Bebas *dial* dibaca setiap perpendekan tanah -40 setiap 30 detik. Dari pembacaan tersebut dibuat grafik tegangan-regangan dengan tegangan sebagai sumbu -y(kg/cm<sup>2</sup>) dan regangan sebagai sumbu -x(%). Menghitungnya dengan menggunakan rumus (4.4) sampai (4.10).

Contoh perhitungan tegangan sampel tanah + kadar air optimum :

Pada detik ke 30 pembacaan *dial* perpendekan tanah -40

$$\begin{aligned}\Delta L &= dial / 10^3 \\ &= 40 / 10^3 \\ &= 0,040\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \Delta L / L_0 \% \\ &= (0,040 / 7,49) \% \\ &= 0,53\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{koreksi} &= 1 - \varepsilon \\ &= 1 - (0,53\%) \\ &= 0,995\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A &= A_0 / \text{koreksi} \\ &= 11,371 / 0,995 = 11,428\end{aligned}$$

Pada pembacaan dial 40 terbaca *dial* beban 1,2 setara dengan beban 0,80304 kg.

$$\text{Tegangan} = q_u = P_{\text{maks}} / A$$

$$q_u = 0,80304/11.428$$

$$q_u = 0,070245 \text{ kg/cm}^2$$

Setelah sampel mencapai beban optimum, dilakukan pengukuran sudut pecah ( $\alpha$ ) dengan memilih sudut yang terkecil. Dari pembacaan beban optimum dan sudut pecah dapat dihitung kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).

Contoh perhitungan kohesi pada tanah + kadar air optimum :

$$c = \frac{q_u}{2 \cdot \text{tg} \alpha}$$

$$c = \frac{0,70028}{2 \cdot \text{tg} \alpha} = 0,227 \text{ kg/cm}^2$$

Perhitungan sudut geser dalam pada tanah + kadar air optimum + 0% belerang

$$\phi = 2 \cdot (\alpha - 45)^\circ$$

$$\phi = 2 \cdot (57 - 45)^\circ$$

$$\phi = 24^\circ$$

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Tanah + w optimum + 0% belerang**

Sampel	Tanah - w optimum - 0% belerang
$\alpha$	57
$\phi$	24
$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,70028
$c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	0,227

Untuk tanah asli dengan kadar air asli karena kadar air sangat tinggi maka tidak dapat dibentuk menjadi sebuah sampel, oleh karena itu tidak dapat diuji pada pengujian Kuat Tekan Bebas.

### 5.2.3 Uji Triaksial UU Tanah Asli

Pada uji Triaksial UU dial dibaca setiap perpindahan tanah -40 setiap 30 detik. Dari pembacaan tersebut dibuat grafik tegangan-regangan dengan tegangan  $(\sigma_1 - \sigma_2)/2$  sebagai sumbu -Y ( $\text{kg/cm}^2$ ) dan regangan  $(\sigma_1 + \sigma_2)/2$  sebagai sumbu -X (%) sama pada uji Tekan Bebas, tetapi pada uji Triaksial UU sampel diberi tekanan sel sebesar  $0,5 \text{ kg/cm}^2$ ,  $1,0 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $2,0 \text{ kg/cm}^2$ , kemudian diposisikan pada grafik lingkaran *Mohr* dengan sumbu -X berupa tegangan normal dan sumbu -Y berupa tegangan geser. Perhitungannya menggunakan rumus (4.11) sampai (4.16).

Perhitungan tegangan pada kondisi sampel tanah + w optimum + 0% belerang:

$$\Delta H = \text{dial}/1000$$

$$= 40/1000$$

$$= 0,040$$

$$\varepsilon = (\Delta H/H_0)\%$$

$$= (0,040/7,63)\%$$

$$= 0,524\%$$

$$\text{koreksi} = 1 - \varepsilon$$

$$= 1 - (0,524\%)$$

$$= 0,995$$

Pada pembacaan dial -40, terbaca dial beban 10 maka :

$$\text{Tegangan, } \Delta\sigma = P/\Delta$$

$$= \sigma_1 - \sigma_3$$

$$\Delta\sigma = k \cdot (1 - \varepsilon) \cdot \text{dial}$$

$$= \frac{K}{A} \cdot (1 - \varepsilon) \times \text{dial}$$



$$\Delta\sigma = \frac{0,205}{11,95} \cdot 0,995$$

$$\Delta\sigma = 0,1706 \text{ kg/cm}^2$$

Untuk membuat grafik lingkaran *Mohr*, digunakan  $P_{\text{maks}}/A = 2,060 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_1 = \sigma_3 + (P_{\text{maks}}/A)$$

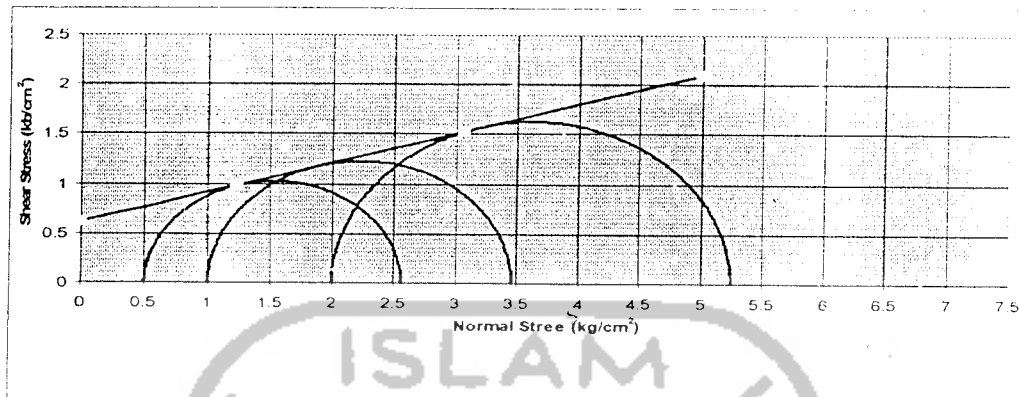
$$\sigma_1 = 0,5 + 2,06 = 2,56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{2,56 - 0,5}{2} = 1,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} = \frac{2,56 + 0,5}{2} = 1,53 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan cara yang sama dibuat lingkaran *Mohr* untuk  $\sigma_3 = 1 \text{ kg/cm}^2$ , dan  $\sigma_3 = 2 \text{ kg/cm}^2$ , kemudian ditarik garis linier dan menyinggung masing-masing lingkaran tersebut yang merupakan garis keruntuhan, dan garis keruntuhan tersebut didapatkan nilai kohesi yang merupakan titik potong garis selubung keruntuhan dengan sumbu  $-y$  serta nilai sudut geser dalam. Dalam grafik lingkaran *Mohr* digunakan diameter lingkaran  $= \sigma_3 - \sigma_1$ .

$\sigma_3$	0,5	1	2
$\sigma_1 - \sigma_2 = P/A$	2,06064	2,45872	3,24309
$\sigma_1 + \sigma_2$	2,56064	3,45872	5,24309
$(\sigma_1 + \sigma_2)/2$	1,53032	2,22936	3,62155
$(\sigma_1 - \sigma_2)/2$	1,03032	1,22936	1,62155
Angel of shearing resistance ( $^\circ$ )			16,49728
Apperen cohesion ( $\text{kg/cm}^2$ )			0,618025



**Gambar 5.2** Grafik Lingkaran Mohr Tanah + w optimum + 0% belerang

### 5.3 Sifat Fisik Tanah Gambut Campur Belerang

Setelah dicampur belerang sifat fisik tanah campuran berubah terutama pada kohesi dan sudut geser dalam dari uji Tekan Bebas, yang hasilnya ditabelkan pada tabelkan pada tabel 5.8 dibawah ini.

**Tabel 5.6** Perubahan Kohesi dan Sudut Geser Dalam Tanah Campuran

No	Keterangan	c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi^0$	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	w (%)
1	Tanah + 5% belerang	0,275	28	0,733	102,37
2	Tanah + 10% belerang	0,313	30	0,733	101,37
3	Tanah + 15% belerang	0,297	30	0,733	100,91
4	Tanah + 20% belerang	0,279	26	0,733	100,06

### 5.4 Sifat Mekanik Tanah Gambut Campur Belerang

#### 5.4.1 Analisis Uji Tekan Bebas Tanah Gambut + Belerang

Pada uji Tekan Bebas terlihat perubahan besarnya ( $q_u$ ), hal ini karena perubahan dari kohesi dan sudut geser dalam.

Contoh perhitungan tegangan pada sampel tanah + 10% belerang (0 hari) :

Pada detik ke 30 pembacaan dial perpendekan tanah 40

$$\Delta L = dial / 10^3$$

$$= 40 / 10^3$$

$$= 0,040$$

$$\varepsilon = \Delta L / L_0 \%$$

$$= (0,040 / 7,49) \%$$

$$= 0,53 \%$$

$$\text{koreksi} = 1 - \varepsilon$$

$$= 1 - (0,53 \%)$$

$$= 0,995$$

$$A = A_0 / \text{koreksi}$$

$$= 11,371 / 0,995 = 11,428 \text{ mm}^2$$

Pada pembacaan dial 40 terbaca dial beban 2, setara dengan beban 1,3384 kg.

$$\text{Tegangan} = q_u = P_{\text{maks}} / A$$

$$= 1,3384 / 11,428$$

$$= 0,117074 \text{ kg/cm}^2$$

Setelah sampel mencapai beban optimum, dilakukan pengukuran sudut pecah ( $\alpha$ ) dengan memilih sudut yang terkecil. Dari pembacaan beban optimum dan sudut pecah dapat dihitung kohesi ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ).

Contoh perhitungan kohesi pada tanah + 10% belerang :

$$c = \frac{q_u}{2 \times \text{tg} \alpha}$$

$$c = \frac{1,5785}{2 \cdot \text{tg}60} = 0,456 \text{ kg/cm}^2$$

Contoh perhitungan sudut geser dalam pada tanah + 10% belerang :

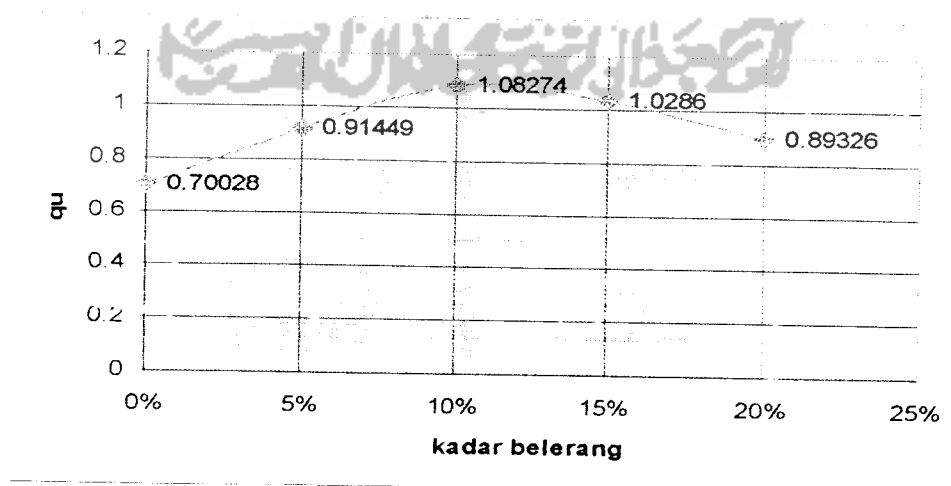
$$\phi = 2 \cdot (\alpha - 45)^\circ$$

$$\phi = 2 \cdot (60 - 45)^\circ = 30^\circ$$

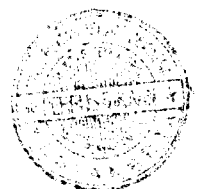
Dengan cara yang sama untuk menghitung sampel dengan variasi kadar belerang yang lain, ditabelkan dibawah ini.

**Tabel 5.7 Hasil Uji Tekan Bebas Tanah Campur Belerang**

No	Keterangan	c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi^\circ$	qu kg/cm <sup>2</sup>
1	tanah asli + w <sub>opt</sub>	0,227	24	0,70028
2	tanah + 5% belerang	0,275	28	0,91499
<b>3</b>	<b>tanah + 10% belerang</b>	<b>0,313</b>	<b>30</b>	<b>1,08274</b>
4	tanah + 15% belerang	0,297	30	1,02860
5	tanah + 20% belerang	0,279	26	0,89326



**Gambar 5.3 Grafik Uji Tekan Bebas Tanah Campur Belerang**



Dari tabel dan grafik diatas dapat disimpulkan kadar optimum belerang adalah 10% dari berat sampel. Maka untuk *curing time* dipakai campuran belerang 10% berat sampel.

#### 5.4.2 Analisis Uji Triaksial UU Tanah campur Belerang

Pada uji Triaksial UU pada tanah campur belerang terjadi perubahan, dengan perhitungan yang sama pada uji Triaksial UU tanah asli.

**Tabel 5.8 Tabel Hasil Pengujian Triaksial Tanah Campur Belerang**

No	Keterangan	c kg/cm <sup>2</sup>	$\phi''$
1	tanah asli + $w_{opt}$	0,618025	16,49728
2	tanah + 5% belerang	0,902114	19,60768
3	tanah + 10% belerang	1,203759	20,17074
4	tanah + 15% belerang	1,124581	18,45986
5	tanah + 20% belerang	1,159405	18,80565

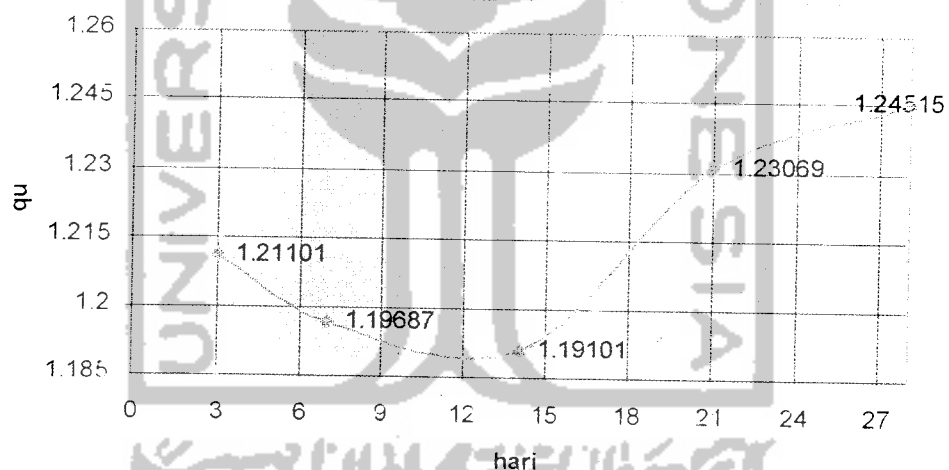
### 5.5 Waktu Pemeraman (*Curing Time*)

#### 5.5.1 Analisis Uji Tekan Bebas Tanah Campuran Dengan *Curing Time*

Selama *Curing Time* tetap terjadi perubahan pada kohesi, sudut geser dalam dan ( $q_u$ ), perubahan yang terjadi tidak sebesar perubahan yang terjadi pada saat tanah asli dicampur dengan belerang dan yang terjadi antara hari ke-3 dan ke-7, karena hari berikutnya perubahan tidak begitu besar, tetapi tetap terjadi peningkatan dan lebih stabil dari sebelumnya, hasil dari pengujian Kuat Tekan Bebas dengan perhitungan yang sama dengan uji Tekan Bebas yang telah dihitung sebelumnya di tabelkan pada tabel 5.9 seperti di bawah ini.

**Tabel 5.9 Hasil Uji Tekan Bebas Tanah Gambut + Kadar Belerang Optimum**

No	<i>Curing time</i>	$\gamma_b$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	qu (kg/cm <sup>2</sup> )	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi^\circ$
1	3 hari	1,476	0,73298	1,21101	0,496	29
2	7 hari	1,476	0,73298	1,19687	0,516	31
3	14 hari	1,476	0,73298	1,19101	0,528	30
4	21 hari	1,476	0,73298	1,23069	0,524	29
5	28 hari	1,476	0,73298	1,24515	0,556	30



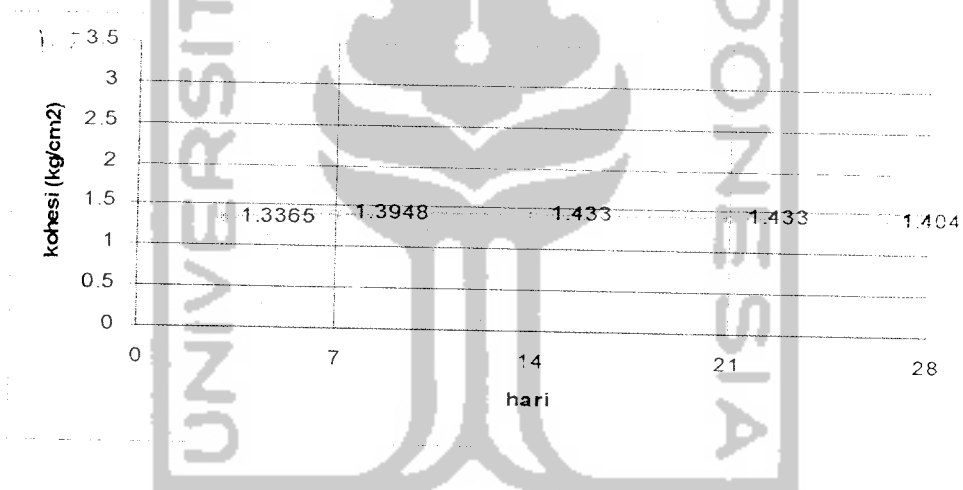
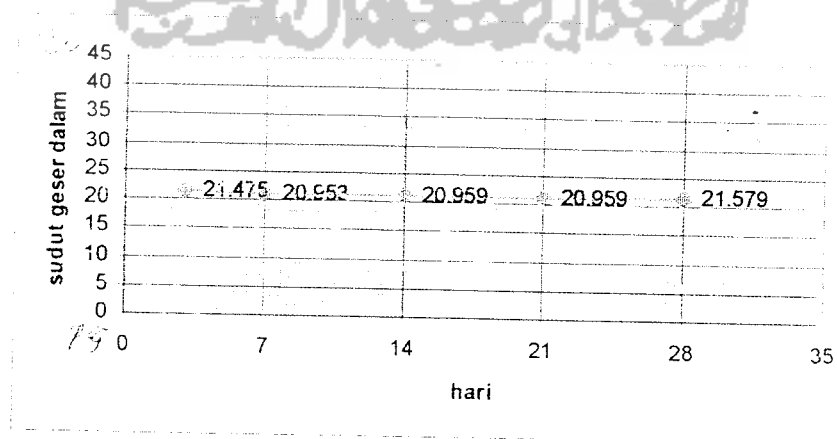
**Gambar 5.4 Grafik uji Tekan Bebas dengan *Curing Time***

### 5.5.2 Analisis Pengujian Triaksial UU Tanah Campuran dengan *Curing Time*

Pada uji Triaksial UU selama *curing time* juga terlihat adanya perubahan pada kohesi, dan sudut geser dalam, dengan cara perhitungan yang sama pada uji Triaksial UU sebelumnya didapat hasil seperti yang ditabelkan pada tabel 5.8 yang ada di bawah ini.

Tabel 5.10 Hasil Percobaan Uji Triaksial UU dengan *curing time*

No	<i>Curing time</i>	$\gamma_b$ (gr/cm <sup>3</sup> )	$\gamma_k$ (gr/cm <sup>3</sup> )	c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi''$
1	3 hari	1,476	0,73298	1,3365	21,475
2	7 hari	1,476	0,73298	1,3948	20,953
3	14 hari	1,476	0,73298	1,4330	20,959
4	21 hari	1,476	0,73298	1,4330	20,959
5	28 hari	1,476	0,73298	1,4040	21,579

Gambar 5.5 Grafik Koheesi Selama *Curing Time*Gambar 5.6 Grafik Sudut Geser Dalam Selama *Curing Time*