

## **BAB V**

### **ANALISIS DATA PENELITIAN**

Pada bab ini akan disajikan hasil penelitian laboratorium terhadap tanah lempung asli dan tanah lempung yang telah distabilisasi dengan *Sludge* dan batu Zeolit. Penelitian laboratorium ini dilakukan dengan maksud mengetahui pengaruh waktu perawatan (*curing-time*) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik tanah. Sedangkan data detail hasil pengujian dan perhitungan penelitian ini secara lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran.

#### **5.1 Analisis Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Asli**

Pengujian sifat tanah asli di laboratorium meliputi pengujian berat jenis, berat volume, kadar air, batas-batas konsistensi Atterberg (batas cair, batas plastis, batas susut dan indeks plastisitas), pengujian tekan bebas dan pengujian konsolidasi. Pengujian hanya dilakukan pada tanah terganggu (*disturbed*). Hasil pengujian sifat tanah asli dirangkum pada tabel 5.1.

Analisa butiran tanah asli dilakukan dengan analisa hidrometer (lihat Lampiran 2). Hasil dari analisa butiran diperlihatkan pada tabel 5.2.

**Tabel 5.1** Sifat Tanah Asli Lempung Troketon

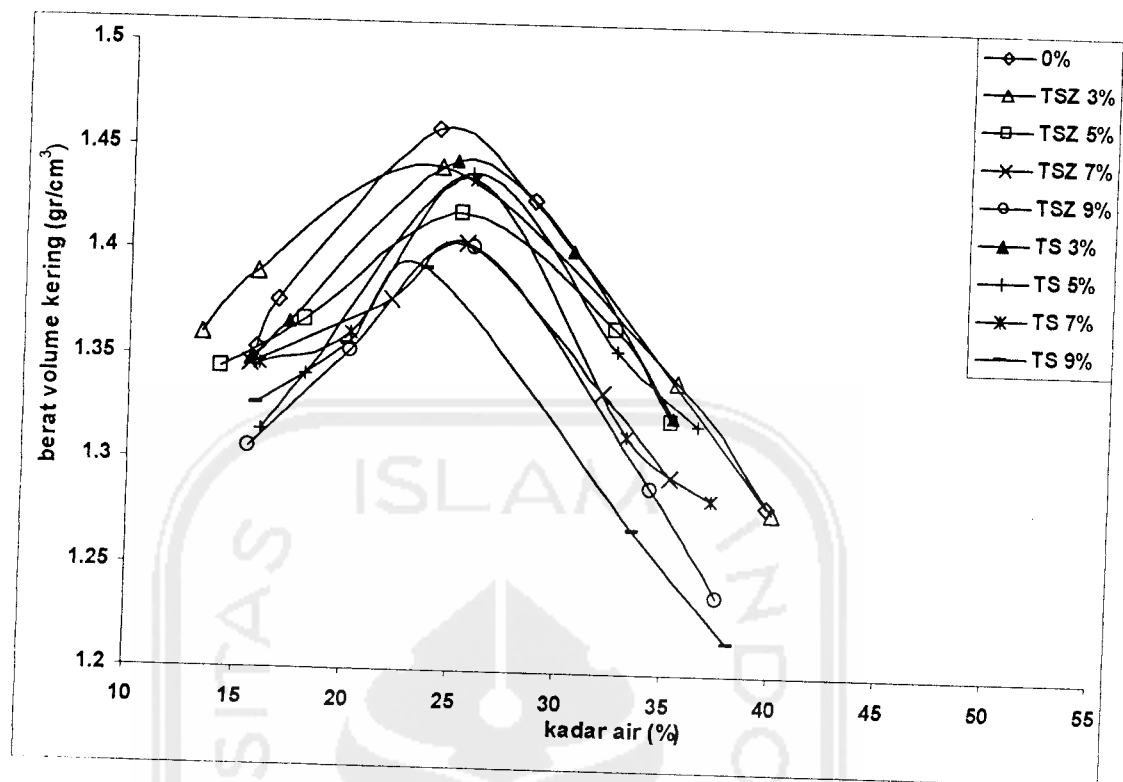
Sifat-sifat Tanah Asli	Nilai
Kadar Air (%)	12.58
Berat Jenis	2.625
Lolos Saringan no. 200 (%)	72.03
Batas Cair (%)	48.67
Batas Plastis (%)	31.27
Batas Susut (%)	23.90
Indeks Plastisitas (%)	16.96
Sudut Gesek Dalam, $\phi$ ( $^{\circ}$ )	40
Kohesi, $c$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	0.8213
Kuat Tekan, $q_u$ ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )	3.5225
Koefisien Konsolidasi, $C_v$ ( $\text{cm}^2/\text{dtk}$ )	0.03813
Indeks Kompresi, $C_c$	0.21465

**Tabel 5.2** Distribusi Butiran pada Analisa Hidrometer

Pembacaan Hidrometer	Diameter (mm)	% lebih kecil
30	0.02997296	57.72
27.5	0.01914237	53.39
21	0.00809715	42.12
18	0.00588391	36.92
13	0.00297066	28.25
7	0.00128046	17.85

## 5.2 Pengujian Pemadatan Tanah

Pengujian pemadatan proktor standar (*Standard Proctor Test*) dilakukan pada tanah asli teganggu (*disturbed*). Pemadatan Proktor standar dilakukan pada 5 (lima) variasi kadar air dengan penambahan air 100 cc, 200 cc, 300 cc, 400 cc dan 500 cc (lihat Lampiran 5). Hasil pengujian diperlihatkan pada Gambar 5.1 dan tabel 5.3.



Gambar 5.1 Hasil Pengujian Standar Proktor

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Kepadatan Tanah

NO	Percobaan	MDD (berat volume kering max gr/cm <sup>3</sup> )	OMC (kadar air optimum %)
1	Tanah Asli	1.459	24.48
2	TS 3%	1.444	24.96
3	TS 5%	1.438	25.70
4	TS 7%	1.435	25.88
5	TS 9%	1.392	24.85
6	TSZ 3%	1.441	24.29
7	TSZ 5%	1.419	25.26
8	TSZ 7%	1.402	25.86
9	TSZ 9%	1.403	25.86

Dari pengujian ini didapatkan kadar air optimum sebesar 24,08 % dan berat volume kering ( $\gamma_k$ ) sebesar 1,459 gr/cm<sup>3</sup> pada tanah asli terganggu. Kadar optimum dari masing-masing rasio campuran akan dipergunakan untuk pembuatan sampel pa-

dan pengujian tekan bebas dan pengujian konsolidasi.

### 5.3 Pengujian Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Tanah Rekayasa (Tanah Asli + Sludge & Tanah Asli + Zeolit)

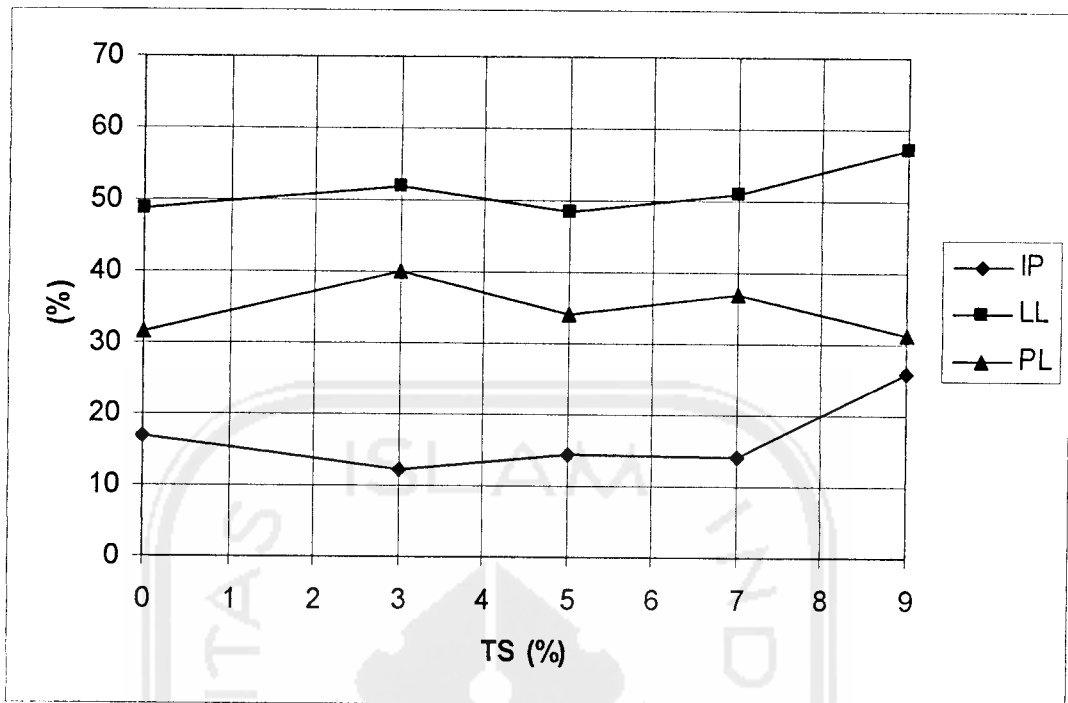
Pengujian sifat tanah rekayasa yang dilakukan di laboratorium meliputi pengujian batas-batas konsistensi Atterberg (batas cair, batas plastis, batas susut dan indeks plastisitas), pengujian tekan bebas dan pengujian konsolidasi.

**Tabel 5.4** Hasil pengujian Batas-batas Atterberg pada Tanah Asli dan Tanah Rekayasa.

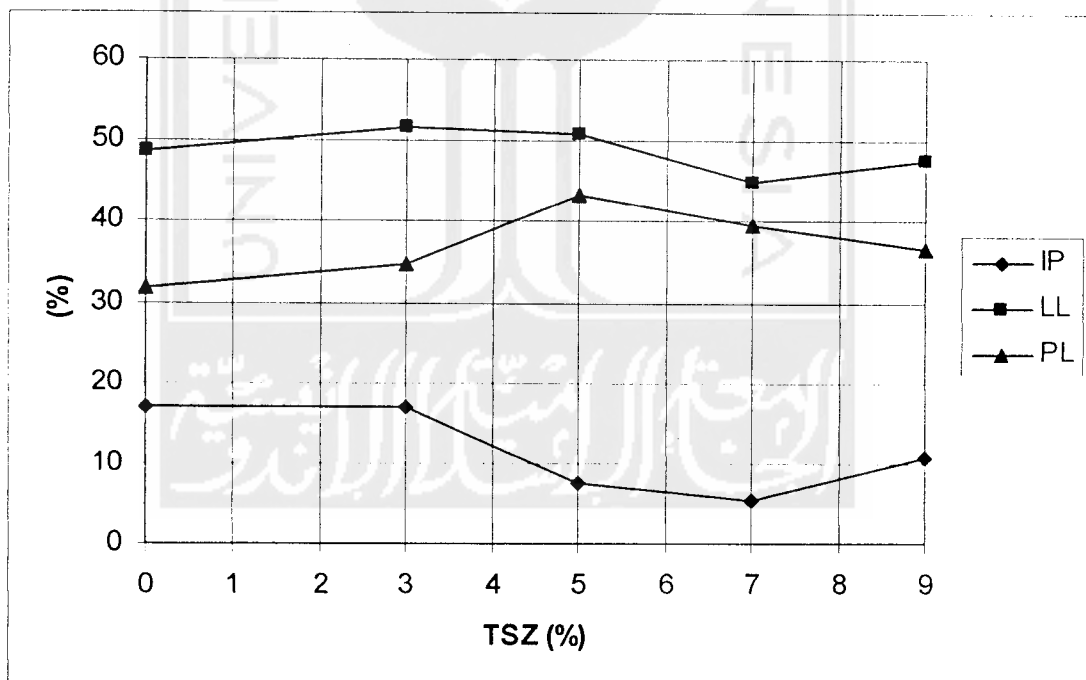
Rasio Limbah (%)	Batas Cair (%)	Batas Plastis (%)	Batas Susut (%)	Indeks Plastisitas (%)	
TS	0	48.67	31.71	23.9	16.96
	3	52.03	39.87	39.35	12.17
	5	48.43	34.18	42.64	14.25
	7	50.92	36.81	35.24	14.11
	9	57.19	31.26	36.91	25.92
TSZ	0	48.67	31.71	23.9	16.96
	3	48.19	46.24	25.95	16.95
	5	47.61	43.91	29.08	7.56
	7	53.73	48.99	29.29	5.32
	9	44.38	35.69	33.42	10.81

#### 5.3.1 Pengujian Batas-batas Atterberg Tanah Rekayasa

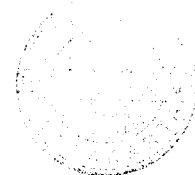
Pengujian batas-batas konsistensi Atterberg meliputi batas cair batas plastis, batas susut dan indeks plastisitas (lihat Lampiran 3 & Lampiran 4). Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 5.4.

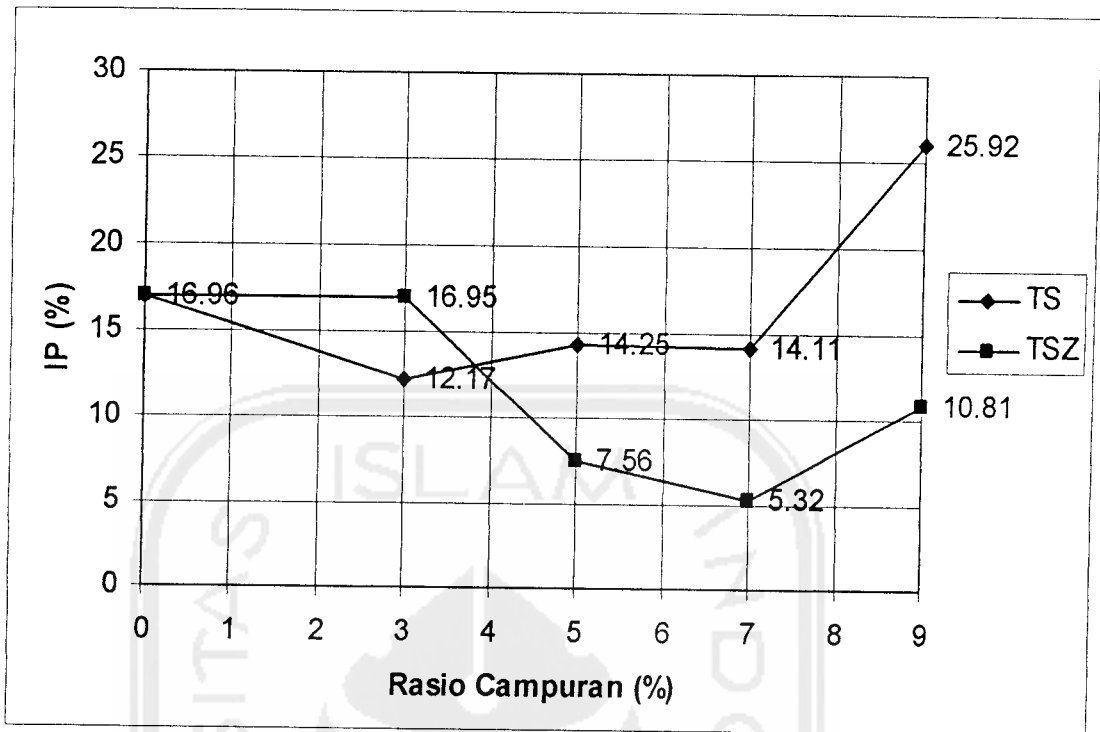


**Gambar 5.2** Grafik hasil pengujian Atterberg Tanah + Sludge (TS)

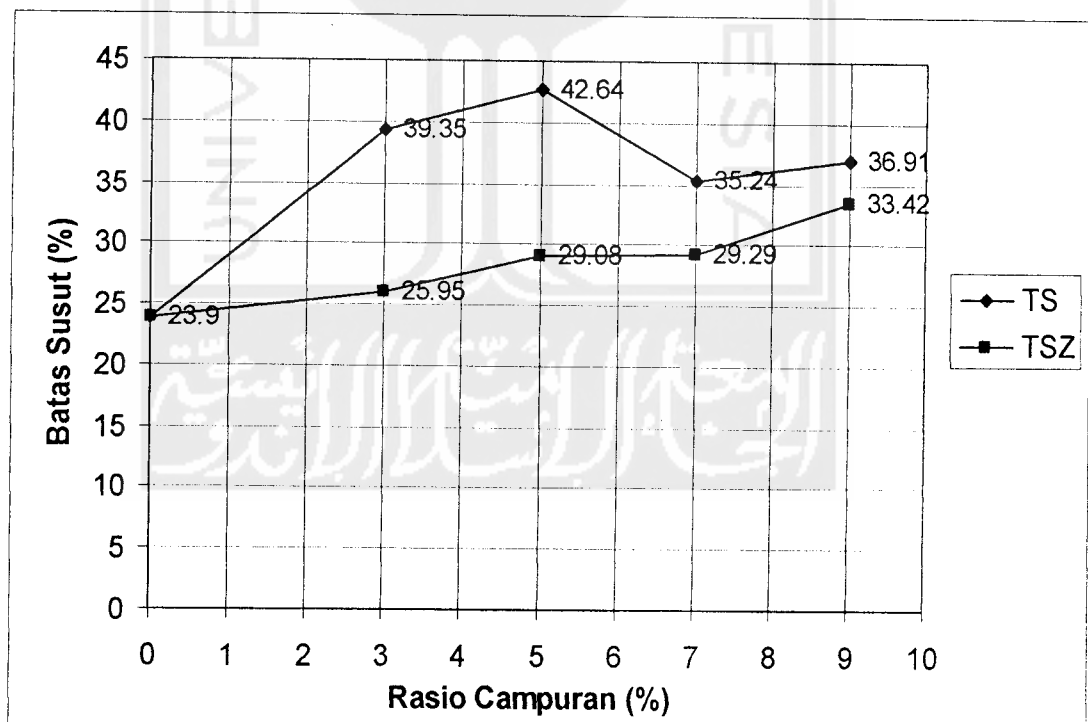


**Gambar 5.3** Grafik hasil pengujian Atterberg Tanah + Sludge + Zeolit (TSZ)





Gambar 5.4 Grafik perbandingan Indeks Plastisitas (IP) antara TS dengan TSZ



Gambar 5.5 Grafik perbandingan batas susut antara TS dengan TSZ

### 5.3.2 Pengujian sifat Mekanik Tanah Rekayasa (Tanah Asli+Sludge & Tanah Asli+ Zeolit)

Pengujian ini meliputi uji tekan bebas dan konsolidasi. Pengujian tekan bebas dan konsolidasi dilakukan pada tanah asli dan tanah rekayasa. Khusus untuk pengujian konsolidasi tanah rekayasa, sampel diambilkan dari sampel uji tekan bebas dengan kuat tekan terbesar kemudian dibuatkan sampel dengan campuran dan masa pemeraman yang sama. Pengujian pada masa perawatan dilakukan pada saat sampel telah diperam selama 0 hari, 3 hari, 6 hari, 9 hari dan 12 hari.

Hasil pengujian tekan bebas dan konsolidasi (lihat Lampiran 6 & Lampiran 7) diperlihatkan pada tabel 5.4 sampai dengan tabel 5.7 dan grafik hubungannya diperlihatkan pada gambar 5.5 sampai dengan gambar 5.11.

**Tabel 5.5** Hasil Uji Konsolidasi dari rasio campuran TS dengan nilai  $q_u$  maksimum

Rasio TS (%)	Hari	$C_c$	$e_o$
0	0	0.236	1.472
5	12	0.221	1.323

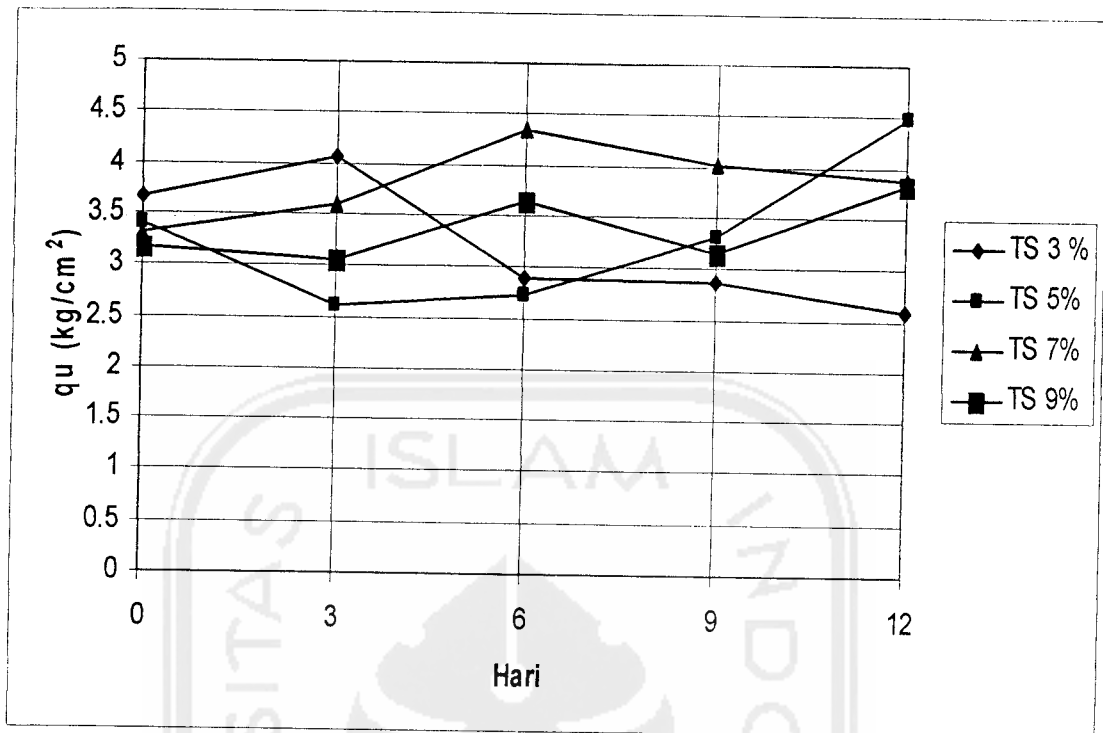
**Tabel 5.6** Hasil Uji Konsolidasi dari rasio campuran TSZ dengan nilai  $q_u$  maksimum

Rasio TSZ (%)	Hari	$C_c$	$e_o$
0	0	0.236	1.472
7	6	0.090	1.48

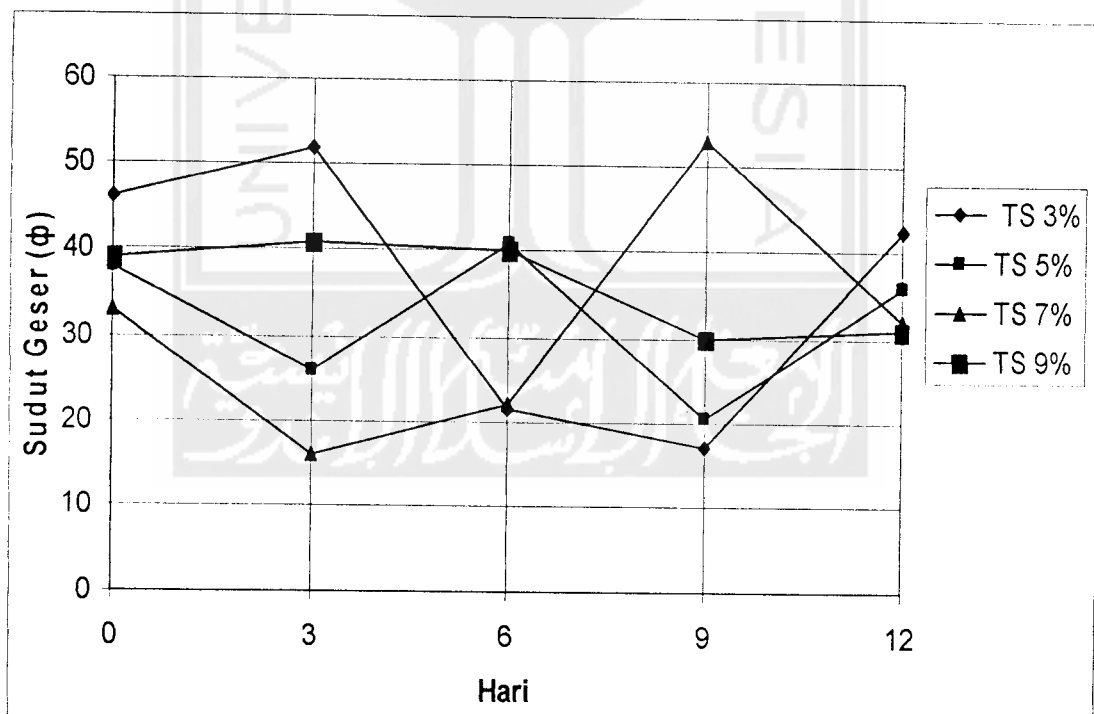
**Tabel 5.7** Hasil Uji Tekan Bebas Tanah Asli + *Sludge* (TS)

Rasio (%)	Hari	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Sudut Geser, $\phi$ (°)	Kohesi ( kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	3.52247	40	0.821
3	0	3.655863	46	0.738
	3	4.054659	52	0.698
	6	2.889559	21.5	0.984
	9	2.858819	17	1.058
	12	2.575572	42.5	0.531
5	0	3.408845	38	0.831
	3	2.603567	26	0.813
	6	2.720214	41	0.620
	9	3.302353	20.5	0.624
	12	4.489136	36	1.144
7	0	3.319919	33	0.901
	3	3.592736	16	0.781
	6	4.339278	22	1.507
	9	4.003334	53	0.670
	12	3.879825	32	1.075
9	0	3.319919	33	0.901
	3	3.044357	41	0.694
	6	3.636101	40	0.848
	9	3.147555	30	0.909
	12	3.81835	31	1.080

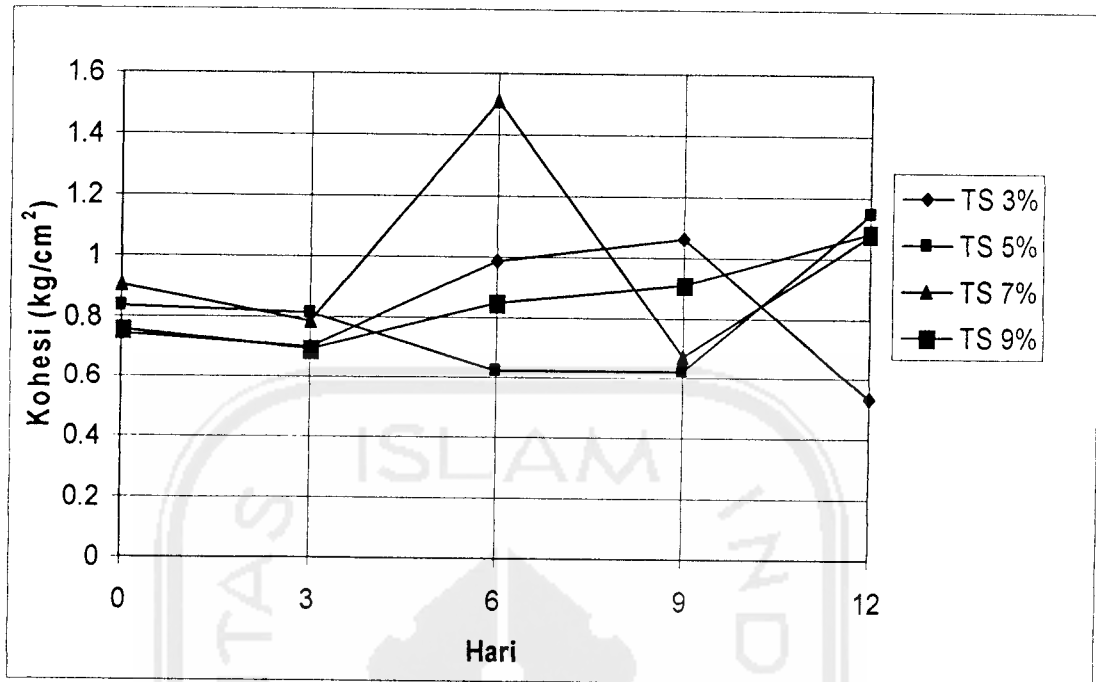




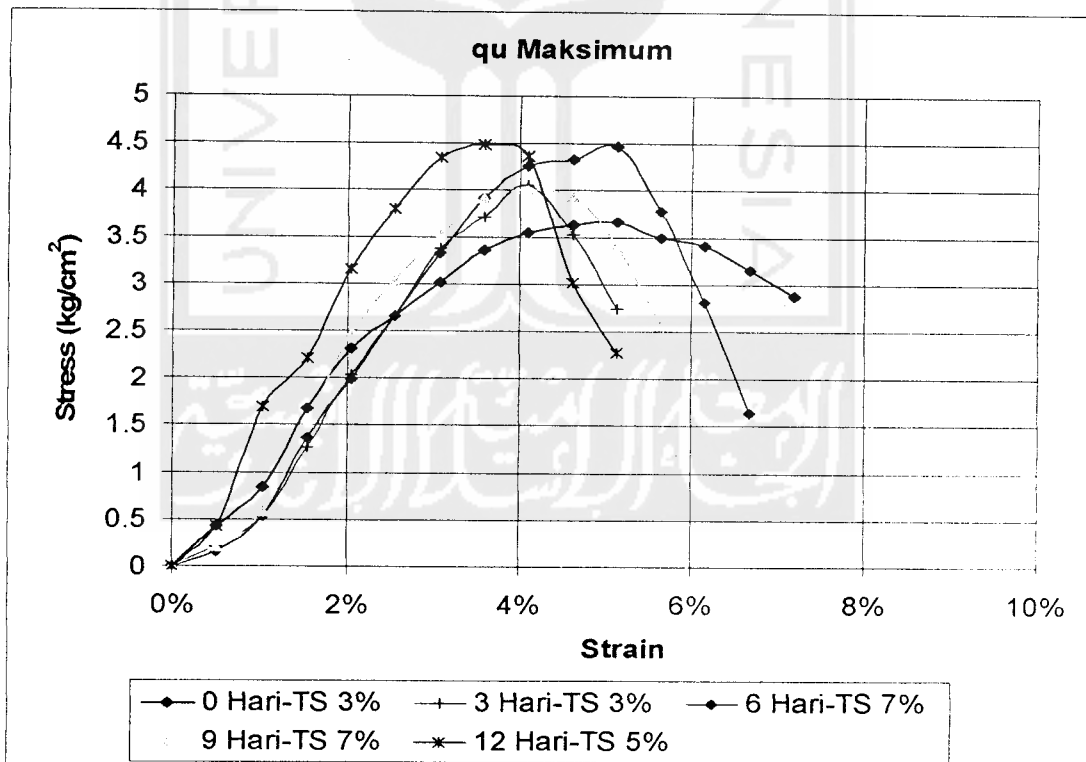
Gambar 5.6 Grafik hubungan  $q_u$  dengan masa pemeraman (TS)



Gambar 5.7 Grafik hubungan sudut geser dengan masa pemeraman (TS)



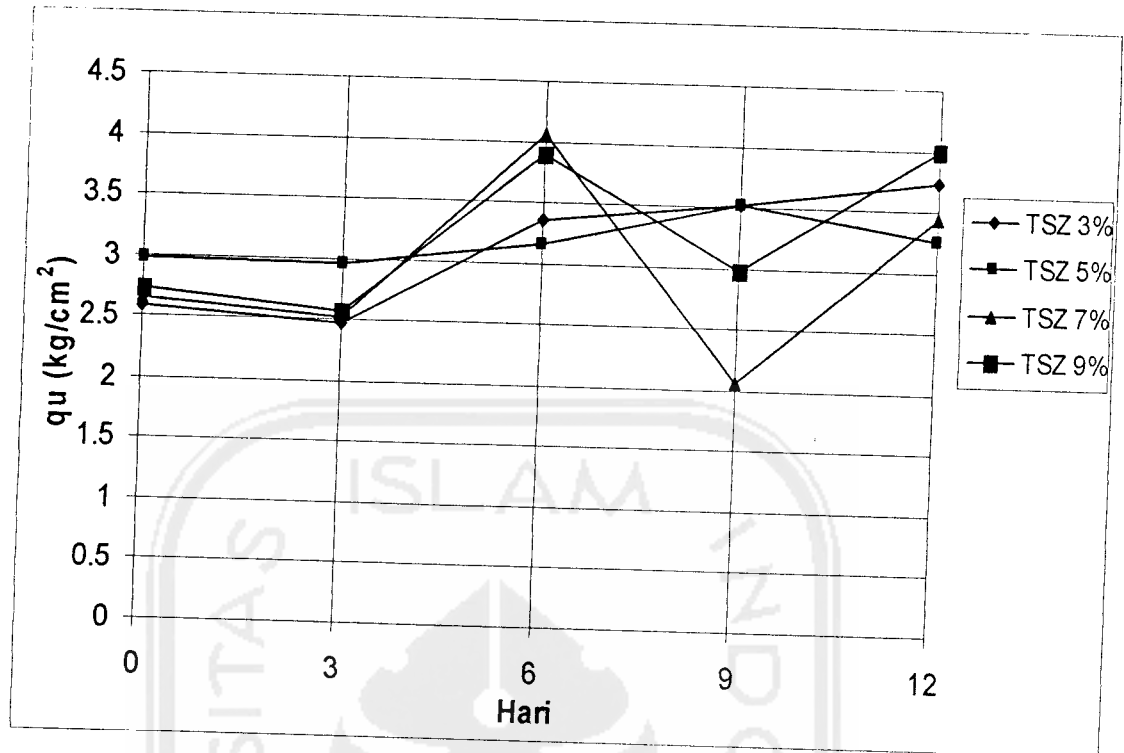
Gambar 5.8 Grafik hubungan kohesi dengan masa pemeraman (TS)



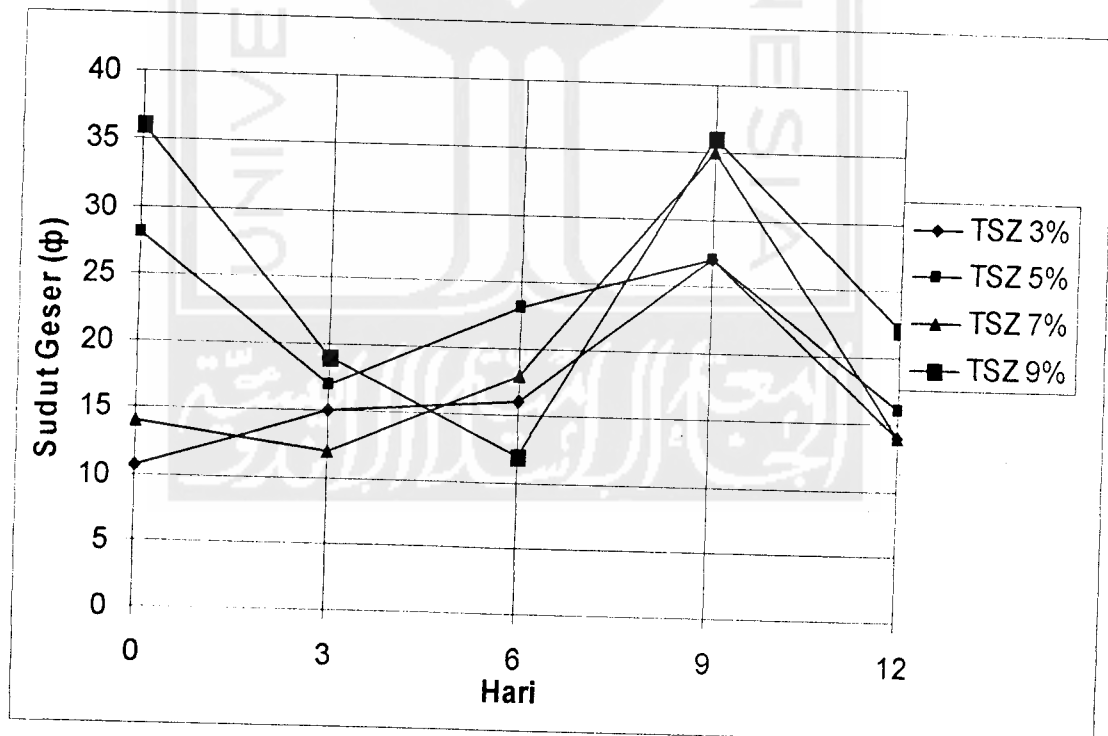
Gambar 5.9 Grafik Tegangan - Regangan qu maksimum (TS)

**Tabel 5.8** Hasil Uji Tekan Bebas Tanah Asli + *Sludge*+Batu Zeolit (TSZ)

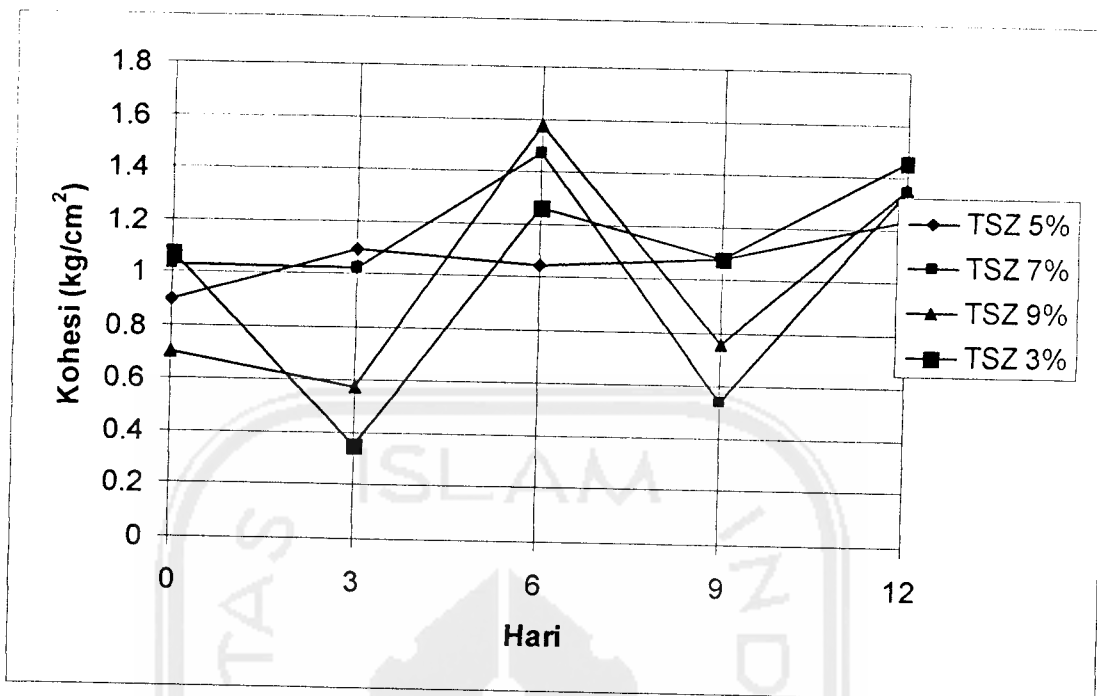
Rasio (%)	Hari	$q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Sudut Geser, $\phi$ (°)	Kohesi ( kg/cm <sup>2</sup> )
0	0	3.52247	40	0.821
3	0	2.58645	10.6	1.074
	3	2.47206	15	0.348
	6	3.34814	16	1.262
	9	3.51958	27	1.078
	12	3.72363	14	1.455
5	0	2.38428	12	0.965
	3	2.95906	17	1.095
	6	3.16171	23	1.046
	9	2.37160	27	1.078
	12	3.26454	16	1.23
7	0	2.64428	28	0.894
	3	2.52627	12	1.023
	6	4.05835	18	1.474
	9	2.06267	35	0.537
	12	3.43627	14	1.342
9	0	2.73938	36	0.698
	3	2.57296	19	0.572
	6	3.88844	12	1.574
	9	2.97561	36	0.758
	12	4.00043	22	1.349



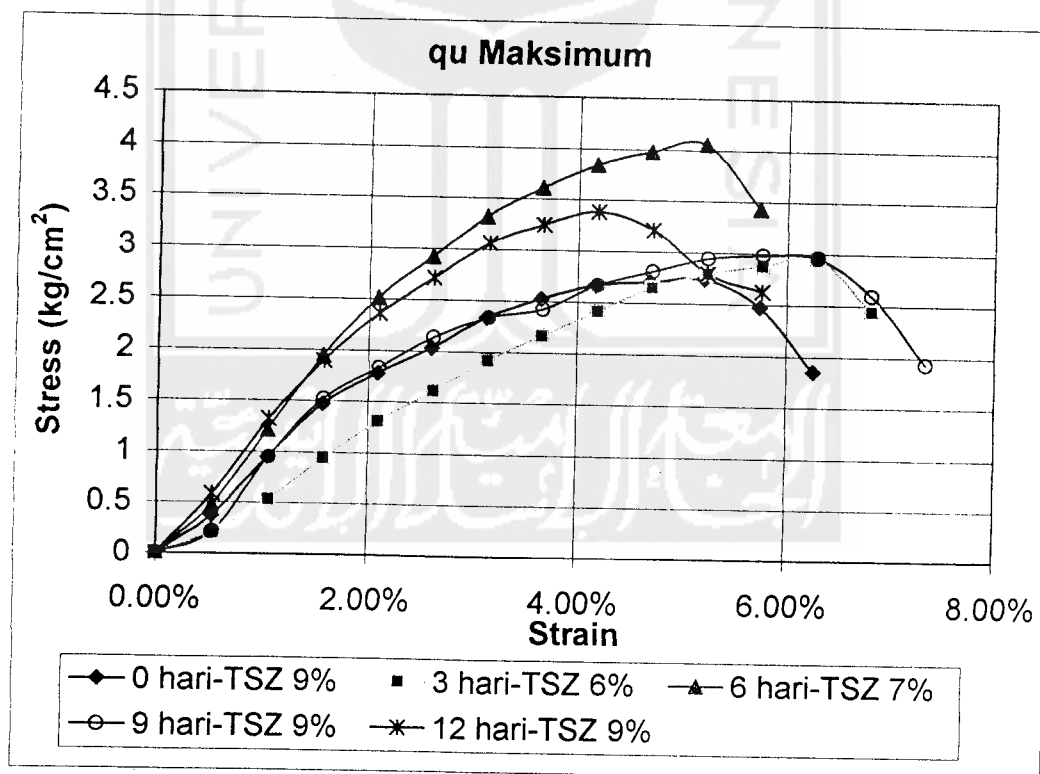
Gambar 5.10 Grafik hubungan  $q_u$  dengan masa pemeraman (TSZ)



Gambar 5.11 Grafik hubungan sudut geser dengan masa pemeraman (TSZ)



Gambar 5.12 Grafik hubungan kohesi dengan masa pemeraman (TSZ)

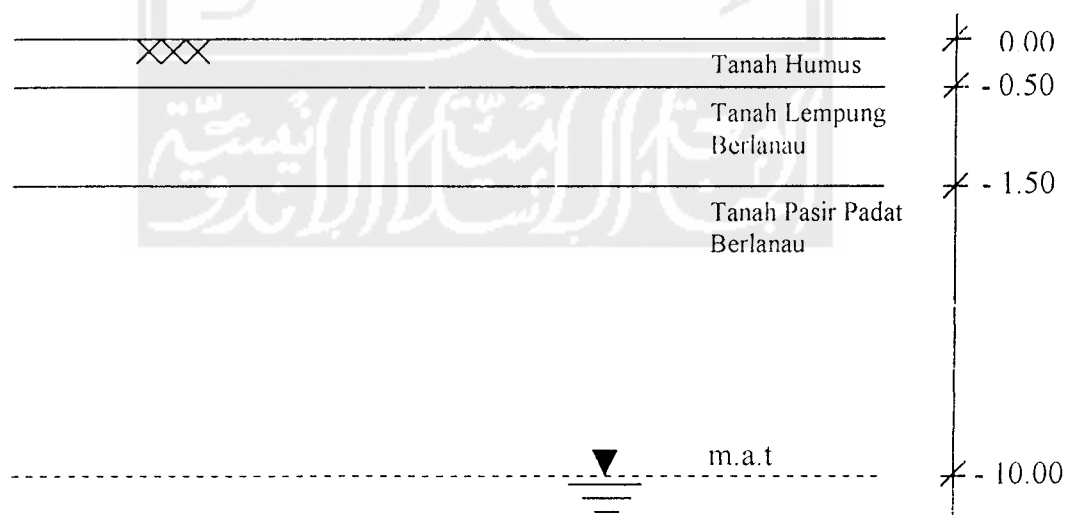


Gambar 5.13 Grafik Tegangan - Regangan qu maksimum (TSZ)

#### 5.4 Analisis Konsolidasi

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh stabilisasi tanah terhadap penurunan yang akan terjadi di lapangan maka perlu analisis berupa perhitungan konsolidasi. Adapun data yang dipergunakan dalam analisis perhitungan adalah data primer dan data sekunder. Data primer yang dipergunakan adalah data yang diperoleh dari hasil penelitian di laboratorium, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari pengamatan di lapangan berupa pengamatan lapisan tanah pada lubang penggalian tanah sampel dan sumur yang terdekat dari area penggalian tanah sampel yang kemudian dilengkapi dengan data yang diambil dari buku literatur.

Analisis ini dilakukan dengan mengabaikan tanah humus supaya kondisi perbandingan untuk perhitungan konsolidasi untuk tanah asli, tanah asli + *sludge* (TS) dan tanah asli + *sludge* + zeolit (TSZ) sama. Adapun gambaran tanah berdasarkan kedalaman untuk kondisi tanah di lapangan dapat dilihat pada gambar 5.14.



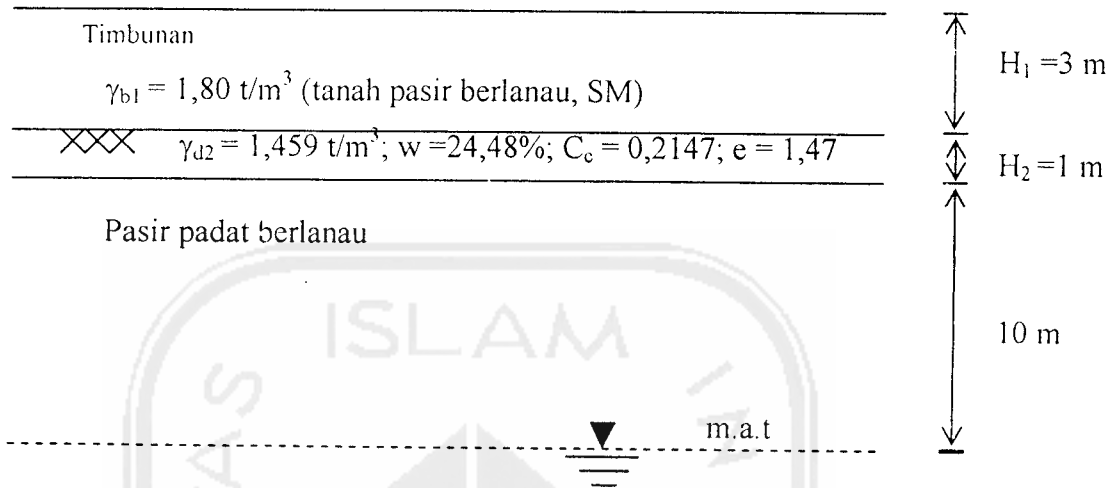
**Gambar 5.14** Kondisi tanah di lapangan berdasarkan kedalaman.

Untuk mengetahui besar penurunan pada perhitungan konsolidasi dilakukan dengan cara analisis dengan memberi beban timbunan setinggi 3 m dengan berat volume tanah sebesar  $1,80 \text{ t/m}^3$  (lihat Lampiran 9). Hal tersebut dilakukan pada tanah asli maupun tanah yang distabilisasi dengan cara menggunakan variasi data pada lapisan tanah lempung. Adapun variasi yang dilakukan pada lapisan tanah lempung adalah sebagai berikut :

1. Tanah Lempung Troketon (Tanah Asli),
2. Tanah Asli + *Sludge*, dan
3. Tanah Asli + *Sludge* + Zeolit.

Data yang divariasikan dari ketiga variasi tersebut pada lapisan lempung yaitu berat volume kering ( $\gamma_d$ ), kadar air ( $w$ ), indeks kompresi ( $C_c$ ), dan angka pori ( $e$ ).

### 5.4.1 Perhitungan Konsolidasi Untuk Tanah Asli



**Gambar 5.15** Data untuk perhitungan konsolidasi tanah asli.

Data :  $\gamma_{b1}$  (timbunan) =  $1,80 \text{ t/m}^3$ ;  $H_1$  (timbunan) =  $3,0 \text{ m}$

$\gamma_{d2} = 1,459 \text{ t/m}^3$ ;  $w = 24,48\%$ ;  $H_2 = 1,0 \text{ m}$ ;  $C_c = 0,24$ ;  $e_o = 1,47$

m.a.t =  $10,0 \text{ m}$

Perhitungan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w}, \text{ maka } \therefore \gamma_b = \gamma_d (1 + w)$$

$$\gamma_{b2} = \gamma_{d2} (1 + w) = 1,459 (1 + 0,2448) = 1,816 \text{ t/m}^3$$

Tegangan efektif awal di tengah-tengah lapisan lempung :

$$p_{o'} = (\gamma_{b2} \times 0,5 \times H_2) = 1,816 \times 0,5 \times 1 = 0,908 \text{ t/m}^2$$

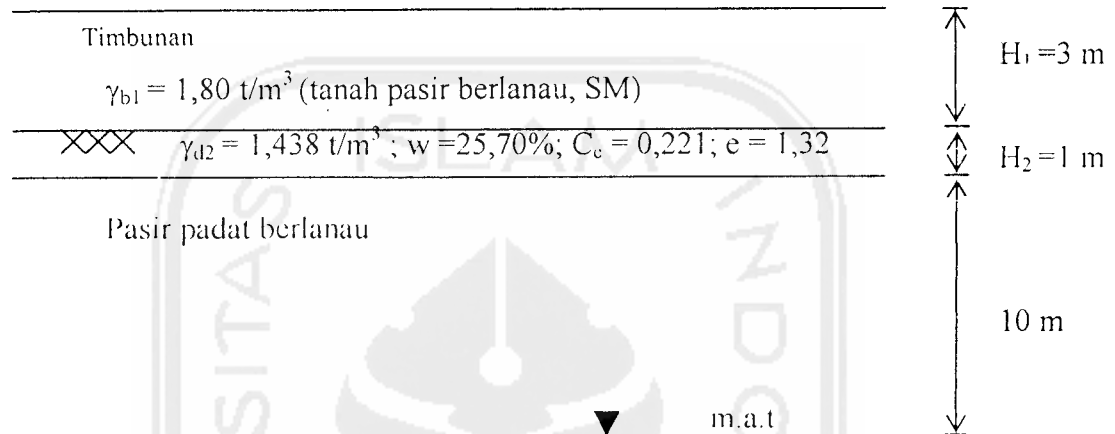
$$\Delta p = (\gamma_{b1} \times H_1) = 1,80 \times 3 = 5,4 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} S_c &= C_c \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{p_{o'} + \Delta p}{p_{o'}} \\ &= 0,24 \frac{0,5}{1 + 1,47} \log \frac{0,908 + 5,4}{0,908} \end{aligned}$$



$$= 0,0409 \text{ m} = 4,09 \text{ cm}$$

#### 5.4.2 Perhitungan Konsolidasi Untuk Tanah Asli + *Sludge*



**Gambar 5.16** Data untuk perhitungan konsolidasi tanah asli + *sludge*.

Data :  $\gamma_{b1}$  (timbunan) = 1,80 t/m<sup>3</sup>;  $H_1$  (timbunan) = 3,0 m

$\gamma_{d2}$  = 1,438 t/m<sup>3</sup>;  $w$  = 25,70%;  $H_2$  = 1,0 m;  $C_c$  = 0,221;  $e_o$  = 1,32

m.a.t = 10,0 m

Perhitungan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1 + w}, \text{ maka } \therefore \gamma_b = \gamma_d (1 + w)$$

$$\gamma_{b2} = \gamma_{d2} (1 + w) = 1,438 (1 + 0,257) = 1,808 \text{ t/m}^3$$

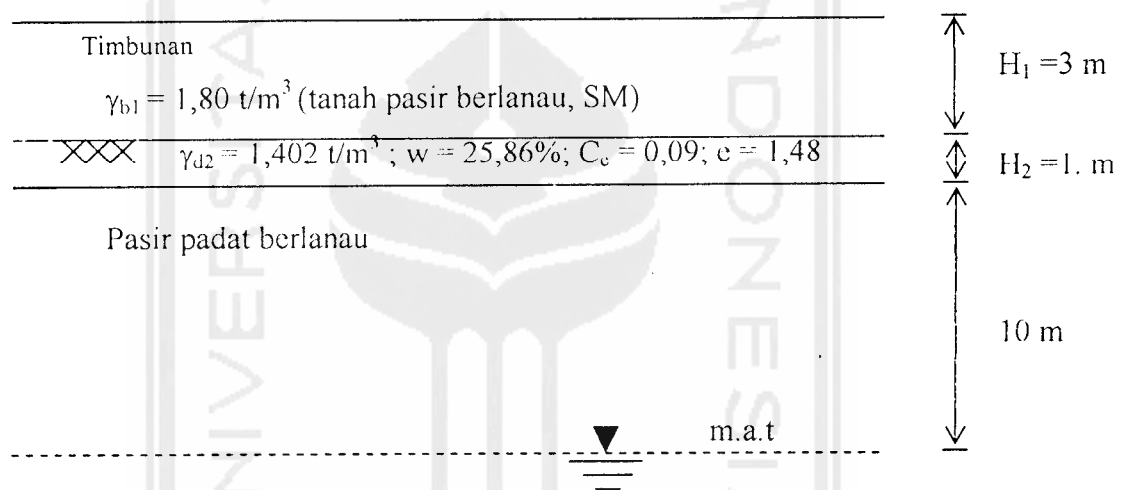
Tegangan efektif awal di tengah-tengah lapisan lempung :

$$Po' = (\gamma_{b2} \times 0,5 \times H_2) = 1,808 \times 0,5 \times 1 = 0,904 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p = (\gamma_{b1} \times H_1) = 1,80 \times 3 = 5,4 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 S_c &= C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \\
 &= 0,221 \frac{0,5}{1+1,32} \log \frac{0,904 + 5,4}{0,904} \\
 &= 0,040 \text{ m} = 4,0 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### 5.4.3 Perhitungan Konsolidasi Untuk Tanah Asli + *Sludge* + Zeolit



**Gambar 5.17** Data untuk perhitungan konsolidasi tanah asli + *sludge* + zeolit.

Data :  $\gamma_{b1}$  (timbunan) = 1,80 t/m<sup>3</sup>;  $H_1$  (timbunan) = 3,0 m  
 $\gamma_{d2}$  = 1,402 t/m<sup>3</sup>;  $w$  = 25,86%;  $H_2$  = 1,0 m;  $C_c$  = 0,090;  $e_o$  = 1,48  
 m.a.t = 10,0 m

Perhitungan :

$$\gamma_d = \frac{\gamma_b}{1+w}, \text{ maka } \therefore \gamma_b = \gamma_d (1+w)$$

$$\gamma_{b2} = \gamma_{d2} (1+w) = 1,402 (1+0,2586) = 1,7645 \text{ t/m}^3$$

Tegangan efektif awal di tengah-tengah lapisan lempung :

$$P_o' = (\gamma_{b2} \times 0,5 \times H_2) = 1,7645 \times 0,5 \times 1 = 0,8823 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta p = (\gamma_{b1} \times H_1) = 1,80 \times 3 = 5,4 \text{ t/m}^2$$

$$S_c = C_c \frac{H}{1+e_o} \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'}$$

$$= 0,090 \frac{0,5}{1+1,48} \log \frac{0,8823 + 5,4}{0,8823}$$

$$= 0,0155 \text{ m} = 1,55 \text{ cm}$$

