

BAB VI PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

Bab ini akan membahas karakteristik lempung dari Sokka, Kebumen, Jawa Tengah berdasarkan hasil penelitian laboratorium. Selain itu juga akan dibahas analisis daya dukung dan dimensi pondasinya dengan menggunakan teori Terzaghi.

6.1 Klasifikasi Lempung tanah asli

Untuk mengklasifikasi sifat tanah didasarkan atas beberapa sistem yang ada yaitu:

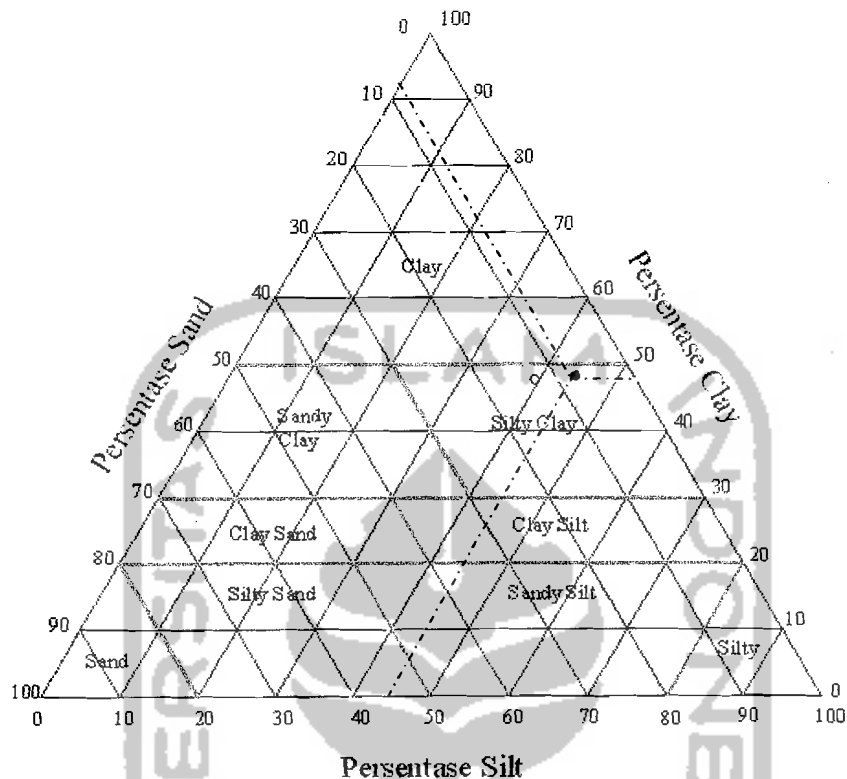
1. Analisis Distribusi Butiran
2. Sistem Klasifikasi *Unified*
3. Sistem Klasifikasi AASHTO

6.1.1 Analisis Distribusi Butiran

Hasil dari pengujian Analisa butiran saringan (lampiran 9-10) dapat diketahui tanah Sokka, Kebumen, Jawa Tengah mengandung :

Pasir	: 7.8 %
Lanau	: 44.12 %
Lempung	: 48.08 %

Dari hasil pengujian distribusi pembagian butir tanah kemudian diplotkan berdasarkan klasifikasi tanah USCS sehingga diketahui jenis tanah yang diuji, seperti pada Gambar 6.1 berikut ini.



Gambar 6.1 Klasifikasi tanah berdasarkan USCS

Dari sistem klasifikasi tanah USCS dapat ditentukan bahwa tanah Sokka, Kebumen, Jawa Tengah termasuk tanah Lempung Berlanau (*Silty Clay*).

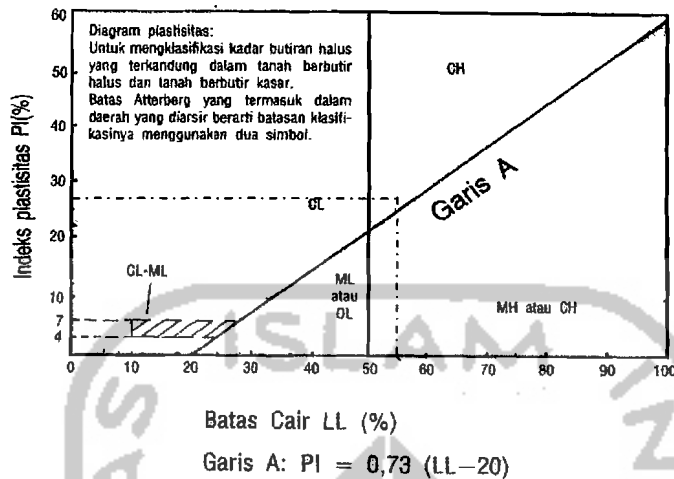
6.1.2 Sistem Klasifikasi *Unified*

Sistem *Unified* menggunakan sifat-sifat batas cair dan indeks plastisitasnya, maka diperoleh data sebagai berikut :

Batas Cair (LL) = 55.00 %

Indeks Plastis (IP) = 26.27 %

Hasil dari perhitungan tersebut diatas diklasifikasikan kedalam sistem klasifikasi tanah *Unified* untuk menentukan jenis tanah seperti pada Gambar 6.2.



Gambar 6.2 Klasifikasi tanah berdasarkan sistem *Unified*

Pada grafik Unified didapatkan titik pertemuan yang diplotkan antara batas cair dan indeks plastisitasnya yaitu pada kelompok CH dengan nama lempung tak organik dengan plastisitas tinggi, lempung gemuk (*fat clays*)

6.1.3 Sistem Klasifikasi AASHTO

Pengujian yang digunakan hanya analisis saringan dan batas-batas Atterberg, maka diperoleh data sebagai berikut.

1. % lolos saringan no. 200 > 35 %, ditunjukkan dengan penjumlahan lempung 48.08 % dan lanau 44.12 % menjadi 92.2 %.
2. Batas Cair (LL) = 55.00 %
3. Indeks Plastis (IP) = 26.27 %
4. Batas Plastis (PL) = 28.73 % < 30 %

Dari hasil data diatas berdasarkan Tabel 3.2 sistem klasifikasi AASHTO maka tanah Sokka, Kebumen, Jawa Tengah dapat dikelompokkan dalam kelompok A-7-6.

6.2 Analisis Kuat Dukung Tanah Teori Terzaghi

Dengan menggunakan rumus persamaan pondasi bujur sangkar Terzaghi yaitu

$$q_u = 1,3 c.N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \quad (6.1)$$

dengan :

c = kohesi (ton/m^2)

D_f = kedalaman pondasi (m)

γ = berat volume tanah (ton/m^3)

B = lebar pondasi (m)

N_γ, N_c, N_q = faktor kapasitas dukung tanah (fungsi ϕ)

Nilai-nilai numerik dari N_γ, N_c , dan N_q adalah faktor-faktor kapasitas dukung tanah yang merupakan fungsi dari sudut gesek dalam (ϕ) ditunjukkan dalam Tabel 6.1 berikut ini.

Tabel 6.1 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung Terzaghi

ϕ	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4

50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1
----	-------	-------	--------	------	------	------

6.2.1 Analisis Kuat Dukung Tanah Asli dengan metode Terzaghi

Dengan asumsi lebar pondasi $B = 2 \text{ m}$

$D_f = 1.5 \text{ m}$, $SF = 3$

$t = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$

$\gamma_b = \gamma = 1.727 \text{ gr/cm}^3 = 1.727 \text{ t/m}^3$

$P_o = D_f \cdot \gamma_b = 1.5 \times 1.727 = 2.591 \text{ t/m}^2$

Dari hasil pengujian Triaksial di dapat nilai :

Kohesi (c) = $0.1975 \text{ kg/cm}^2 = 1.975 \text{ t/m}^2$

Sudut geser dalam (ϕ) = 11.05°

dari Tabel 3.5 diperoleh $\rightarrow N_c = 10.293$

$N_q = 3.057$ dan $N_\gamma = 1.473$

$$\begin{aligned} \diamond q_u &= 1.3 c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0.4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= (1.3 \times 1.975 \times 10.293) + (2.591 \times 3.057) + (0.4 \times 1.727 \times 2 \times 1.473) \\ &= 36.383 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\diamond q_a = \frac{q_u}{SF} = \frac{36.383}{3} = 12.128 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \diamond q_n &= q_a - p_o \\ &= 12.128 - 2.591 = 9.537 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Cek B} \rightarrow q_n = \frac{P}{A} = \frac{P}{B^2}$$

$$B = \sqrt{\frac{P}{q_n}} = \sqrt{\frac{30}{9.537}} = 1.77 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \triangleright q_u &= 1.3 c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0.4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= (1.3 \times 1.975 \times 10.293) + (2.591 \times 3.057) + (0.4 \times 1.727 \times 1.77 \times 1.473) \\ &= 36.149 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\triangleright q_a = \frac{q_u}{SF} = \frac{36.149}{3} = 12.049 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Cek } q_{\text{terjadi}} \rightarrow q_{\text{terjadi}} = \frac{P_{\text{total}}}{A} = \frac{P_{\text{total}}}{B^2}$$

$$\begin{aligned} \triangleright P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 \cdot h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 \cdot t \cdot \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 30 + \{(1.77^2 \cdot 1,2 \cdot 1,727) + (1.77^2 \cdot 0,3 \cdot 2,5)\} \\ &= 38.842 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\triangleright q_{\text{terjadi}} = \frac{38.842}{1.77^2} = 12.398 \text{ t/m}^2 > q_a = 12.049 \text{ t/m}^2$$

ambil $B = 2 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \triangleright P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 \cdot h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 \cdot t \cdot \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 30 + \{(2^2 \times 1,2 \times 1,727) + (2^2 \times 0,3 \times 2,5)\} \\ &= 41.289 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\triangleright q_{\text{terjadi}} = \frac{41.289}{2^2} = 10.322 \text{ t/m}^2 < q_a = 12.049 \text{ t/m}^2$$

6.2.2 Analisis Kuat Dukung Tanah yang dicampur semen pada pemeraman 3 hari dengan metode Terzaghi

1. Tanah + 3 % semen

Dengan asumsi lebar pondasi $B = 2 \text{ m}$

$$D_f = 1.5 \text{ m}, SF = 3$$

$$t = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$\gamma_b = \gamma = 1.913 \text{ gr/cm}^3 = 1.913 \text{ t/m}^3$$

$$P_o = D_f \cdot \gamma_b = 1.5 \times 1.727 = 2.591 \text{ t/m}^2$$

Dari hasil pengujian Triaksial di dapat nilai :

$$\text{Kohesi (c)} = 0.385 \text{ kg/cm}^2 = 3.85 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\varphi) = 15.07^\circ$$

$$\text{dari Tabel 3.5 diperoleh } \rightarrow N_c = 12.967$$

$$N_q = 4.442 \text{ dan } N_\gamma = 2.535$$

$$\begin{aligned} \diamond q_u &= 1.3 c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0,4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= (1.3 \times 3.85 \times 12.967) + (2.591 \times 4.442) + (0.4 \times 1.913 \times 2 \times 2.535) \\ &= 80.289 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\diamond q_a = \frac{q_u}{SF} = \frac{80.289}{3} = 26.763 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \diamond q_n &= q_a - p_o \\ &= 26.763 - 2.591 = 24.172 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Cek B} \rightarrow q_n = \frac{P}{A} = \frac{P}{B^2}$$

$$B = \sqrt{\frac{P}{q_n}} = \sqrt{\frac{30}{24.172}} = 1.11 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \triangleright q_u &= 1,3 c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0,4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= (1.3 \times 3.85 \times 12.967) + (2.591 \times 4.442) + (0.4 \times 1.913 \times 1.11 \times 2.535) \\ &= 78.562 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\triangleright q_a = \frac{q_u}{SF} = \frac{78.562}{3} = 26.187 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Cek } q_{\text{terjadi}} \rightarrow q_{\text{terjadi}} = \frac{P_{\text{total}}}{A} = \frac{P_{\text{total}}}{B^2}$$

$$\begin{aligned} \triangleright P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 \cdot h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 \cdot t \cdot \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 30 + \{(1.11^2 \cdot 1,2 \cdot 1,727) + (1.11^2 \cdot 0,3 \cdot 2,5)\} \\ &= 33.477 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\triangleright q_{\text{terjadi}} = \frac{33.477}{1.11^2} = 27.171 \text{ t/m}^2 > q_a = 26.187 \text{ t/m}^2$$

ambil B = 1.5 m

$$\begin{aligned} \triangleright P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 \cdot h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 \cdot t \cdot \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 30 + \{(1.5^2 \times 1.2 \times 1.727) + (1.5^2 \times 0.3 \times 2.5)\} \\ &= 36.351 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\triangleright q_{\text{terjadi}} = \frac{36.351}{1.5^2} = 16.156 \text{ t/m}^2 < q_a = 26.187 \text{ t/m}^2$$

Untuk hasil keseluruhan perhitungan kuat dukung tanah dengan bahan campuran *Semen* untuk pemeraman 3 hari berdasarkan uji Triaksial dapat dilihat pada Tabel 6.2.

6.2.3 Analisis Kuat Dukung Tanah yang dicampur semen pada pemeraman 7 hari dengan metode Terzaghi

1. Tanah + 3 % semen

Dengan asumsi lebar pondasi $B = 2 \text{ m}$

$$D_f = 1.5 \text{ m}, \text{ SF} = 3$$

$$t = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}$$

$$\gamma_b = \gamma = 1.913 \text{ gr/cm}^3 = 1.913 \text{ t/m}^3$$

$$P_o = D_f \cdot \gamma_b = 1.5 \times 1.913 = 2.8695 \text{ t/m}^2$$

Dari hasil pengujian Triaksial di dapat nilai :

$$\text{Koheesi (c)} = 0.479 \text{ kg/cm}^2 = 4.79 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Sudut geser dalam } (\phi) = 17.03^\circ$$

dari Tabel 3.5 diperoleh $\rightarrow N_c = 14.849$

$$N_q = 5.618 \text{ dan } N_\gamma = 3.515$$

$$\begin{aligned} \diamond q_u &= 1.3 c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0.4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= (1.3 \times 4.79 \times 14.849) + (2.8695 \times 5.618) + (0.4 \times 1.913 \times 2 \times 3.515) \\ &= 112.4 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\diamond q_a = \frac{q_u}{\text{SF}} = \frac{112.4}{3} = 37.467 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \diamond q_n &= q_a - p_o \\ &= 37.467 - 2.8695 = 34.5975 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Cek B} \rightarrow q_n = \frac{P}{A} = \frac{P}{B^2}$$

$$B = \sqrt{\frac{P}{q_n}} = \sqrt{\frac{30}{34.876}} = 0.93 \text{ m} < B_{\text{prediksi}} = 2 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } q_u &= 1,3 c \cdot N_c + p_o \cdot N_q + 0,4 \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \\ &= (1,3 \times 4,79 \times 14,849) + (2,591 \times 5,618) + (0,4 \times 1,913 \times 0,93 \times 3,515) \\ &= 109,522 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{➤ } q_a = \frac{q_u}{\text{SF}} = \frac{109,522}{3} = 36,507 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Cek } q_{\text{terjadi}} \rightarrow q_{\text{terjadi}} = \frac{P_{\text{total}}}{A} = \frac{P_{\text{total}}}{B^2}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 \cdot h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 \cdot t \cdot \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 30 + \{(0,93^2 \cdot 1,2 \cdot 1,727) + (0,93^2 \cdot 0,3 \cdot 2,5)\} \\ &= 32,441 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } q_{\text{terjadi}} = \frac{32,441}{0,93^2} = 37,508 \text{ t/m}^2 > q_a = 36,507 \text{ t/m}^2$$

ambil B = 1 m

$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{\text{total}} &= P + \{(B^2 \cdot h \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (B^2 \cdot t \cdot \gamma_{\text{beton}})\} \\ &= 30 + \{(1^2 \times 1,2 \times 1,727) + (1^2 \times 0,3 \times 2,5)\} \\ &= 32,823 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } q_{\text{terjadi}} = \frac{32,823}{1^2} = 32,823 \text{ t/m}^2 < q_a = 36,507 \text{ t/m}^2$$

Untuk hasil keseluruhan perhitungan kuat dukung tanah dengan bahan campuran *Semen* untuk pemeraman 7 hari berdasarkan uji Triaksial dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Perhitungan kuat dukung dan lebar pondasi dengan campuran semen pada pengujian Triaksial

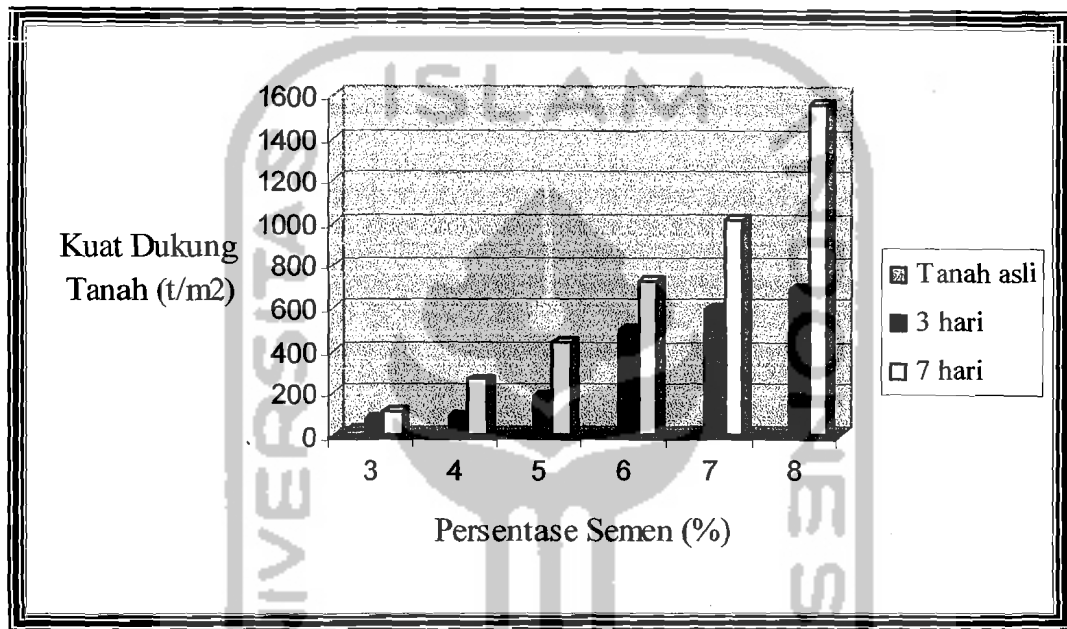
Pemeraman (hari)	Semen (%)	Df (m)	γ_b (t/m^3)	p_0 (t/m^2)	B (m)	c	ϕ	q_u (t/m^2)	B_{baru} (m)	q_u baru (t/m^2)	q_a (t/m^2)	q terjadi (t/m^2)	B_{ambil} (m)	q terjadi (t/m^2)	A = B ²	(%)
Tanah asli		1.5	1.727	2.591	2	1.975	11.05	36.383	1.77	36.149	12.049	12.398	2	10.322	4	0
3	3	1.5	1.915	2.591	2	3.85	15.07	80.289	1.11	78.562	26.187	27.171	1.5	16.156	2.25	43.75
	4	1.5	1.913	2.591	2	4.23	16.02	93.913	1.02	91.656	30.552	31.657	1.3	20.573	1.69	57.75
	5	1.5	1.913	2.591	2	8.12	17.73	185.399	0.71	181.584	60.528	62.335	1	32.823	1	75
	6	1.5	1.913	2.591	2	9.59	29.21	521.953	0.42	500.046	166.682	172.891	1	32.823	1	75
	7	1.5	1.913	2.591	2	11.4	29.45	616.947	0.38	593.89	197.963	210.582	1	32.823	1	75
	8	1.5	1.913	2.591	2	12.4	30.46	723.016	0.35	695.922	231.974	247.722	1	32.823	1	75
7	3	1.5	1.913	2.591	2	4.79	17.03	112.4	0.93	109.522	36.507	37.508	1	32.823	1	75
	4	1.5	1.913	2.591	2	5.73	26.68	278.682	0.58	264.492	88.164	92.001	1	32.823	1	75
	5	1.5	1.913	2.591	2	9.04	28.18	459.052	0.45	440.004	146.668	150.973	1	32.823	1	75
	6	1.5	1.913	2.591	2	11.1	32.02	764.685	0.35	730.056	243.325	247.722	1	32.823	1	75
	7	1.5	1.913	2.591	2	14.1	33.39	1058.19	0.29	1015.45	338.483	359.536	1	32.823	1	75
	8	1.5	1.913	2.591	2	17.7	35.56	1621.33	0.24	1555.48	518.494	523.663	1	32.823	1	75

Keterangan :

Dengan mengambil lebar pondasi minimum (B) = 1 m

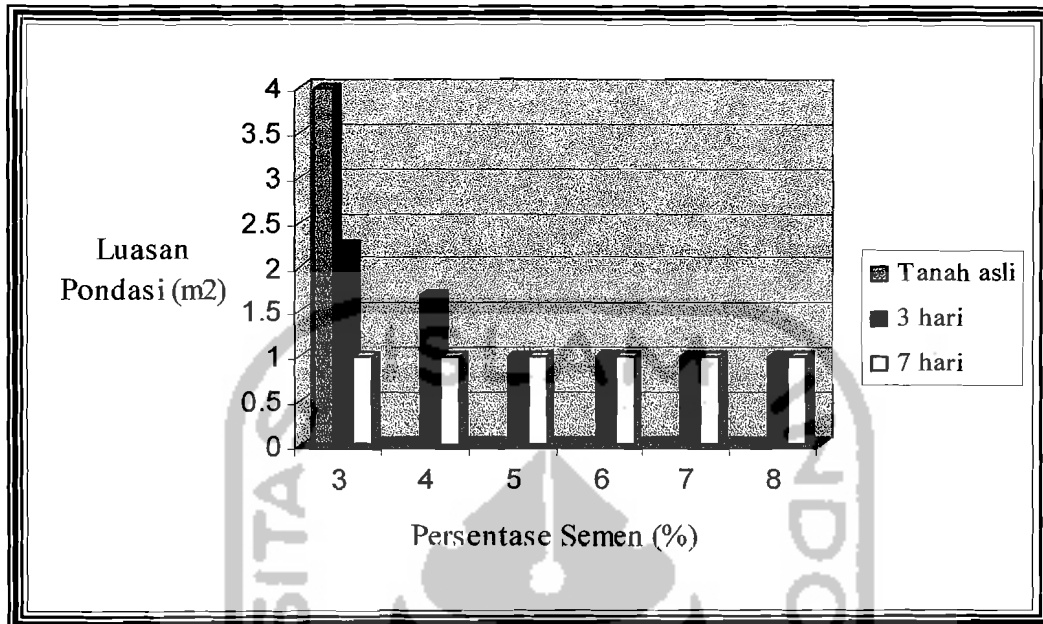
Luasan pondasi A = B²

Dari Tabel 6.2 dapat dilihat, kuat dukung tanah (q_u) semakin meningkat setelah ditambah bahan aditif semen dengan variasi dan waktu pemeraman yang berbeda. Kuat dukung tanah maksimum terjadi pada saat variasi semennya 8 % dengan pemeraman 7 hari yaitu sebesar 1555.482 t/m^2 dari 31.406 t/m^2 kuat dukung tanah asli atau sebesar 97.98 %.



Gambar 6.3 Grafik perbandingan antara tanah asli dengan persentase semen terhadap kuat dukung tanah (q_u)

sedangkan untuk lebar pondasi, pada Tabel 6.2 dapat dilihat terjadi kesamaan ukuran untuk pencampuran semen 5% - 8% pemeraman 3 hari dengan pencampuran semen 3% - 8% pemeraman 7 hari karena untuk lebar pondasi diambil minimum sebesar 1 meter. Bila perbandingan luasan pondasi diambil berdasarkan kuat dukung tanah optimalnya, maka perbandingan luasan pondasi antara tanah yang dicampur semen 8 % dengan pemeraman 7 hari dan tanah aslinya yaitu sebesar 1 m^2 dari 4 m^2 atau terjadi pengurangan sebesar 75 %.



Gambar 6.4 Hubungan antara persentase semen dengan luasan pondasi