

**BAB IV**  
**ANALISIS DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN**  
**KELOMPOK TIANG**

Pada bab IV ini ditunjukkan beberapa perhitungan pondasi “friction pile” dan “end bearing pile” untuk mengetahui besarnya kapasitas dukung kelompok tiang dalam menahan beban vertikal pada titik sondir yang diambil beserta penurunan yang terjadi.

Parameter hitungan diambil sebagai berikut :

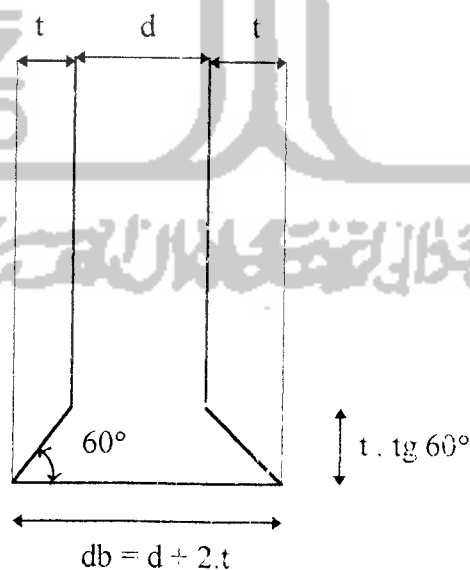
1. Beban bekerja sentris terhadap titik berat kelompok tiang,
2. Diameter tiang 30 cm, 40 cm, 50 cm,
3. Ketebalan selimut pasir 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm,
4. Kedalaman tiang 16,4 m: diambil dari data sondir daerah Pekalongan titik S.1,
5. Tebal “poer” 60 cm,
6. Beban yang diterima pondasi sebesar 60 ton tidak termasuk berat sendiri pondasi,
7. Jarak antar tiang (s) diambil sebesar  $2,5.D$ , dimana  $D$  = diameter tiang pancang, jarak as tiang ke tepi “poer” = 60 cm,
8. Berat volume beton 2,4 t/m<sup>3</sup>

9. Perhitungan dilakukan dengan asumsi sebagai berikut:

- Tiang tanpa pembesaran ujung terhadap tanah asli
- Tiang dengan pembesaran ujung terhadap tanah asli
- Tiang dengan pembesaran ujung terhadap selimut pasir padat (pasir dianggap sebagai tanah asli)
- Tiang dengan pembesaran ujung diisi pasir padat yang monolit dengan tiang. (pasir padat menyatu dengan tiang beton)

#### 4.1 Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal

Kapasitas daya dukung tiang tunggal dihitung berdasarkan hasil uji sondir terhadap kekuatan “friction” dan kekuatan dukung ujung atau “end bearing”. Secara keseluruhan dari judul tugas akhir kami dapat diilustrasikan sebagai berikut pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Pondasi tiang pembesaran ujung bawah

#### 4.1.2 Kapasitas Daya Dukung Ujung (“End Bearing”)

Kapasitas dukung ujung ini dihitung berdasarkan data sondir S 1 ( Lab. Mekanika Tanah UNDIP Semarang ) pada proyek Rumah sakit Islam Siti Khotijah Pekalongan.

Rencana pondasi pada kedalaman 16,4 m, didapat  $q_c = P = 32 \text{ kg/cm}^2$  (lampiran)

1. Tanpa pembesaran ujung ( $t = 0 \text{ cm}$ ).

a. Diameter tiang ( $d$ ), yaitu 30 cm.

b. Diameter ujung ( $db$ ),  $db = (2.t + d) = (2.0 + 30) = 30$

didalam tiang tanpa pembesaran  $t = 0$ ,  $db = d$

c. Luas tampang ujung tiang ( $Ab$ ),  $Ab = At = 1/4 . \pi . db^2$

$$= 1/4 . \pi . (30)^2 = 706,858 \text{ cm}^2.$$

e. Menentukan kapasitas dukung tiang dengan formula 3.5 didapat kapasitas dukung tiang ( $Qt$ ) sebagai berikut :

$$Qt = \frac{At . P}{3} = \frac{706,858 . 32}{3} = 7539,822 \text{ kg}$$

f. Analog untuk diameter tiang ( $d$ ) 40 cm, 50 cm, kemudian hasil-hasilnya ditabelkan pada tabel 4.1.

2. Dengan pembesaran ujung,  $t > 0 \text{ cm}$

Diambil  $t = 10 \text{ cm}$

a. Diameter tiang ( $d$ ),  $d = 30 \text{ cm}$ .

b. Diameter ujung ( $db$ ),  $db = (2.t + d) = (2.10 + 30) = 50 \text{ cm}$ .

c. Luas tampang ujung bawah tiang ( $A_b$ ),  $A_b = A_t = 1/4 \cdot \pi \cdot (d_b)^2$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot (50)^2 = 1963,495 \text{ cm}^2.$$

d. Menghitung kapasitas dukung tiang berdasarkan formula 3.5 didapat

kapasitas dukung tiang ( $Q_t$ ) sebagai berikut :

$$Q_t = \frac{A_t \cdot P}{3} = \frac{1963,495 \cdot 32}{3} = 20943,951 \text{ kg}$$

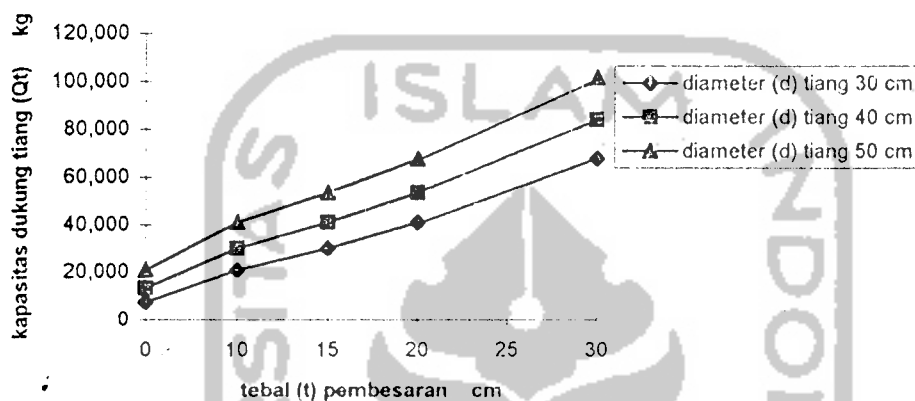
f. Analog untuk diameter tiang ( $d$ ) 40 cm, 50cm, kemudian hasil-hasilnya ditabelkan pada tabel 4.1.

Untuk ketebalan selimut pasir ( $t$ ) = 15 cm, 20 cm, 30 cm, dengan cara analogis sesuai perhitungan di atas maka hasil-hasilnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Kapasitas daya dukung ujung ("end bearing") berdasarkan tanah asli

d (cm)	t (cm)	$d_b$ (cm)	$A_b$ (cm <sup>2</sup> )	P (kg/cm <sup>2</sup> )	$Q_t$ (kg)
30	0	30	706,858	32	7539,822
40		40	1256,637		13404,129
50		50	1963,495		20943,951
30	10	50	1963,495	32	20943,951
40		60	2827,433		30159,289
50		70	3848,451		41050,144
30	15	60	2827,433	32	30159,289
40		70	3848,451		41050,144
50		80	5026,548		53616,515
30	20	70	3848,451	32	41050,144
40		80	5026,548		53616,515
50		90	6361,725		67858,401
30	30	90	6361,725	32	67858,401
40		100	7853,982		83775,704
50		110	9503,318		101568,723

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik hubungan antara ketebalan selimut pasir dengan kapasitas daya dukung tiang pada grafik 4.1 berikut ini :



Grafik 4.1 Kapasitas dukung ujung berdasarkan tanah asli

#### 4.1.3 Kapasitas Daya Dukung "Friction"

Kapasitas daya dukung "friction" ini dihitung dengan data sondir S 1 (Lab. Mekanika tanah UNDIP Semarang ) di proyek RSI Siti khotijah Pekalongan sampai kedalaman 16,4 m.

Hitungan dilakukan sebagai berikut :

1. Tanpa pembesaran ujung,  $t = 0$  cm.
  - a. Nilai JHL (L.c) dari data sondir pada titik S.1, yaitu sebesar 610 kg/cm (pada kedalaman 16,4 m, lampiran).
  - b. Diameter tiang (d),  $d = 30$  cm.

c. Diameter ujung bawah ( $db$ ),  $db = (2.t + d) = (2.0 + 30) = 50$  cm

$$t = 0, db = d$$

d. Keliling ( $O$ ) tampang tiang,  $O = \pi.d = \pi.50 = 94,248$  cm.

d. Menentukan kapasitas dukung tiang "friction" berdasarkan formula 3.4 sebagai berikut :

$$Q_t = \frac{O.L.c}{5} = \frac{94,248 \cdot 610}{5} = 11498,229 \text{ kg}$$

e. Analog untuk diameter ( $d$ ) 40 cm, 50 cm, kemudian hasil-hasilnya ditabelkan pada tabel 4.2.

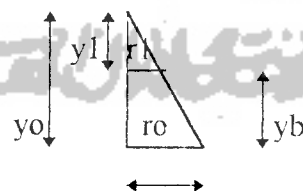
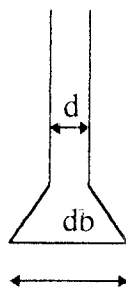
2. Dengan pembesaran ujung,  $t > 0$  cm

2.1. Tanpa pengisi pasir (Tiang terhadap tanah asli)

Diambil  $t = 10$  cm

a. Diameter tiang ( $d$ ),  $d = 30$  cm

b. Diameter ujung bawah ( $db$ ),  $db = (2.t + d) = (2.10 + 30) = 50$  cm



$$r_o = 0,5.db = 0,5.50 = 25 \text{ cm}$$

$$r_i = 0,5.d = 0,5.30 = 15 \text{ cm}$$

$$y_o = r_o.tan 60 = 25.tan 60 = 43,30127 \text{ cm}$$

$$y_1 = r_1.tan 60 = 15.tan 60 = 25,98076 \text{ cm}$$

$$y_b = (r_o - r_1).tan 60 = (25 - 15).tan 60 = 17,32051 \text{ cm}$$

$$L = (1640 - y_b) = (1640 - 17,32051) = 1622,6795 \text{ cm}$$

c. Menentukan  $l_c$  pada kedalaman 1622,6795 cm.

$$\text{kedalaman } 1620 - 1640 \text{ cm, } c = (610 - 594)/20 = 0,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$l_c \text{ pada kedalaman } 1620 \text{ cm} = 594 \text{ kg/cm}$$

$$l_c \text{ pada kedalaman } 1622,6795 = 0,8 \cdot (1622,6795 - 1620) + 594$$

$$l_c = 596,144 \text{ kg/cm}$$

d. Luas permukaan pembesaran ( $AS_b$ )

$$\begin{aligned} AS_o &= \pi \cdot r_o \cdot \sqrt{(r_o)^2 + (y_o)^2} = \pi \cdot 25 \cdot \sqrt{(25)^2 + (43.30127)^2} \\ &= 3926,9908 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AS_1 &= \pi \cdot r_1 \cdot \sqrt{(r_1)^2 + (y_1)^2} = \pi \cdot 15 \cdot \sqrt{(15)^2 + (25.98076)^2} \\ &= 1413,71661 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AS_b &= AS_o - AS_1 = 3926,9908 - 1413,71661 \\ &= 2513,2742 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

e. Hambatan lekat pada sepanjang  $y_b$  dari dasar pondasi (c)

$$\begin{aligned} \text{kedalaman : } 1620 - 1640 \text{ cm } c &= (610 - 594)/20 \\ &= 0,8 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

f. Keliling tiang (O),  $O = \pi \cdot d = \pi \cdot 30 = 94,24778 \text{ cm}^2$

g. Kapasitas dukung tiang "friction" ( $Q_t$ )

$$\begin{aligned} Q_t &= \frac{O \cdot l_c + AS_b \cdot c}{5} = \frac{94,24778 \cdot 596,144 + 2513,2742 \cdot 0,8}{5} \\ &= 11237,0497 + 402,124 = 11639,174 \text{ kg} \end{aligned}$$

h. Analog untuk diameter (d) 40 cm, 50 cm, untuk tebal (t), 15 cm, 20 cm, 30 cm, dapat dilihat pada tabel 4.2

Tabel 4.2 Kapasitas dukung tiang "Friction" pada tanah asli

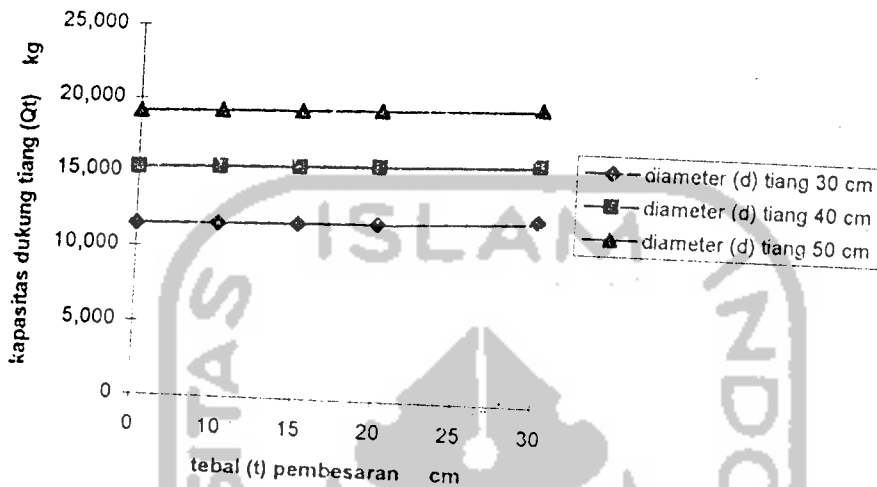
d cm	t cm	o cm	L.c kg/cm	Qa kg	Ab cm <sup>2</sup>	c kg/cm <sup>2</sup>	Qb kg	Qi kg			
30	0	94,248	610	11498,23	-	-	-	11498,23			
40		125,664		15330,97	-	-	-	15330,97			
50		157,080		19163,72	-	-	-	19163,72			
30	10	94,248	596,144	11237,04	2513,27	0,8	402,124	11639,17			
40		125,664		14982,72	3141,59	0,8	502,655	15485,38			
50		157,080		18728,40	3769,91	0,8	603,185	19331,59			
30	15	94,248	591,010	11140,27	725,79	0,5	72,579	635,037	11775,31		
40					3519,36	0,8	562,458				
		50		125,664	14853,69	942,75	0,5	94,275	772,816	15626,51	
4240,88							0,8	678,541			
50		157,080		10053,10	1159,71	0,5	115,971	916,595	19477,71		
						4966,40	0,8			794,624	
30	20	94,248	11058,65	2042,31	0,5	204,231	882,771	11941,42			
40					4240,88	0,8			678,541		
		50		125,664	14744,86	2573,42	0,5	257,624	1051,97	15796,83	
4966,40							0,8	794,624			
50		157,080		18431,08	5104,54	0,5	510,454	1221,06	19652,24		
						5691,92	0,8			910,707	
30	30	94,248	10895,41	1601,41	0,5	160,141	1472,49	12457,89			
40					4016,40	0,5			401,640		
					5691,92	0,8			910,707		
50		125,664		578,019	14527,21	2035,33	0,5	203,533	1704,52	16231,72	
							4741,92	0,5			474,192
							6417,44	0,8			1026,79
50	157,080	18159,01	2469,24	0,5	246,924	1936,54	20095,55				
				5467,44	0,5			546,744			
				7142,96	0,8			1142,87			

Dimana : Qa = daya dukung tiang bagian pembesaran

Qb = daya dukung tiang bagian batang

Dari hasil diatas dapat dibuat grafik hubungan antara pembesaran ujung bawah terhadap kekuatan dukung tiang "friction" pada grafik 4.2 sebagai berikut :





Grafik 4.2 Kapasitas dukung tiang "friction" terhadap tanah asli

## 2.2. Tiang dengan pembesaran ujung diisi pasir padat.

### A. Gaya geser tiang terhadap pasir

Untuk menghitung daya dukung akibat gaya geser, ditentukan terlebih dahulu hambatan lekat yang dari pasir terhadap tiang, dengan asumsi pasir sangat padat dan diambilkan dari buku poulus dari percobaan vesic yang didapatkan harga sebagai berikut:

Tabel 4.3 tahanan friksi pasir

kedalaman (in)	cleef (kg/in <sup>2</sup> )	HL (kg/in)	JHL (kg/ir)
0,00- 20,00	0,79368	15,3736	15,8736
20,00- 40,00	1,40875	28,175	44,0486
40,00- 60,00	1,88493	37,6986	81,7472
60,00- 80,00	2,26181	45,2362	126,9834
80,00-100,00	2,46034	49,2068	176,1902
100,00-120,00	2,61903	52,3806	228,5708
120,00-140,00	2,61903	52,3806	280,9514
140,00-160,00	2,61903	52,3806	333,3320
160,00-180,00	2,61903	52,3806	385,7126
180,00-200,00	2,61903	52,3806	438,0932
200,00-220,00	2,61903	52,3806	490,4738
220,00-240,00	2,61903	52,3806	542,8544
240,00-260,00	2,61903	52,3806	595,2350
260,00-280,00	2,61903	52,3806	647,6156
280,00-300,00	2,61903	52,3806	699,9962
300,00-320,00	2,61903	52,3806	752,3768
320,00-340,00	2,61903	52,3806	804,7574
340,00-360,00	2,61903	52,3806	857,1380
360,00-380,00	2,61903	52,3806	909,5186
380,00-400,00	2,61903	52,3806	961,8992
400,00-420,00	2,61903	52,3806	1014,2798
420,00-440,00	2,61903	52,3806	1066,6604
440,00-460,00	2,61903	52,3806	1119,0410
460,00-480,00	2,61903	52,3806	1171,4216
480,00-500,00	2,61903	52,3806	1223,8022
500,00-520,00	2,61903	52,3806	1276,1828
520,00-540,00	2,61903	52,3806	1328,5634
540,00-560,00	2,61903	52,3806	1380,9440
560,00-580,00	2,61903	52,3806	1433,3246
580,00-600,00	2,61903	52,3806	1485,7052
600,00-620,00	2,61903	52,3806	1538,0858
620,00-640,00	2,61903	52,3806	1590,4664
640,00-660,00	2,61903	52,3806	1642,8470
660,00-680,00	2,61903	52,3806	1695,2276

Diambil  $t = 10$  cm

- Diameter tiang ( $d$ ),  $d = 30$  cm.
- Diameter dasar tiang ( $d_b$ ),  $d_b = (2.t + d) = (2.10 + 30) = 50$  cm
- Keliling tiang ( $O$ ),  $O = \pi.d = \pi.30 = 94,24778$  cm.
- Luas permukaan pembesaran ( $A_{sb}$ )

$$r_o = 0,5 \cdot db = 0,5 \cdot 50 = 25 \text{ cm}$$

$$y_o = r_o \cdot \tan 60 = 25 \cdot \tan 60 = 43,980127 \text{ cm}$$

$$r_l = 0,5 \cdot d = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ cm}$$

$$y_l = r_l \cdot \tan 60 = 15 \cdot \tan 60 = 25,98076 \text{ cm}$$

$$y_b = 0,5 \cdot (db - d) \cdot \tan 60 = 0,5 \cdot (50 - 30) \cdot \tan 60 = 17,32051 \text{ cm}$$

$$A_{so} = \pi \cdot r_o \cdot \sqrt{(r_o)^2 + (y_o)^2} = \pi \cdot 25 \cdot \sqrt{(25)^2 + (43,980127)^2}$$

$$= 3926,99082 \text{ cm}^2$$

$$A_{sl} = \pi \cdot r_l \cdot \sqrt{(r_l)^2 + (y_l)^2} = \pi \cdot 15 \cdot \sqrt{(15)^2 + (25,98076)^2}$$

$$= 1413,71669 \text{ cm}^2$$

$$A_{sb} = A_{so} - A_{sl} = 3926,99082 - 1413,71669 = 2513,27412 \text{ cm}^2$$

e. Jumlah hambatan lekat sepanjang L, (L.c)

$$L = (1640 - y_b) = (1640 - 17,32051) = 1622,6795 \text{ cm}$$

didapat L.c = 624,982 kg/cm (sepanjang 1622,6795 cm)

f. Hambatan lekat sepanjang y<sub>b</sub>, (c)

$$y_b = 17,32051 \text{ cm}$$

didapat c = 0,406 kg/cm<sup>2</sup> (pada kedalaman 1622,6795 cm - 1640 cm)

g. Daya dukung akibat gaya geser (Q<sub>t</sub>)

$$Q_t = \frac{0 \cdot L.c + A_{sb} \cdot c}{5}$$

$$= \frac{94,24778 \cdot 624,982 + 2513,27412 \cdot 0,406}{5} = 11984,691 \text{ kg}$$

- h. Analog untuk diameter tiang ( $d$ ) 40 cm, 50 cm dan tebal selimut ( $t$ ) 15 cm, 20 cm, 30 cm seperti dalam tabel 4.4

Tabel 4.4 Kapasitas dukung "friction" pada tanah pasir

d cm	t cm	db cm	O cm	L.c kg/cm	Qa kg	A cm <sup>2</sup>	c kg/cm <sup>2</sup>	Qb kg	Qt kg
30	10	50	94,248	624,982	11780,64	2513,27	0,406	204,053	11984,69
40		60	125,664		15707,52	3144,59		255,066	15962,58
50		70	157,080		19634,40	11472,3		306,079	19940,48
30	15	60	94,248	621,467	11714,37	4241,15	0,406	344,340	12658,71
40		70	125,664		15619,16	5183,63		420,859	16040,02
50		80	157,080		19523,95	6126,11		497,380	20021,33
30	20	70	94,248	617,951	11548,10	6283,19	0,406	510,132	12158,24
40		80	125,664		15530,80	7539,82		612,159	16142,96
50		90	157,080		19413,45	8796,46		714,185	20127,69
30	30	90	94,248	610,920	11515,57	11309,7	0,406	918,238	12433,80
40		100	125,664		15354,09	13194,7		1071,278	16425,37
50		110	157,080		19192,61	15679,5		1224,318	26416,93

- B. Gaya geser terhadap tanah asli (asumsi pasir padat monolit dengan tiang).

Diambil  $t = 10$  cm

- Diameter tiang ( $d$ ),  $d = 30$  cm.
- Diameter pembesaran ( $db$ ),  $db = (2 \cdot t + d) = (2 \cdot 10 + 30) = 50$  cm
- Keliling tiang ( $O$ ),  $O = \pi \cdot db = \pi \cdot 50 = 157,07963$  cm
- Jumlah hambatan lekat ( $L \cdot c$ )

didapat  $L \cdot c = 610$  kg/cm (pada kedalaman 1640 cm)

- Daya dukung tiang akibat "friction"

$$Q_t = \frac{O \cdot L \cdot c}{5} = \frac{157,07963 \cdot 610}{5} = 19163,715 \text{ kg}$$

f. Analog untuk diameter (d) 40 cm, 50 cm, dan (t) 15 cm, 20 cm, 30 cm, seperti pada tabel 4.5

Tabel 4.5 Kapasitas dukung tanah "friction" pada tanah asli

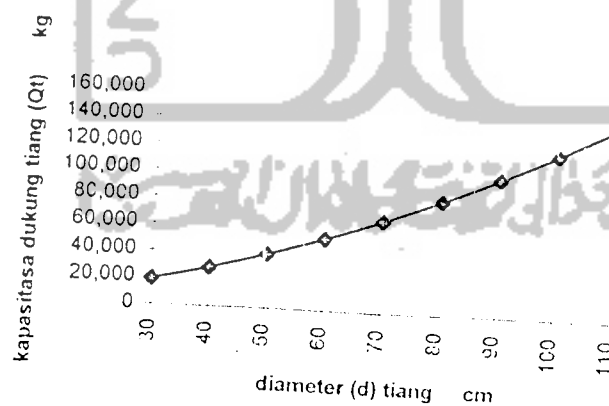
d (cm)	t (cm)	d (cm)	Q (cm)	L.c (kg/cm)	Qt (kg)
30	10	50	157,086	610	19163,715
40		60	188,496		22996,512
50		70	219,911		26826,142
30	15	60	188,496	610	22996,512
40		70	219,911		26826,142
50		80	251,327		30661,894
30	20	70	219,911	610	26826,142
40		80	251,327		30661,894
50		90	282,743		34494,646
30	30	90	282,743	610	34494,646
40		100	314,159		38327,398
50		110	345,575		42160,150

Dari perhitungan-perhitungan diatas berdasarkan kapasitas dukung ujung dan kapasitas "friction", pada kenyataannya di lapangan perhitungan biasanya tidak berdasarkan pada salah satu keadaan diatas melainkan kombinasi keduanya. Dari keterangan tersebut maka dapat dikombinasikan dari keadaan keduanya yang berdasarkan anggapan-anggapan yang telah disebutkan diatas dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 4.6 Kapasitas dukung tiang tanpa pembesaran terhadap tanah asli

d cm	dukung ujung			Friksi			Qt <sub>total</sub> (kg)
	A cm <sup>2</sup>	P kg/cm <sup>2</sup>	Qt kg	keliling cm	L.c kg/cm	Qt kg	
30	706,858	32	7539,822	94,248	610	11498,229	19038,051
40	1256,637	32	13404,129	125,664	610	15330,972	28735,101
50	1963,495	32	20943,951	157,080	610	19163,715	40107,666
60	2827,433	32	30159,289	188,496	610	22996,458	53155,747
70	3848,451	32	41050,144	219,911	610	26829,201	67879,345
80	5026,548	32	53616,515	251,327	610	30661,944	84278,459
90	6361,725	32	67858,407	282,743	610	34494,687	102353,094
100	7853,982	32	83775,804	314,159	610	38327,430	122103,234
110	9503,318	32	101318,723	345,515	610	42160,173	143528,896

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik hubungan antara kapasitas dukung tiang (Qt) terhadap diameter tiang seperti grafik 4.3 berikut ini :



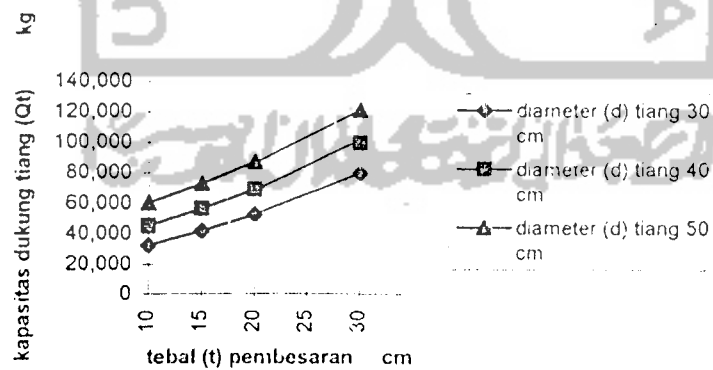
Grafik 4.3 Kapasitas dukung tiang tanpa pembesaran ujung terhadap tanah asli



Tabel 4.7 Kapasitas dukung tiang dengan pembesaran tanpa selimut pasir

d cm	t cm	db cm	dukung ujung			Friksi			Qt kg
			A cm <sup>2</sup>	P kg/cm <sup>2</sup>	Qt kg	Qta kg	Qtb kg	Qt kg	
30	10	50	1963,49	32	20943,951	11237,04	402,124	11639,17	32583,121
40		60	2827,43		30159,289	14982,72	502,655	15485,38	45644,669
50		70	3848,45		41050,144	18728,40	603,185	19331,59	60381,734
30	15	60	2827,43	32	30159,289	11140,27	635,037	11775,31	41934,599
40		70	3848,45		41050,144	14853,69	772,816	15626,51	56676,654
50		80	5026,55		53616,515	10053,10	910,595	19477,71	73094,225
30	20	70	3848,45	32	41050,144	11058,65	882,771	11941,42	52991,564
40		80	5026,55		53616,515	14744,86	1051,966	15796,83	69413,345
50		90	6361,73		67858,401	18431,08	1221,161	19652,24	87510,641
30	30	90	6361,73	32	67858,401	10895,41	1472,488	12457,89	80316,291
40		100	7853,98		83775,804	14527,21	1704,515	16231,72	100007,524
50		110	9503,32		101368,72	18159,01	1936,541	20095,55	121464,270

Dari tabel diatas dibuat grafik 4.4 berikut ini :

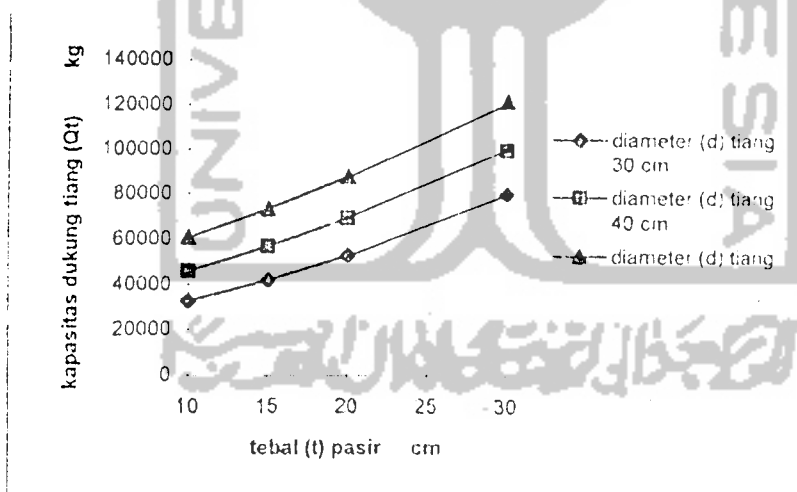


Grafik 4.4 Kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

Tabel 4.8 Kapasitas daya dukung tiang pembesaran dengan selimut pasir

d cm	t cm	db cm	dukung ujung			Friksi			Qt kg
			A cm <sup>2</sup>	P	Qt kg	Qta kg	Qtb kg	Qt kg	
30	10	50	1963,49	32	20943,951	11780,639	204,053	11984,692	32928,643
40		60	2827,43		30159,289	15707,518	255,066	15962,584	46121,873
50		70	3848,45		41050,144	19634,398	306,079	19940,477	60990,621
30	15	60	2827,43	32	30159,289	11714,371	344,339	12058,710	42217,999
40		70	3848,45		41050,144	15619,161	420,859	16040,020	57090,164
50		80	5026,55		53616,515	19523,951	497,379	20021,330	73637,845
30	20	70	3848,45	32	41050,144	11648,102	510,132	12158,235	53208,379
40		80	5026,55		53616,515	15530,803	612,156	16142,962	69759,477
50		90	6361,73		67358,401	19413,450	714,185	20127,689	87986,090
30	30	90	6361,73	32	67358,401	11515,566	918,238	12433,804	80292,205
40		100	7853,98		83775,804	15354,088	1071,278	16425,366	100201,170
50		110	9503,32		101368,72	19192,610	1224,318	20416,928	121785,648

Dari tabel diatas kemudian dibuat grafik 4.5 sebagai berikut :



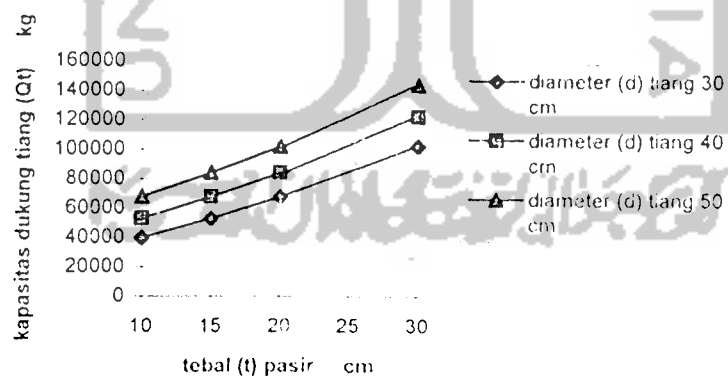
Grafik 4.5 Kapasitas dukung tiang dengan pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir



Tabel 4.9 Kapasitas daya dukung tiang pembesaran dengan selimut pasir monolit dengan beton tiang

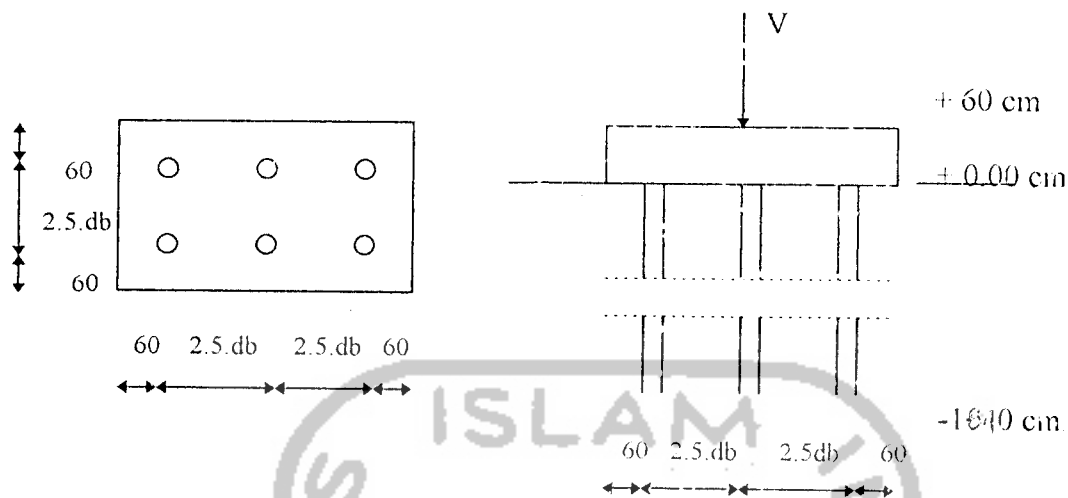
d cm	t cm	db cm	dukung ujung			Friksi			Qt kg
			A cm <sup>2</sup>	P	Qt kg	keliling cm	L.c kg/cm	Qt kg	
30	10	50	1963,495	32	20943,951	157,080	610	19163,715	40107,666
40		60	2827,433		30159,289	188,496		22996,512	53155,801
50		70	3848,451		41050,144	219,911		26826,142	67876,286
30	15	60	2827,433	32	30159,289	188,496	610	22996,512	53155,801
40		70	3848,451		41050,144	219,911		26826,142	67876,286
50		80	5026,548		53616,515	251,327		30661,894	84278,409
30	20	70	3848,451	32	41050,144	219,911	610	26826,142	67876,801
40		80	5026,548		53616,515	251,327		30661,894	84278,409
50		90	6361,725		67858,401	282,743		34494,646	102353,05
30	30	90	6361,725	32	67858,401	282,743	610	34494,646	102353,05
40		100	7853,982		83775,804	314,159		38327,398	122103,20
50		110	9503,318		101368,72	345,575		42160,150	143528,87

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik 4.6 berikut ini :



Grafik 4.6 Kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit dengan beton

## 4.2 Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang



Gambar 4.2 Denah tiang pancang

Diketahui data sebagai berikut :

Berat volume beton ( $\gamma_{bt}$ ) = 2,4 t/m<sup>3</sup>

Sudut gesek dalam ( $\phi$ ) = 20° (local shear)

$$\phi' = \arctan\left(\frac{2}{3} \cdot \tan \phi\right) = \arctan\left(\frac{2}{3} \cdot \tan 20^\circ\right) = 13,639^\circ$$

$$C = 0,04 \text{ kg/cm}^2$$

$$C' = \frac{2}{3} \cdot C = \frac{2}{3} \cdot 0,04 = 0,0267 \text{ kg/cm}^2$$

$$Nq' = \text{Exp}^{\left(\pi \cdot \tan \phi'\right)} \cdot \tan^2\left(45 + \frac{\phi'}{2}\right)$$

$$= 2,782^{\left(\pi \cdot \tan 13,639^\circ\right)} \cdot \tan^2\left(45^\circ + \frac{13,639^\circ}{2}\right) = 3,466$$

$$Nc' = (Nq' - 1) / \tan \phi' = (3,466 - 1) / \tan 13,639^\circ = 10,1622$$

Jumlah hambatan lekat ( $L_c$ ) = 610 kg/cm (pada kedalaman 16,4 m)

Jumlah tiang ( $h$ ),  $h = 6$

1. Anggaran pondasi tiang tanpa pembesaran ujung bawah ( $t = 0$ )

- a. Diambil diameter ( $d$ ) = 30 cm,
- b. Diameter pembesaran ( $db$ ),  $db = (2.t + d) = (2.0 + 30) = 30$  cm
- c. Jarak antar tiang ( $s$ ),  $s = 2,5.db = 2,5.30 = 75$  cm
- d. Panjang pondasi pile group ( $Y$ ),  $Y = 2.s + db = 2.75 + 30 = 180$  cm.
- e. Lebar pondasi pile group ( $B$ ),  $B = s + db = 75 + 30 = 105$  cm
- f. Luas dasar pondasi "pile group" ( $A$ ),  $A = B.Y = 105.180 = 18900$  cm<sup>2</sup>.
- g. Kapasitas dukung "pile group" ( $Q_t$ )

$$Q_t = C'.N_c'.A + 2.(B+Y).L_c$$

$$= 0,0267.10,1622.18900 + 2.(105+180).610 = 352828,151 \text{ kg.}$$

$$Q = Q_t/3 = 352828,151/3 = 117609,384 \text{ kg}$$

f. Analog untuk diameter tiang 40 cm, 50 cm pada tabel 4.10 sebagai berikut :

Tabel 4.10 Kapasitas dukung tiang kelompok tanpa pembesaran ujung bawah

d (cm)	Y (cm)	B (cm)	A (cm)	Qt (kg)
30	180	105	18900	117609,304
40	240	140	33600	157572,238
50	300	175	52500	197914,955

2. Anggaran pondasi tiang pembesaran ujung bawah ( $t > 0$ )

2.1 Pondasi pembesaran ujung tanpa selimut pasir.

Diambil nilai  $t = 10$  cm

- a. Diambil diameter ( $d$ ),  $d = 30$  cm,
- b. Diameter pembesaran ( $db$ ),  $db = (2.t + d) = (2.10+30) = 50$  cm.
- c. Jarak antar tiang ( $s$ ),  $s = 2,5.db = 2,5.50 = 125$  cm

- d. Panjang pondasi pile group (Y) =  $2.s + d = 2.125 + 30 = 280$  cm.
- e. Lebar pondasi pile group (B) =  $s + d = 125 + 30 = 155$  cm.
- f. Panjang pondasi pile group (Y1), B2 =  $2.s + db = 2.125 + 50 = 300$  cm.
- g. Lebar pondasi pile group (B1) =  $s + db = 125 + 50 = 175$  cm.
- h. Luasan "pile group" (A) =  $B1.Y1 = 175.300 = 52500$  cm<sup>2</sup>.
- i. Daya dukung "pile group" (Qt)

$$Qt = C'.Nc'.A + 2.(B+Y).Lc$$

$$= 0,0267.10,1622.52500 + 2.(280+155).610 = 544944,864 \text{ kg}$$

- j. Daya dukung ijin pile group

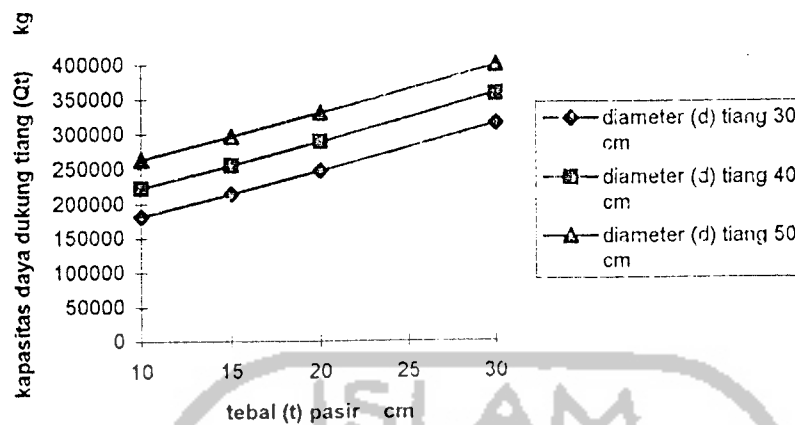
$$Qt/3 = 544944,864/3 = 181648,288 \text{ kg}$$

- k. Analog untuk diameter tiang 40 cm, 50 cm dan t 10 cm, 15 cm, 20 cm, 30 cm, kemudian ditabelkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kapasitas dukung tiang kelompok dengan pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.

d (cm)	t (cm)	db (cm)	Y1 (cm)	B1 (cm)	B (cm)	Y (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Q (kg)
30	10	50	300	175	280	155	52500	181648,288
40		60	360	210	340	190	75600	222370,868
50		70	420	245	400	225	102900	263473,311
30	15	60	360	210	330	180	75600	214237,535
40		70	420	245	390	215	102900	255339,975
50		80	480	280	450	250	134400	296822,284
30	20	70	420	245	330	205	102900	247206,614
40		80	480	280	440	240	134400	288688,951
50		90	540	315	500	275	170100	330551,120
30	30	90	540	315	480	255	170100	314284,453
40		100	600	350	540	290	210000	356526,485
50		110	660	385	600	325	254100	399148,380

Dari Tabel 4.11 dapat dibuat grafik sebagai berikut



Grafik 4.7 Kapasitas dukung tiang kelompok dengan pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

2.2 Dengan selimut pasir yang monolit dengan tiang beton.

Diambil nilai  $t = 10$  cm

a. Diambil diameter (d),  $d = 30$  cm,

b. Diameter pembesaran ( $db$ ),  $db = (2.t + d)$   
 $= (2.10 + 30) = 50$  cm.

c. Jarak antar tiang ( $s$ ),  $s = 2.5.db$   
 $= 2.5.50 = 125$  cm

d. Panjang pondasi pile group ( $Y$ )  $= 2.s + db$   
 $= 2.125 + 50 = 300$  cm.

e. Lebar pondasi pile group ( $B$ )  $= s + db$   
 $= 125 + 50 = 175$  cm.

f. Luasan "pile group" ( $A$ )  $= B.Y$

f. Luasan "pile group" (A) = B.Y

$$= 175.300 = 52500 \text{ cm}^2.$$

g. Daya dukung "pile group" (Qt)

$$Q_t = C'.N_c'.A + 2.(B+Y).L.c$$

$$= 0,0267.10,1622.52500 + 2.(175+300).610$$

$$= 593744,864 \text{ kg}$$

h. Daya dukung ijin pile group

$$Q_t/3 = 593744,864/3$$

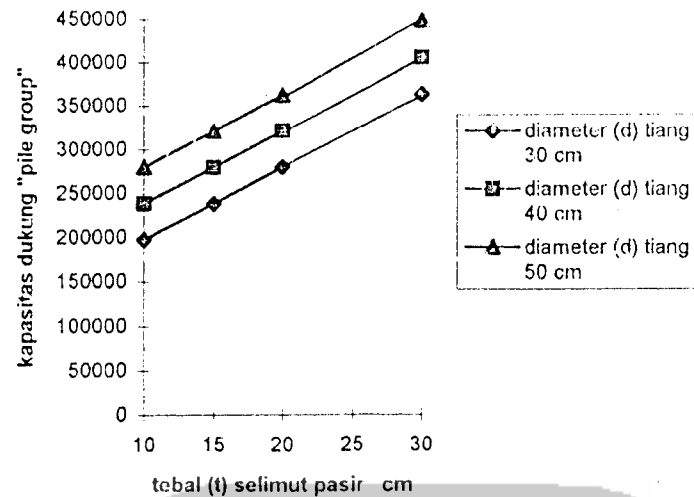
$$= 197914,955 \text{ kg}$$

i. Analog untuk diameter tiang 40 cm, 50 cm dan t 15 cm, 20 cm, 30 cm, kemudian ditabelkan pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Kapasitas daya dukung "pile group" dengan pembesaran ujung bawah dan selimut pasir monolit dengan beton

d (cm)	t (cm)	db (cm)	Y (cm)	B (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	Qt (kg)
30	10	50	300	175	52500	197914,955
40		60	360	210	75600	238637,535
50		70	420	245	102900	279739,978
30	15	60	360	210	75600	238637,535
40		70	420	245	102900	279739,978
50		80	480	280	134400	321222,284
30	20	70	420	245	102900	279739,978
40		80	480	280	134400	321222,284
50		90	540	315	170100	363084,453
30	30	90	540	315	170100	363084,453
40		100	600	350	210000	405326,485
50		110	660	385	254100	447943,380

Dari Tabel 4.12 dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Grafik 4.8 Kapasitas daya dukung “pile group” dengan pembesaran ujung bawah dan selimut pasir monolit dengan beton

#### 4.3 Efisiensi kelompok tiang

Jumlah tiang 6 buah dengan diameter 30 cm

$n$  (banyak baris) = 2

$m$  (banyak kolom) = 3

besarnya diameter  $db = (2 \cdot t + d)$

a. untuk  $t = 0$ , dan  $db = (2 \cdot 0 + 30) = 30$  cm

jarak antar tiang  $s = 2,5 \cdot db = 2,5 \cdot 30 = 75$  cm

besar nilai  $\theta$

$$\theta = \text{Arc tan} (db/s) = \text{Arc tan} (30/75) = 21,80141^\circ$$

Efisiensi satu tiang

$$Eq = 1 - \frac{\theta}{90} \cdot \frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{m \cdot n}$$

$$E_q = 1 - \frac{21,80141}{90} \cdot \frac{(2-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 2}{3,2}$$

$$= 0,71739$$

b. untuk  $t > 0$ , diambil  $t = 10$  cm dan  $db = (2 \cdot 10 + 30) = 50$  cm

jarak antar tiang  $s = 2,5 \cdot db = 2,5 \cdot 50 = 125$  cm

$\theta = \text{Arc tan } (50/125) = 21,80141^\circ$

efisiensi satu tiang

$$E_q = 1 - \frac{21,80141}{90} \cdot \frac{(2-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 2}{3,2}$$

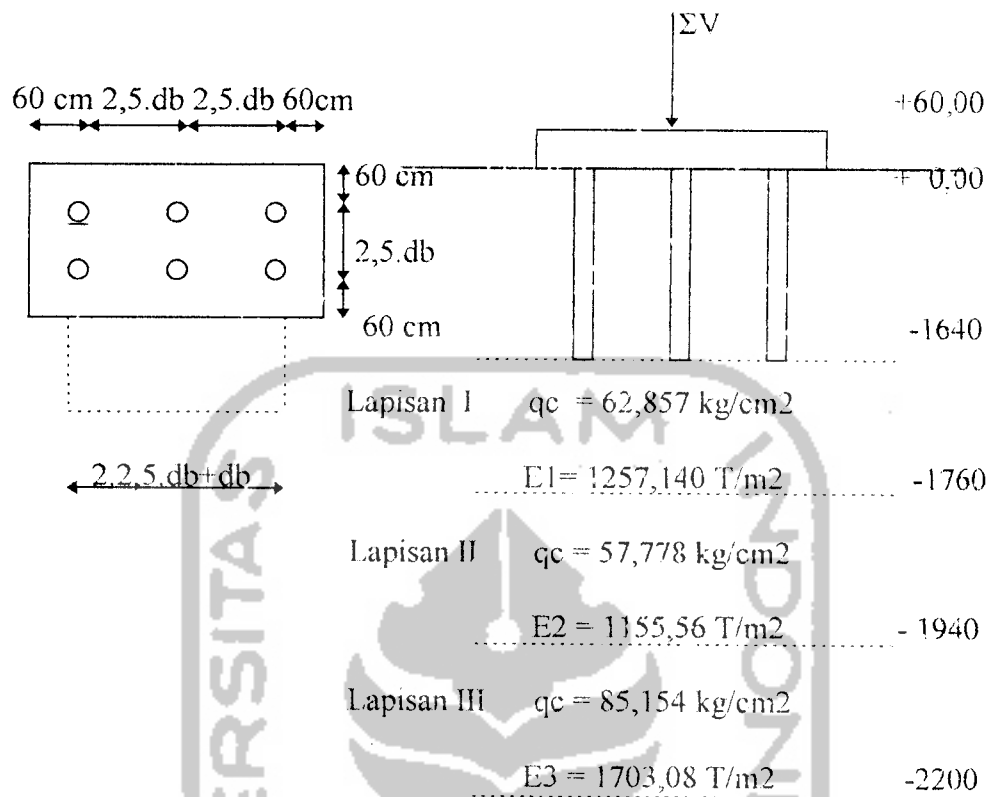
$$= 0,71739$$

#### 4.4 Penurunan Segera Kelompok Tiang

Parameter hitungan diambil sebagai berikut:

1. Tebal poer  $h = 0,6$  m
2. Jarak dari tepi poer ke as tiang  $0,6$  m
3. Jarak antar tiang as-as  $s$ , dengan  $s = 2,5 \cdot db$
4. Beban vertikal  $60$  Ton (asumsi)
5. Berat Volume beton  $\gamma_{bt} = 2,4$  Ton/m<sup>3</sup>
6. Berat Volume pasir  $\gamma_p = 1,8$  Ton/m<sup>3</sup>
7. Kedalaman tiang  $D = 16,4$  m
8. Tanah keras dianggap pada kedalaman  $22$  m, maka  $D' = 22 - 16,4 = 5,6$  m
9. Elastisitas Tanah  $E = 2,0c$  Ton/m<sup>2</sup>





1. Pondasi Tiang tanpa pembesaran ujung  $t = 0$

a. Diameter tiang,  $d = 0,3$  m

b. Diameter pembesaran (db)

$$db = (2.t + d) = (2.0 + 0,3) = 0,3 \text{ m}$$

untuk  $t = 0$ ,  $d = db$

c. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2,2,5d + 2,0,6) = (2,2,5.0,3 + 2,0,6) = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5d + 2,0,6) = (2,5.0,3 + 2,0,6) = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1.Y1 = 1,95.2,70 = 5,265 \text{ m}^2$$

$$P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 5,265 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 7,582 \text{ Ton}$$

d. Berat tiang (P2)

$$P2 = n \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot H \cdot \gamma_{bt}$$

$$= 6 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (0,3^2)) \cdot 16,4 \cdot 2,4 = 16,693 \text{ Ton}$$

e. Luas pondasi kelompok

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2 \cdot 2,5d + d) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,8 \text{ m}$$

$$\text{lebar kelompok tiang, } B = (2,5 \cdot d + d) = (2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,05 \text{ m}$$

$$\text{luas kelompok tiang, } A2 = L \cdot B = 1,8 \cdot 1,05 = 1,89 \text{ m}^2$$

f. Tekanan netto pondasi  $q_n$

$$q_n = (P1 + P2 + \Sigma V) / A2$$

$$= (7,582 + 16,693 + 50) / 1,89 = 44,590 \text{ Ton/m}^2$$

g. Menentukan  $\mu_0$

$$D/B = 16,40 / 1,05 = 15,62$$

$$L/B = 1,80 / 1,05 = 2$$

$$\text{maka didapat } \mu_0 = 0,52$$

h. Besarnya penurunan tiap lapisan ( $S_i$ )

$$\text{Lapisan I } H1/B = 1,20 / 1,05 = 1,14$$

$$L/B = 1,80 / 1,05 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(1) = 0,58$$

$$S_i(1) = \mu_0 \cdot \mu_1(1) \cdot q_n \cdot B / E1 = 0,52 \cdot 0,58 \cdot 44,590 \cdot 1,05 / 1257,14$$

$$= 0,0112 \text{ m} = 1,12 \text{ cm}$$

Lapisan II, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi dan mempunyai dasar yang keras pada kedalaman 19,4 m (3,0 m dari dasar pondasi)

$$H_2/B = 3,00/1,05 = 2,86$$

$$L/B = 1,80/1,05 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(2) = 0,77$$

$$\begin{aligned} S_i(2) &= \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B/E_2 = 0,52 \cdot 0,77 \cdot 44,590 \cdot 1,05/1155,56 \\ &= 0,0162 \text{ m} = 1,62 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kombinasi penurunan 1 dan 2 ( jika  $E_1 = E_2 = 1155,56 \text{ kg/cm}^2$ , lapisan I dianggap mempunyai dasar yang keras )

$$\begin{aligned} S_i(3) &= \mu_0 \cdot \mu_1(1) \cdot q_n \cdot B/E_2 = 0,52 \cdot 0,58 \cdot 44,590 \cdot 1,05/1155,56 \\ &= 0,0122 \text{ m} = 1,22 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan III, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi.

$$H_3/B = 5,60/1,05 = 5,33$$

$$L/B = 1,80/1,05 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(3) = 0,86$$

$$\begin{aligned} S_i(4) &= \mu_0 \cdot \mu_1(3) \cdot q_n \cdot B/E_3 = 0,52 \cdot 0,86 \cdot 44,590 \cdot 1,05/1703,08 \\ &= 0,0123 \text{ m} = 1,23 \text{ cm} \end{aligned}$$

Kombinasi penurunan 2 dan 3 ( jika  $E_1 = E_2 = E_3 = 1703,08 \text{ kg/cm}^2$ , lapisan II dianggap mempunyai dasar yang keras).

$$\begin{aligned} S_i(5) &= \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B/E_3 = 0,52 \cdot 0,77 \cdot 44,590 \cdot 1,05/1703,08 \\ &= 0,0110 \text{ m} = 1,10 \text{ cm} \end{aligned}$$

i. Penurunan total yang terjadi  $S_i$

$$\begin{aligned} S_i &= S_i(1) + S_i(2) - S_i(3) + S_i(4) - S_i(5) \\ &= 1,12 + 1,62 - 1,22 + 1,23 - 1,10 \\ &= 1,61 \text{ cm} \end{aligned}$$

j. Analog untuk nilai-nilai  $d = 40 \text{ cm}$ ,  $50 \text{ cm}$ , yang selanjutnya ditabelkan

pada tabel 4.13

Tabel 4.13 Penurunan segera pondasi tiang kelompok tanpa pembesaran ujung bawah terhadap tanah asli.

d (cm)	$S_i(1)$ (cm)	$S_i(2)$ (cm)	$S_i(3)$ (cm)	$S_i(4)$ (cm)	$S_i(5)$ (cm)	$S_i$ (cm)
30	1,12	1,62	1,22	1,23	1,10	1,61
40	0,88	1,37	0,95	1,09	0,93	1,46
50	0,72	1,25	0,78	1,04	0,85	1,38

2. Pondasi pembesaran ujung bawah,  $t > 0$

2.1. Tanpa selimut pasir.

a. Diambil,  $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang ( $d$ ),  $d = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung ( $db$ )

$$db = (2 \cdot t + d) = (2 \cdot 0,1 + 0,3) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer ( $P_1$ )

$$\text{panjang poer, } Y_1 = (2 \cdot 2,5 \cdot db + 2 \cdot 0,6) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,6) = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B_1 = (2,5 \cdot db + 2 \cdot 0,6) = (2,5 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,6) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A_1 = B_1 \cdot Y_1 = 2,45 \cdot 3,70 = 9,065$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 9,065 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 13,054 \text{ Ton}$$

e. Berat tiang (P2)

$$P2 = \text{Jumlah tiang} \cdot \text{Volume tiang} \cdot \gamma_{bt}$$

$$= \{[\pi \cdot y_b \cdot (r1^2 + r1 \cdot r0 + r0^2)]/3\} \cdot n \cdot \gamma_{bt} + (0,25 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L) \cdot n \cdot \gamma_{bt}$$

$$= \{[\pi \cdot 0,1732 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2)]/3\} \cdot 6 \cdot 2,4$$

$$+ (0,25 \cdot \pi \cdot 0,30^2 \cdot 16,227) \cdot 6 \cdot 2,4$$

$$= 16,837 \text{ Ton}$$

f. Berat tanah diatas pembesaran ujung tiang (P3)

$$P3 = \text{Jumlah tiang} \cdot \text{Volume tanah} \cdot \gamma_{tnh}$$

$$= n \cdot \{[0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_{tnh} \cdot h1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma1' \cdot h2$$

$$+ 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma2' \cdot h3 + 0,25 \cdot \pi \cdot db^2 \cdot h4 - [\pi \cdot y_b \cdot (r1^2 + r1 \cdot r0 + r0^2)]/3\}$$

$$= 6 \cdot \{[0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 1,7148 \cdot 2 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot$$

$$0,8303 \cdot 1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 3 + 0,25 \cdot \pi \cdot 0,50^2 \cdot 10,227 -$$

$$[\pi \cdot 0,1732 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2)]/3\}$$

$$= 12,065 \text{ Ton}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2,2,5 \cdot db + db)$$

$$= (2,2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 3,0 \text{ m}$$

$$\text{lebar kelompok tiang, } B = (2,5 \cdot db + db)$$

$$= (2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{luas kelompok tiang, } A2 = L \cdot B = 3,0 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}^2$$

h. Tekanan netto pondasi ( $q_n$ )

$$\begin{aligned} q_n &= (P_1 + P_2 + P_3 + \Sigma V)/A_2 \\ &= (13,054 + 16,837 + 12,065 + 60)/5,25 \\ &= 19,420 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

i. Menentukan  $\mu_0$

$$D/B = 16,40/1,75 = 9,37$$

$$L/B = 3,0/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_0 = 0,54$$

j. Penurunan yang terjadi ( $S_i$ )

$$\text{Lapisan I } H_1/B = 1,20/1,75 = 0,69$$

$$L/B = 3,0/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(1) = 0,42$$

$$\begin{aligned} S_i(1) &= \mu_0 \cdot \mu_1(1) \cdot q_n \cdot B/E_1 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 19,42 \cdot 1,75/1257,14 \\ &= 0,00613 \text{ m} = 0,613 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan II, dianggap berkembang sampai dasar pondasi dan mempunyai dasar yang keras pada kedalaman 19,4 m (3,0 m dari dasar pondasi)

$$H_2/B = 3,0/1,75 = 1,71$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(2) = 0,66$$

$$\begin{aligned} S_i(2) &= \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B/E_2 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,42 \cdot 1,75/1155,56 \\ &= 0,01048 \text{ m} = 1,048 \text{ cm} \end{aligned}$$

kombinasi penurunan 1 dan 2 (jika  $E1 = E2 = 1155,56$   
kg/cm<sup>2</sup>, lapisan II punya dasar yang keras)

$$Si(3) = \mu_0 \cdot \mu_1(1) \cdot q_n \cdot B/E2 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 19,40 \cdot 1,75 / 1155,56$$

$$= 0,0067 \text{ m} = 0,67 \text{ cm}$$

Lapisan III, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi

$$H3/B = 5,60 / 1,75 = 3,20$$

$$L/B = 3,00 / 1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(3) = 0,8$$

$$Si(4) = \mu_0 \cdot \mu_1(3) \cdot q_n \cdot B2/E3 = 0,54 \cdot 0,80 \cdot 19,40 \cdot 1,75 / 1703,08$$

$$= 0,00862 \text{ m} = 0,862 \text{ cm}$$

kombinasi penurunan 2 dan 3 (jika  $E1 = E2 = E3 = 1703,08$ .  
kg/cm<sup>2</sup>, lapisan III dianggap punya dasar yang keras)

$$Si(5) = \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B2/E3 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,40 \cdot 1,75 / 1703,08$$

$$= 0,00711 \text{ m} = 0,711 \text{ cm}$$

$$Si = Si(1) + Si(2) - Si(3) + Si(4) - Si(5)$$

$$= 0,613 + 1,048 - 0,67 + 0,862 - 0,711$$

$$= 1,145 \text{ cm}$$

k. Analog untuk variasi  $t = 15 \text{ cm}$ ,  $20 \text{ cm}$ ,  $30 \text{ cm}$ , dan  $d = 40 \text{ cm}$ ,  $50 \text{ cm}$   
yang ditabelkan pada tabel 4.14

Tabel 4.14 Penurunan pondasi tiang kelompok pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir.

d (cm)	t (cm)	Si(1) (cm)	Si(2) (cm)	Si(3) (cm)	Si(4) (cm)	Si(5) (cm)	Si (cm)
30	10	0,613	1,048	0,667	0,862	0,711	1,145
40		0,560	0,978	0,609	0,827	0,664	1,092
50		0,522	0,951	0,567	0,815	0,646	1,075
30	15	0,525	0,917	0,571	0,775	0,622	1,024
40		0,487	0,887	0,529	0,760	0,602	1,003
50		0,454	0,905	0,494	0,782	0,614	1,033
30	20	0,459	0,838	0,500	0,718	0,568	0,947
40		0,427	0,851	0,464	0,735	0,578	0,971
50		0,395	0,892	0,430	0,762	0,605	1,014
30	30	0,357	0,806	0,388	0,689	0,547	0,917
40		0,352	0,799	0,383	0,705	0,542	0,930
50		0,348	0,774	0,379	0,724	0,525	0,942

2.2. Pondasi pembesaran ujung bawah dengan pengisi pasir yang monolit dengan beton

a. Diambil selimut pasir (t),  $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang  $d = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung ( $db$ )

$$db = (d + 2.t) = (0,3 + 2.0,1) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer ( $P1$ )

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2.2,5.db + 0,6.2) = (2.2,5.0,5 + 0,6.2) = 3,7 \text{ m}$$



$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5 \cdot db + 0,6) = (2,5 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 2) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1 \cdot Y1 = 2,45 \cdot 3,70 = 9,065 \text{ m}^2$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 9,06 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 13,054 \text{ Ton}$$

e Berat tiang (P2)

$$P2 = \text{berat tiang} = 16,837 \text{ ton}$$

f. Berat tanah di atas pembesaran ujung tiang (P3)

$$\begin{aligned} P3 &= 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_{pasir} \cdot L + 0,25 \cdot \pi \cdot db^2 \cdot yb \cdot \gamma_{pasir} \\ &\quad - [(\pi \cdot yb \cdot (r1^2 + r1 \cdot r0 + r0^2) / 3) \cdot \gamma_{pasir}] \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 1,8 \cdot 16,227 + 0,25 \cdot \pi \cdot 0,5^2 \cdot 0,1732 \cdot 1,8 \\ &\quad - [(\pi \cdot 0,1732 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2) / 3) \cdot 1,8] \\ &= 22,1498 \text{ Ton} \end{aligned}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang (A2)

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2 \cdot 2,5 \cdot db + db) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 3 \text{ m}$$

$$\text{lebar kelompok tiang, } B = (2,5 \cdot db + db) = (2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m}$$

$$\text{luas kelompok tiang, } A2 = L \cdot B = 3 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}^2$$

h. Tekanan netto pondasi ( $q_n$ )

$$q_n = (P1 + P2 + P3 + \Sigma V) / A2$$

$$= (13,054 + 16,837 + 22,1498 + 60) / 5,25 = 21,341 \text{ Ton}$$

i. Menentukan  $\mu_0$

$$D/B = 16,40 / 1,75 = 9,37$$

$$L/B = 3,00 / 1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_0 = 0,54$$

j. Penurunan yang terjadi Si

$$\text{Lapisan I } H1/B = 1,20/1,75 = 0,690$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu1(1) = 0,42$$

$$\begin{aligned} Si(1) &= \mu0 \cdot \mu1(1) \cdot qn \cdot B/E1 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 21,341 \cdot 1,75/1155,56 \\ &= 0,00674 \text{ m} = 0,674 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan II, dianggap berkembang sampai dasar pondasi dan mempunyai dasar yang keras pada kedalaman 19,4 m (3,0 m dari dasar pondasi)

$$H2/B = 3,00/1,75 = 1,71$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu1(2) = 0,66$$

$$\begin{aligned} Si(2) &= \mu0 \cdot \mu1(2) \cdot qn \cdot B/E2 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 21,341 \cdot 1,75/1155,56 \\ &= 0,0115 \text{ m} = 1,15 \text{ cm} \end{aligned}$$

kombinasi penurunan 1 dan 2 (jika  $E1 = E2 = 1155,56 \text{ kg/cm}^2$ , lapisan II dianggap mempunyai dasar yang keras)

$$\begin{aligned} Si(3) &= \mu0 \cdot \mu1(1) \cdot qn \cdot B/E2 = 0,54 \cdot 0,42 \cdot 19,40 \cdot 1,75/1155,56 \\ &= 0,00733 \text{ m} = 0,733 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan III, dianggap berkembang sampai ke dasar pondasi

$$H3/B = 5,60/1,75 = 3,2$$

$$L/B = 3,00/1,75 = 2$$

$$\text{didapat } \mu_1(3) = 0,80$$

$$\begin{aligned} S_i(4) &= \mu_0 \cdot \mu_1(3) \cdot q_n \cdot B/E_3 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,40 \cdot 1,75/1703,08 \\ &= 0,00947 \text{ m} = 0,947 \text{ cm} \end{aligned}$$

kombinasi penurunan 2 dan 3 (jika  $E_1 = E_2 = E_3 = 1703,08$  kg/cm<sup>2</sup>, lapisan III dianggap punya dasar yang keras)

$$\begin{aligned} S_i(5) &= \mu_0 \cdot \mu_1(2) \cdot q_n \cdot B_2/E_3 = 0,54 \cdot 0,66 \cdot 19,40 \cdot 1,75/1703,08 \\ &= 0,00782 \text{ m} = 0,782 \text{ cm} \end{aligned}$$

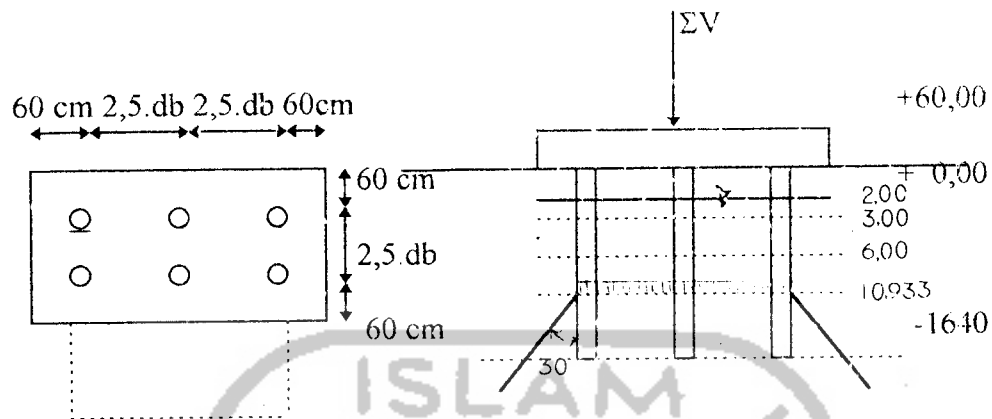
$$\begin{aligned} S_i &= S_i(1) + S_i(2) - S_i(3) + S_i(4) - S_i(5) \\ &= 0,674 + 1,152 - 0,733 + 0,947 - 0,782 \\ &= 0,00126 \text{ m} = 0,126 \text{ cm} \end{aligned}$$

k. Analog untuk variasi dari  $t = 15 \text{ cm}$ ,  $20 \text{ cm}$ ,  $30 \text{ cm}$  dan  $d = 40 \text{ cm}$ ,  $50 \text{ cm}$  kemudian hasilnya ditabelkan pada tabel 4.15.

Tabel 4.15 Penurunan pondasi tiang kelompok pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir.

d (cm)	t (cm)	$S_i(1)$ (cm)	$S_i(2)$ (cm)	$S_i(3)$ (cm)	$S_i(4)$ (cm)	$S_i(5)$ (cm)	$S_i$ (cm)
30	10	0,674	1,152	0,733	0,947	0,782	1,258
40		0,618	1,080	0,673	0,913	0,733	1,265
50		0,576	1,051	0,627	0,901	0,713	1,188
30	15	0,603	1,054	0,656	0,891	0,715	1,177
40		0,561	1,024	0,611	0,877	0,695	1,157
50		0,523	1,044	0,569	0,902	0,708	1,191
30	20	0,550	1,003	0,598	0,859	0,680	1,124
40		0,512	1,058	0,557	0,882	0,718	1,177
50		0,473	1,068	0,514	0,913	0,725	1,215
30	30	0,457	1,032	0,497	0,882	0,700	1,173
40		0,451	1,022	0,491	0,901	0,693	1,190
50		0,443	0,986	0,482	0,922	0,669	1,200

#### 4.5 Penurunan Konsolidasi Primer Kelompok Tiang



1. Pondasi Tiang tanpa pembesaran ujung  $t = 0$

a. Diameter tiang,  $d = 0,3$  m

b. Diameter pembesaran (db)

$$db = (2 \cdot t + d) = (2 \cdot 0 + 0,3) = 0,3 \text{ m}$$

untuk  $t = 0$ ,  $d = db$

c. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2 \cdot 2,5d + 2 \cdot 0,6) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,6) = 2,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5d + 0,6) = (2,5 \cdot 0,3 + 2 \cdot 0,6) = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1 \cdot Y1 = 1,95 \cdot 2,70 = 5,265 \text{ m}^2$$

$$P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 3,645 \cdot 0,6 \cdot 2,4 = 7,582 \text{ Ton}$$

d. Berat tiang (P2)

$$P2 = n \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot d^2) \cdot H \cdot \gamma_{bt}$$

$$= 6 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot (0,3)^2) \cdot 16,4 \cdot 2,4 = 16,693 \text{ Ton}$$

e. Luas pondasi kelompok

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2 \cdot 2,5d + d) = (2 \cdot 2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,8 \text{ m}$$

lebar kelompok tiang,  $B = (2,5 \cdot d + d) = (2,5 \cdot 0,3 + 0,3) = 1,05 \text{ m}$

luas kelompok tiang,  $A = L \cdot B = 1,8 \cdot 1,05 = 1,89 \text{ m}^2$

f. Tekanan netto pondasi  $q_n$

$$q_n = (P_1 + P_2 + \Sigma V) / A_2$$

$$= (7,582 + 16,693 + 60) / 1,89 = 44,590 \text{ Ton/m}^2$$

g. Menentukan penurunan konsolidasi primer.

kedalaman tiang (D) = 16,4 m,  $2 \cdot D / 3 = 2 \cdot 16,4 / 3 = 10,933 \text{ m}$

kedalaman lapisan tanah keras pada kedalaman 22 m, sehingga tebal

lapisan tanah yang akan ditinjau adalah  $22 - 10,933 = 11,067 \text{ m}$ .

Kedalaman tersebut dibagi menjadi 3 lapisan tinjauan dengan masing-masing ketebalan 3,689 m.

1. Lapisan I kedalaman 12,778 m

$$L' = L + 2 \cdot d \cdot \tan 30^\circ = 1,80 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,93 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d \cdot \tan 30^\circ = 1,05 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,18 \text{ m}$$

$$A_1 = B' \cdot L' = 3,18 \cdot 3,93 = 12,496 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 1,89 \cdot 44,590 / 12,496 = 6,744 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h_1 \cdot \gamma_{th} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2 \cdot 1,7148 + 1 \cdot 0,8303 + 3 \cdot 0,8815 + 6,778 \cdot 0,8815$$

$$= 12,879 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_c 1 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$Sc = \frac{H.Cc}{1 + eo} \cdot \log \frac{po' + \Delta p}{po'}$$

$$Sc1 = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{12,879 + 6,7443}{12,879}$$

$$= 0,0646 \text{ m} = 6,46 \text{ cm.}$$

2. Lapisan II kedalaman 16,467 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,80 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 8,190 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,05 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 7,440 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 8,190 \cdot 7,440 = 60,926 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot qn / A1 = 1,89,44,590 / 60,926 = 1,383 \text{ ton/m}^2$$

$$po' = h1 \cdot \gamma_{tnh} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 10,467 \cdot 0,8815$$

$$= 16,131 \text{ Ton/m}^2$$

$$eo = 0,8654$$

$$Cc2 = 0,3 \cdot (eo - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$Sc = \frac{H.Cc}{1 + eo} \cdot \log \frac{po' + \Delta p}{po'}$$

$$Sc2 = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{16,131 + 1,854}{16,131}$$

$$= 0,0126 \text{ m} = 1,26 \text{ cm.}$$

3. Lapisan III kedalaman 20,156 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,80 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 12,450 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 1,05 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 11,700 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 11,700 \cdot 12,450 = 145,646 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot q_n / A1 = 1,89,44,590 / 145,646 = 0,579 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h1 \cdot \gamma_{tnh} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 14,156 \cdot 0,8815$$

$$= 19,383 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_c3 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

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

$$S_{c3} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{19,383 + 0,579}{19,383}$$

$$= 0,0045 \text{ m} = 0,45 \text{ cm}$$

$$\text{Penurunan total (S}_c) = S_{c1} + S_{c2} + S_{c3}$$

$$= 6,46 + 1,26 + 0,45$$

$$= 8,17 \text{ cm}$$

- h. Analog untuk diameter tiang 40 cm dan 50 cm yang selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.16

Tabel 4.16 Penurunan konsolidasi primer tiang tanpa pembesaran

d (cm)	Se1 (cm)	Se2 (cm)	Se3 (cm)	Se (cm)
30	6,46	1,26	0,45	8,17
40	6,06	1,33	0,49	7,88
50	5,87	1,42	0,55	7,84

2. Pondasi pembesaran ujung bawah,  $t > 0$

2.1. Tanpa selimut pasir.

a. Diambil,  $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang (d),  $d = 30 \text{ cm} = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung ( $db$ )

$$db = (2.t + d) = (2.0,1 + 0,3) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2.2,5.db + 2.0,6) = (2.2,5.0,5 + 2.0,6) = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5.db + 2.0,6) = (2,5.0,5 + 2.0,6) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1.Y1 = 2,45.3,70 = 9,065$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1.h.ybt = 9,065.0,6.2,4 = 13,054 \text{ Ton}$$

e. Berat tiang (P2)

$$P2 = \text{Jumlah tiang. Volume tiang. } ybt$$

$$= \{[\pi.yb.(r1^2 + r1.r0 + r0^2)]/3\}.n.ybt + (0,25.\pi.d^2.L).n.ybt$$

$$= \{[\pi.0,1732.(0,15^2 + 0,15.0,25 + 0,25^2)]/3\}.6.2,4$$

$$+ (0,25.\pi.0,30^2.16,227).6.2,4$$

$$= 16,837 \text{ Ton}$$

f. Berat tanah diatas pembesaran ujung tiang (P3)



$P_3 = \text{Jumlah tiang} \cdot \text{Volume tanah} \cdot \gamma_{\text{tnh}}$

$$\begin{aligned}
 &= n \cdot \{ [0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_{\text{tah}} \cdot h_1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_1 \cdot h_2 \\
 &\quad + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_2 \cdot h_3 + 0,25 \cdot \pi \cdot db^2 \cdot h_4 - \{ \pi \cdot y_b \cdot (r_1^2 + \\
 &\quad r_1 \cdot r_0 + r_0^2) \} / 3 \} \\
 &= 6 \cdot \{ [0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 1,7148 \cdot 2 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot \\
 &\quad 0,8303 \cdot 1 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 3 + 0,25 \cdot \pi \cdot 0,50^2 \cdot 10,227 - \\
 &\quad \{ \pi \cdot 0,173 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2) \} / 3 \} \\
 &= 12,065 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang

$$\begin{aligned}
 \text{panjang kelompok tiang, } L &= (2,2,5 \cdot db + db) \\
 &= (2,2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 3,00 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{lebar kelompok tiang, } B &= (2,5 \cdot db + db) \\
 &= (2,5 \cdot 0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\text{luas kelompok tiang, } A_2 = L \cdot B = 3,0 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}^2$$

h. Tekanan netto pondasi ( $q_n$ )

$$\begin{aligned}
 q_n &= (P_1 + P_2 + P_3 + \Sigma V) / A_2 \\
 &= (13,054 + 16,837 + 12,065 + 60) / 5,25 \\
 &= 19,420 \text{ Ton/m}^2
 \end{aligned}$$

i. Menentukan penurunan konsolidasi primer

$$\text{kedalaman tiang (D)} = 16,4 \text{ m}, \quad 2 \cdot D / 3 = 2 \cdot 16,4 / 3 = 10,933 \text{ m}$$

kedalaman lapisan tanah keras pada kedalaman 22 m, sehingga tebal

$$\text{lapisan tanah yang akan ditinjau adalah } 22 - 10,933 = 11,067 \text{ m.}$$

Kedalaman tersebut dibagi menjadi 3 lapisan tinjauan dengan masing-masing ketebalan 3,689 m.

1. Lapisan I kedalaman 12,778 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 2,80 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 5,13 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,55 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,88 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 3,88 \cdot 5,13 = 19,903 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot qn / A1 = 4,34 \cdot 23,492 / 19,903 = 5,122 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_o' &= h1 \cdot \gamma_{th} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4' \\ &= 2,1 \cdot 7,148 + 1,0 \cdot 8,303 + 3,0 \cdot 8,815 + 6,778 \cdot 0,8815 \\ &= 12,879 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_{c1} = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

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

$$S_{c1} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{12,879 + 5,122}{12,879}$$

$$= 0,0514 \text{ m} = 5,14 \text{ cm.}$$

2. Lapisan II kedalaman 16,467 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 2,80 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 9,390 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,55 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 8,140 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 8,140 \cdot 9,390 = 76,426 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 4,34 \cdot 23,492 / 76,426 = 1,334 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_o' &= h_1 \cdot \gamma_{tnh} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4' \\ &= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 10,467 \cdot 0,8815 \\ &= 16,131 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_{c2} = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{H \cdot C_c}{1 + e_o} \cdot \log \frac{p_o' + \Delta p}{p_o'} \\ S_{c2} &= \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{16,131 + 1,334}{16,131} \\ &= 0,0075 \text{ m} = 0,75 \text{ cm.} \end{aligned}$$

3. Lapisan III kedalaman 20,156 m

$$L' = L + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 2,80 + 2,9,223 \cdot \tan 30^\circ = 13,650 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 1,55 + 2,9,223 \cdot \tan 30^\circ = 12,400 \text{ m}$$

$$A_1 = B' \cdot L' = 12,400 \cdot 13,650 = 169,240 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 4,34 \cdot 23,490 / 169,240 = 0,602 \text{ ton/m}^2$$

$$\begin{aligned} p_o' &= h_1 \cdot \gamma_{tnh} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4' \\ &= 2,1,7148 + 1,0,8303 + 3,0,8815 + 14,156 \cdot 0,8815 \\ &= 19,383 \text{ Ton/m}^2 \end{aligned}$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_{c3} = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$Sc = \frac{H Cc}{1 + e_0} \cdot \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'}$$

$$Sc_3 = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{19,383 + 0,602}{19,383}$$

$$= 0,0047 \text{ m} = 0,47 \text{ cm.}$$

$$\text{Penurunan total (Sc)} = Sc_1 + Sc_2 + Sc_3$$

$$= 5,14 + 1,22 + 0,47$$

$$= 6,83 \text{ cm}$$

h. Analog untuk diameter tiang 40 cm dan 50 cm yang selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.17

Tabel 4.17 Penurunan konsolidasi primer tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir

d (cm)	t (cm)	Sc1 (cm)	Sc2 (cm)	Sc3 (cm)	Sc (cm)
30	10	5,14	1,22	0,47	6,83
40		5,03	1,30	0,52	6,85
50		5,02	1,40	0,58	7,00
30	15	4,76	1,22	0,49	6,47
40		4,73	1,31	0,54	6,58
50		4,76	1,41	0,60	6,77
30	20	4,50	1,24	0,51	6,25
40		4,51	1,33	0,56	6,40
50		4,57	1,43	0,62	6,62
30	30	4,19	1,30	0,56	6,05
40		4,24	1,39	0,62	6,25
50		4,32	1,49	0,68	6,49

2.3. Pondasi pembesaran ujung bawah dengan pengisi pasir yang monolit dengan beton

a. Diambil selimut pasir (t),  $t = 10 \text{ cm} = 0,1 \text{ m}$

b. Diameter tiang  $d = 0,3 \text{ m}$

c. Diameter pembesaran ujung (db)

$$db = (d + 2.t) = (0,3 + 2.0,1) = 0,5 \text{ m}$$

d. Berat poer (P1)

$$\text{panjang poer, } Y1 = (2.2,5.db + 0,5.2) = (2.2,5.0,5 + 0,6.2) = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{lebar poer, } B1 = (2,5.db + 0,6) = (2,5.0,5 + 0,6.2) = 2,45 \text{ m}$$

$$\text{luas poer, } A1 = B1.Y1 = 2,45.3,70 = 9,065 \text{ m}^2$$

$$\text{berat poer, } P1 = A1 \cdot h \cdot \gamma_{bt} = 9,06.0,6.2,4 = 13,054 \text{ Ton}$$

e. Berat tiang (P2)

$$P2 = \text{berat tiang} = 16,837 \text{ ton}$$

f. Berat tanah di atas pembesaran ujung tiang (P3)

$$P3 = \{0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot \gamma_{pasir} \cdot L + 0,25 \cdot \pi \cdot (db^2 - d^2) \cdot yb \cdot \gamma_{pasir}$$

$$- [(\pi \cdot yb \cdot (r1^2 + r1 \cdot r0 + r0^2) / 3) \cdot \gamma_{pasir}] \cdot n$$

$$= \{0,25 \cdot \pi \cdot (0,50^2 - 0,30^2) \cdot 1,8 \cdot 16,227 + 0,25 \cdot \pi \cdot (0,5^2 - 0,30^2) \cdot$$

$$0,1732 \cdot 1,8 - [(\pi \cdot 0,1732 \cdot (0,15^2 + 0,15 \cdot 0,25 + 0,25^2) / 3) \cdot 1,8] \cdot 6$$

$$= 22,1498 \text{ Ton}$$

g. Luas pondasi kelompok tiang (A2)

$$\text{panjang kelompok tiang, } L = (2.2,5.db + db) = (2.2,5.0,5 + 0,5) = 3 \text{ m}$$

$$\text{lebar kelompok tiang, } B = (2,5.db + db) = (2,5.0,5 + 0,5) = 1,75 \text{ m}$$

luas kelompok tiang,  $A_2 = L \cdot B = 3 \cdot 1,75 = 5,25 \text{ m}$

h. Tekanan netto pondasi ( $q_n$ )

$$q_n = (P_1 + P_2 + P_3 + \Sigma V) / A_2$$

$$= (13,054 + 16,837 + 22,1498 + 60) / 5,25 = 21,341 \text{ Ton}$$

i. Menentukan penurunan konsolidasi primer

kedalaman tiang ( $D$ ) = 16,4 m,  $2 \cdot D / 3 = 2 \cdot 16,4 / 3 = 10,933 \text{ m}$

kedalaman lapisan tanah keras pada kedalaman 22 m, sehingga tebal lapisan tanah yang akan ditinjau adalah  $22 - 10,933 = 11,067 \text{ m}$ .

Kedalaman tersebut dibagi menjadi 3 lapisan tinjauan dengan masing-masing ketebalan 3,689 m.

1. Lapisan I kedalaman 12,778 m

$$L' = L + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 3,00 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 5,13 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d_1 \cdot \tan 30^\circ = 1,75 + 2 \cdot 1,845 \cdot \tan 30^\circ = 3,88 \text{ m}$$

$$A_1 = B' \cdot L' = 3,88 \cdot 5,13 = 19,903 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 4,34 \cdot 21,3492 / 19,903 = 5,629 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h_1 \cdot \gamma_{tnh} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1 \cdot 7,148 + 1,0 \cdot 8,303 + 3,0 \cdot 8,815 + 6,778 \cdot 0,8815$$

$$= 12,879 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_c1 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

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

$$Sc1 = \frac{3,689.0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{12,879 + 5,629}{12,879}$$

$$= 0,0556 \text{ m} = 5,56 \text{ cm.}$$

2. Lapisan II kedalaman 16,467 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 3,00 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 9,390 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,75 + 2 \cdot 5,534 \cdot \tan 30^\circ = 8,140 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 8,140 \cdot 9,390 = 76,426 \text{ m}^2$$

$$\Delta p1 = A \cdot qn / A1 = 5,25 \cdot 21,341 / 76,426 = 1,466 \text{ ton/m}^2$$

$$po' = h1 \cdot \gamma_{tnh} + h2 \cdot \gamma_2' + h3 \cdot \gamma_3' + h4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1 \cdot 7,148 + 1,0 \cdot 8,303 + 3,0 \cdot 8,815 + 10,467 \cdot 0,8815$$

$$= 16,131 \text{ Ton/m}^2$$

$$eo = 0,8654$$

$$Cc2 = 0,3 \cdot (eo - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

$$Sc = \frac{H \cdot Cc}{1 + eo} \cdot \log \frac{po' + \Delta p}{po'}$$

$$Sc2 = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{16,131 + 1,466}{16,131}$$

$$= 0,0133 \text{ m} = 1,33 \text{ cm.}$$

3. Lapisan III kedalaman 20,156 m

$$L' = L + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 3,00 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 13,650 \text{ m}$$

$$B' = B + 2 \cdot d1 \cdot \tan 30^\circ = 1,75 + 2 \cdot 9,223 \cdot \tan 30^\circ = 12,400 \text{ m}$$

$$A1 = B' \cdot L' = 12,400 \cdot 13,650 = 169,240 \text{ m}^2$$

$$\Delta p_1 = A \cdot q_n / A_1 = 5,25 \cdot 21,341 / 169,240 = 0,662 \text{ ton/m}^2$$

$$p_o' = h_1 \cdot \gamma_{tnh} + h_2 \cdot \gamma_2' + h_3 \cdot \gamma_3' + h_4 \cdot \gamma_4'$$

$$= 2,1,7148 + 1,0,3303 + 3,0,8815 + 14,156 \cdot 0,8815$$

$$= 19,383 \text{ Ton/m}^2$$

$$e_o = 0,8654$$

$$C_c3 = 0,3 \cdot (e_o - 0,27) = 0,3 \cdot (0,8654 - 0,27) = 0,1786$$

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

$$S_{c3} = \frac{3,689 \cdot 0,1786}{1 + 0,8654} \cdot \log \frac{19,383 + 0,662}{19,383}$$

$$= 0,0052 \text{ m} = 0,52 \text{ cm.}$$

$$\text{Penurunan total } (S_c) = S_{c1} + S_{c2} + S_{c3}$$

$$= 5,56 + 1,33 + 0,52$$

$$= 7,41 \text{ cm}$$

h. Analog untuk diameter tiang 40 cm dan 50 cm dan tebal 15 cm, 20 cm, 30 cm yang selanjutnya ditabelkan pada Tabel 4.18



Tabel 4.18 Penurunan konsolidasi primer tiang pembesaran dengan selimut pasir

d (cm)	t(cm)	Sc1 (cm)	Sc2 (cm)	Sc3 (cm)	Sc (cm)
30	10	5,56	1,33	0,52	7,41
40		5,47	1,43	0,57	7,47
50		5,46	1,54	0,64	7,61
30	15	5,36	1,40	0,56	7,31
40		5,55	1,50	0,62	7,47
50		5,38	1,62	0,69	7,69
30	20	5,25	1,48	0,61	7,34
40		5,28	1,59	0,67	7,54
50		5,33	1,70	0,74	7,77
30	30	5,18	1,65	0,72	7,55
40		5,24	1,76	0,79	7,79
50		5,32	1,87	0,86	8,05

#### 4.6 Penurunan Kelompok Tiang

Sesuai dengan teori yang terdapat pada bab 3 bahwa penurunan kelompok tiang merupakan gabungan dari penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Maka dengan ini dari hasil-hasil perhitungan masing-masing jenis penurunan maka dapat dibuat tabel penurunan sesuai dengan anggapan yang ada.

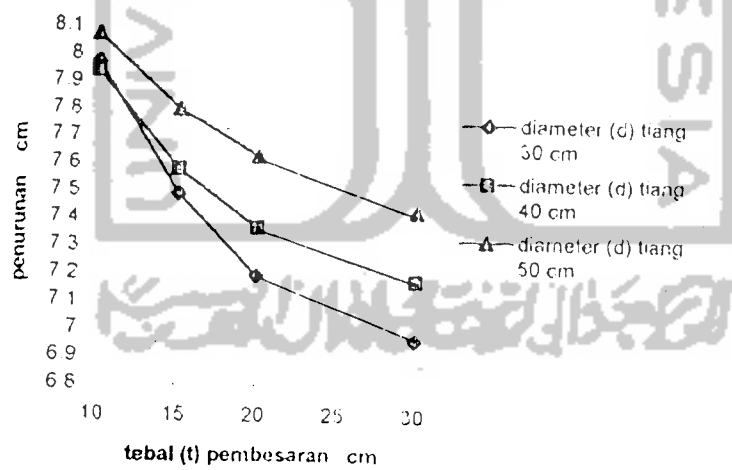
Tabel 4.19 Penurunan kelompok tiang tanpa pembesaran

d (cm)	Si (cm)	Sc (cm)	St (cm)
30	1,61	8,17	9,78
40	1,46	7,88	9,34
50	1,38	7,84	9,22

Tabel 4.20 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

d (cm)	t (cm)	Si (cm)	Sc (cm)	St(cm)
30	10	1,145	6,33	7,975
40		1,092	6,85	7,942
50		1,075	7,00	8,075
30	15	1,024	6,47	7,494
40		1,003	6,58	7,583
50		1,033	6,77	7,803
30	20	0,947	6,25	7,197
40		0,971	6,40	7,371
50		1,014	6,62	7,634
30	30	0,917	6,05	6,967
40		0,930	6,25	7,180
50		0,942	6,49	7,432

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik sebagai berikut :

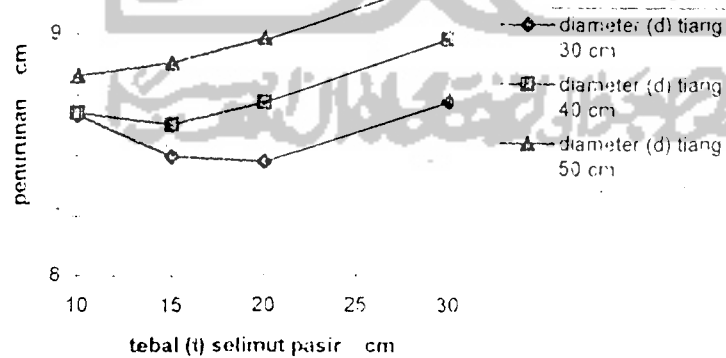


Grafik 4.9 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

Tabel 4.21 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir

d (cm)	t (cm)	Si (cm)	Sc (cm)	St (cm)
30	10	1,258	7,41	8,668
40		1,205	7,47	8,675
50		1,188	7,64	8,828
30	15	1,177	7,32	8,497
40		1,157	7,47	8,627
50		1,191	7,69	8,881
30	20	1,134	7,34	8,474
40		1,177	7,54	8,717
50		1,215	7,77	8,985
30	30	1,173	7,55	8,723
40		1,190	7,79	8,980
50		1,200	8,05	9,250

Dari tabel 4.21 dapat dibuat grafik sebagai berikut :



Grafik 4.10 Penurunan kelompok tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir

## 4.7 Pembahasan

### 4.7.1 Daya dukung tiang

Besarnya daya dukung pondasi tiang pada tanah tergantung pada daya dukung ujung dan daya geser antara struktur pondasi dengan lapisan tanah. Kemampuan geser tanah dipengaruhi oleh panjang tiang, sehingga kemampuan geser tanah semakin tinggi dengan bertambahnya kedalaman tiang di dalam tanah.

Type pondasi pada analisis ini adalah pondasi tiang pembesaran ujung dengan selimut pasir padat dan diasumsikan monolit dengan beton. Tebal selimut pasir sebanding dengan diameter ujung dan dimensi tiang, karena  $t_b = 2.1 + d$ .

Kemampuan daya dukung tiang merupakan parameter besarnya beban yang dipikul oleh pondasi. Analisis daya dukung pondasi tiang dilakukan dengan mengetahui data tanah, dimensi tiang dan tebal pembesaran, jarak antar tiang, panjang tiang rencana serta data pendukung lain seperti berat volume beton dan pasir.

Dari data analisis menunjukkan bahwa semakin besar dimensi pada ujung tiang meningkatkan daya dukung ujung. Tebal lapisan selimut pasir lebih meningkatkan daya gesernya sehingga lebih mempertinggi daya dukung, karena asumsi pasir monolit dengan tiang beton sehingga diameter tiang sebesar penambahan tebal pasir.

#### A. Daya dukung tunggal

1. Tanpa pembesaran,  $d = 0,3m$   $Q_u = 19,038$  T, untuk  $d = 0,4m$   $Q_u = 28,735$  T
2. Pembesaran ujung tanpa pengisi pasir

$d = 0,3\text{m}, t = 0,1\text{m}$   $Q_t = 32,583\text{ T}$ , untuk  $d = 0,3\text{m}, t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 41,934\text{ T}$

$d = 0,4\text{m}, t = 0,1\text{m}$   $Q_t = 45,645\text{ T}$ , untuk  $d = 0,4\text{m}, t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 57,090\text{ T}$

3. Pembesaran ujung dengan pengisi pasir padat

$d = 0,3\text{m}, t = 0,1\text{m}$   $Q_t = 32,929\text{ T}$ , untuk  $d = 0,3\text{m}, t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 42,218\text{ T}$

$d = 0,4\text{m}, t = 0,1\text{m}$   $Q_t = 50,122\text{ T}$ , untuk  $d = 0,4\text{m}, t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 57,090\text{ T}$

4. Pembesaran ujung dengan pengisi pasir padat monolit dengan tiang beton

$d = 0,3\text{m}, t = 0,1\text{m}$   $Q_t = 40,108\text{ T}$ , untuk  $d = 0,3\text{m}, t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 53,156\text{ T}$

$d = 0,4\text{m}, t = 0,1\text{m}$   $Q_t = 53,156\text{ T}$ , untuk  $d = 0,4\text{m}, t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 67,876\text{ T}$

Perlu diketahui juga, ternyata dari perhitungan dengan skala yang sesungguhnya dari grafik-grafik yang ada ternyata didapat kecenderungan sudut kemiringan dari grafik terhadap bidang horisontal mempunyai sudut yang hampir sama. Perbedaan-perbedaan yang terjadi diakibatkan karena pembulatan angka-angka yang ada. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

a. Mencari sudut  $\alpha_1 =$  sudut antara ketebalan 10 cm dengan 15 cm

a.1 Tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir, diameter tiang 30 cm

$$\alpha_1 = \frac{4134,599 - 32583,121}{15 - 10} = 89,969^\circ$$

Analog untuk diameter 40 cm, 50 cm dan untuk jenis jenis tiang yang ditinjau yang selanjutnya ditabelkan masing-masing pada Tabel 4.22, Tabel 4.23, Tabel 4.24.

b. Mencari sudut  $\alpha_2$  = sudut antara ketebalan 15 cm dan 20 cm

b.1 Tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir, diameter tiang 30 cm

$$\alpha_2 = \frac{56676,654 - 45644,669}{20 - 15} = 89,974^\circ$$

Analog untuk diameter 40 cm, 50 cm dan untuk jenis jenis tiang yang ditinjau yang selanjutnya ditabelkan masing-masing pada Tabel 4.22,

Tabel 4.23, Tabel 4.24.

c. Mencari sudut  $\alpha_3$  = sudut antara ketebalan 20 cm dan 30 cm

c.1 Tiang pembesaran ujung tanpa selimut pasir, diameter tiang 30 cm

$$\alpha_3 = \frac{73094,225 - 60381,734}{30 - 20} = 89,979^\circ$$

Analog untuk diameter 40 cm, 50 cm dan untuk jenis jenis tiang yang ditinjau yang selanjutnya ditabelkan masing-masing pada Tabel 4.22,

Tabel 4.23, Tabel 4.24.

Tabel 4.22 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

diameter (d) tiang cm	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
30	89,969°	89,974°	89,979°
40	89,974°	89,973°	89,981°
50	89,977°	89,980°	89,983°

Tabel 4.23 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir

diameter (d) tiang cm	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
30	89,969°	89,974°	89,979°
40	89,974°	89,977°	89,981°
50	89,977°	89,980°	89,983°

Tabel 4.24 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit dengan beton

diameter (d) tiang cm	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
30	89,978°	89,981°	89,983°
40	89,981°	89,983°	89,985°
50	89,983°	89,984°	89,986°

Jika dilihat dari tabel-tabel diatas maka kemiringan grafiknya adalah cenderung sama atau dengan kata lain kenaikannya linier.

## B. Daya dukung kelompok tiang.

### 1. Tanpa pembesaran

$$d = 0,3\text{m } Q_t = 117,609 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 19,602 \text{ T}$$

$$d = 0,4\text{m } Q_t = 157,572 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 26,262 \text{ T}$$

### 2. Pembesaran ujung tanpa selimut pasir

$$d = 0,3\text{m, } t = 0,1 \text{ m } Q_t = 181,848 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 30,308 \text{ T}$$

$$d = 0,4\text{m, } t = 0,1 \text{ m } Q_t = 222,370 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 37,061 \text{ T}$$

$$d = 0,3\text{m, } t = 0,15\text{m } Q_t = 214,237 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 35,706 \text{ T}$$

$$d = 0,4\text{m, } t = 0,15\text{m } Q_t = 255,340 \text{ T, untuk satu tiang } Q_t = 42,557 \text{ T}$$

### 3. Pembesaran ujung dengan selimut pasir padat monolit dengan tiang beton

$d = 0,3\text{m}$ ,  $t = 0,1\text{ m}$   $Q_t = 197,915\text{ T}$ , untuk satu tiang  $Q_t = 32,986\text{ T}$

$d = 0,4\text{m}$ ,  $t = 0,1\text{ m}$   $Q_t = 238,638\text{ T}$ , untuk satu tiang  $Q_t = 39,773\text{ T}$

$d = 0,3\text{m}$ ,  $t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 238,638\text{ T}$ , untuk satu tiang  $Q_t = 39,773\text{ T}$

$d = 0,4\text{m}$ ,  $t = 0,15\text{m}$   $Q_t = 279,740\text{ T}$ , untuk satu tiang  $Q_t = 46,623\text{ T}$

Untuk daya dukung tiang kelompok juga dilihat kemiringan grafiknya seperti pada perhitungan kemiringan grafik daya dukung tiang tunggal. Perhitungan juga analogis sesuai dengan perhitungan diatas sehingga dapat ditabelkan pada Tabel 4.25 dan Tabel 4.26

Tabel 4.25 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang kelompok pembesaran ujung bawah tanpa selimut pasir

diameter (d) tiang cm	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
30	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$
40	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$
50	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$	$89,991^\circ$

Tabel 4.26 Kemiringan grafik kapasitas dukung tiang kelompok pembesaran ujung bawah dengan selimut pasir monolit dengan beton

diameter (d) tiang cm	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$
30	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$
40	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$
50	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$	$89,993^\circ$



Jika dilihat dari tabel diatas, ternyata kenaikan pada daya dukung tiang kelompok juga meningkat secara linier.

#### 4.7.2 Efisiensi Kelompok Tiang

Efisiensi adalah perbandingan antara kapasitas kelompok terhadap kapasitas masing-masing tiang. Efisiensi merupakan nilai yang menunjukkan seberapa besar sebuah tiang dapat dimanfaatkan secara optimal. Dari daya dukung tiang tunggal dikalikan faktor efisiensi untuk menunjukkan kapasitas daya dukung di kelompok tiang.

Nilai efisiensi tergantung pada diameter tiang, jarak antar tiang, jumlah dan formasi tiang meliputi jumlah baris dan kolom. Dari analisis ini efisiensi kelompok tiang dari masing-masing diameter dengan tebal selimut pasir adalah sama dengan  $E_q = 0,7174$ , karena jumlah dan formasi tiang hanya satu macam, juga disebabkan oleh perbandingan antara diameter dan jarak antar tiang yang sama seiring dengan penambahan diameter dan tebal pasir. Hubungan antara efisiensi tiang terhadap daya dukung tiang dapat dilihat pada Tabel 4.27 dan Tabel 4.28.

Tabel 4.27 Hubungan efisiensi tiang terhadap daya dukung tiang tunggal tanpa pembesaran

d (cm)	t (cm)	efisiensi	$Q_t$ (kg)	$Q_{tk/n}$ (kg)
30	0	0,717	13657,90	19601,551
40			20614,561	26262,040
50			28773,214	32985,826

$Q_{tk}$  = daya dukung tiang kelompok tanpa pembesaran.

$n$  = jumlah tiang dalam satu kelompok

Tabel 4.28 Hubungan antara efisiensi terhadap daya dukung tiang dengan pembesaran ujung bawah

d (cm)	t (cm)	efisiensi	$Q_{t1}$ (kg)	$Q_{tk1/n}$ (kg)	$Q_{t2}$ (kg)	$Q_{t3}$ (kg)	$Q_{tk3/n}$ (kg)
30	10	0,717	23362,098	30308,048	23623,008	28773,245	32985,826
40			32745,486	37661,811	35957,432	38133,973	39772,923
50			43317,856	43912,219	43754,972	48694,448	46623,350
30	15	0,717	30083,881	35706,256	30287,192	38133,972	39772,923
40			40659,832	42556,663	40956,484	48694,448	46623,350
50			52437,797	49470,381	52827,790	60461,331	53537,047
30	20	0,717	38016,148	41201,107	38171,691	48694,498	46623,350
40			49797,134	48114,825	50015,449	60461,331	53537,047
50			62780,134	55091,853	63121,221	73428,078	60514,076
30	30	0,717	57618,907	52470,742	57601,628	73428,078	60514,076
40			71745,398	59421,081	71884,319	87596,836	67554,414
50			87138,467	66524,730	87369,024	102967,611	74658,063

dimana :  $Q_{t1}$  = daya dukung tiang tunggal efektif tanpa selimut pasir

$Q_{t2}$  = daya dukung tiang tunggal efektif terhadap tanah pasir

$Q_{t3}$  = daya dukung tiang tunggal efektif dengan selimut pasir yang monolit.

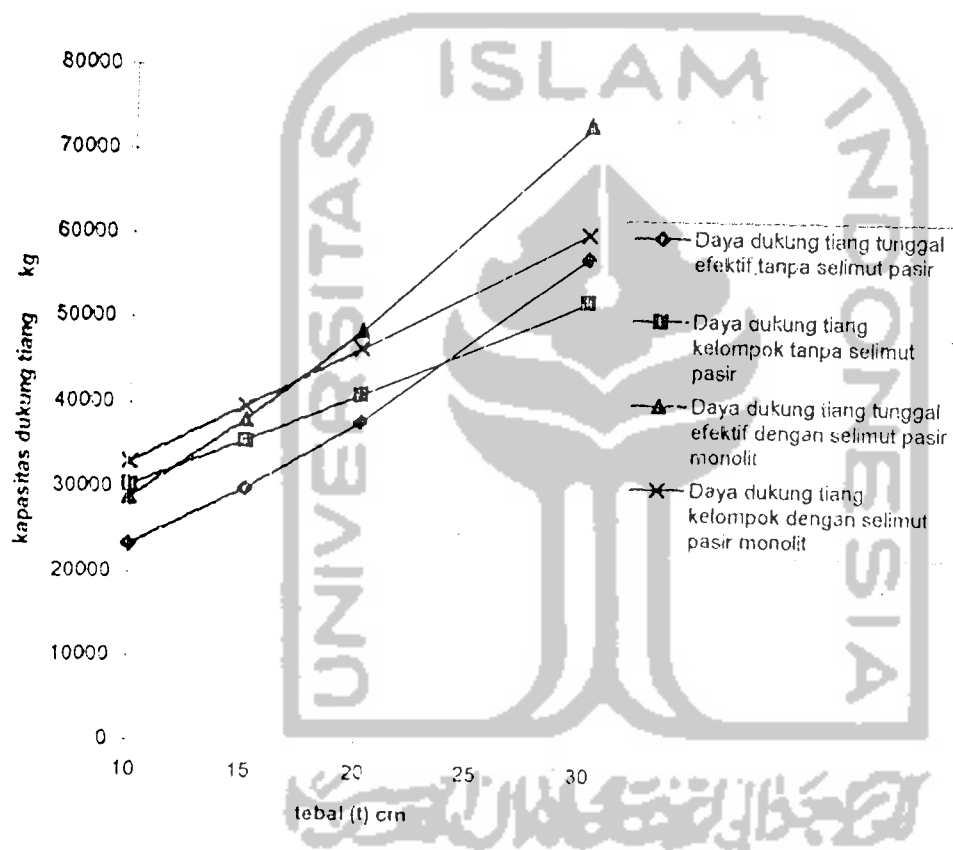
$Q_{tk1}$  = daya dukung tiang kelompok tanpa selimut pasir.

$Q_{tk3}$  = daya dukung tiang kelompok dengan selimut pasir yang monolit.

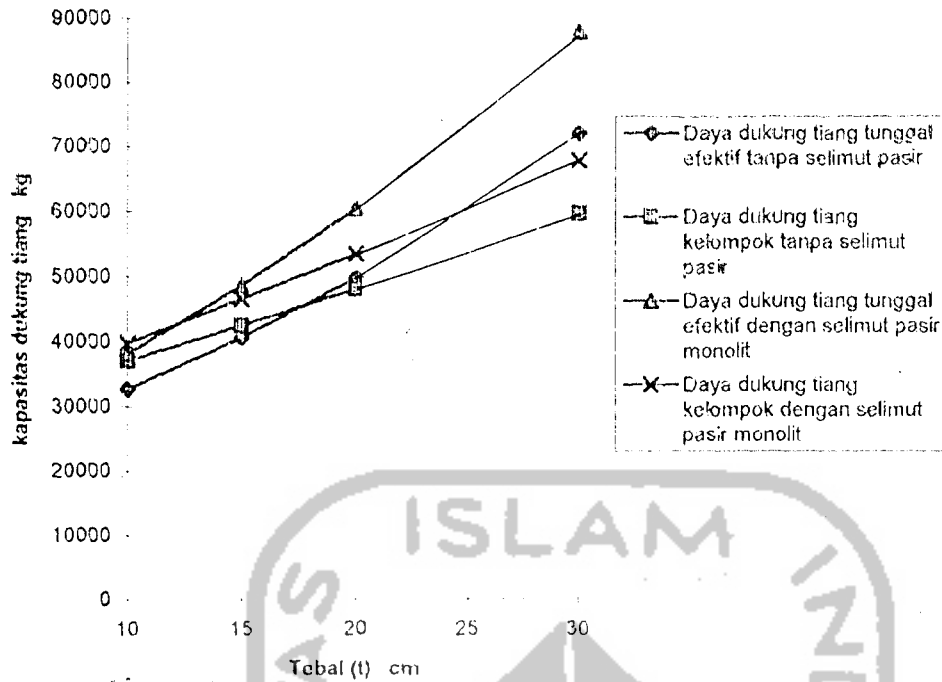
$n$  = jumlah tiang dalam satu kelompok.

Pada tabel diatas bahwa yang digunakan untuk perencanaan adalah daya dukung tiang yang lebih kecil antara daya dukung tiang tunggal dengan daya

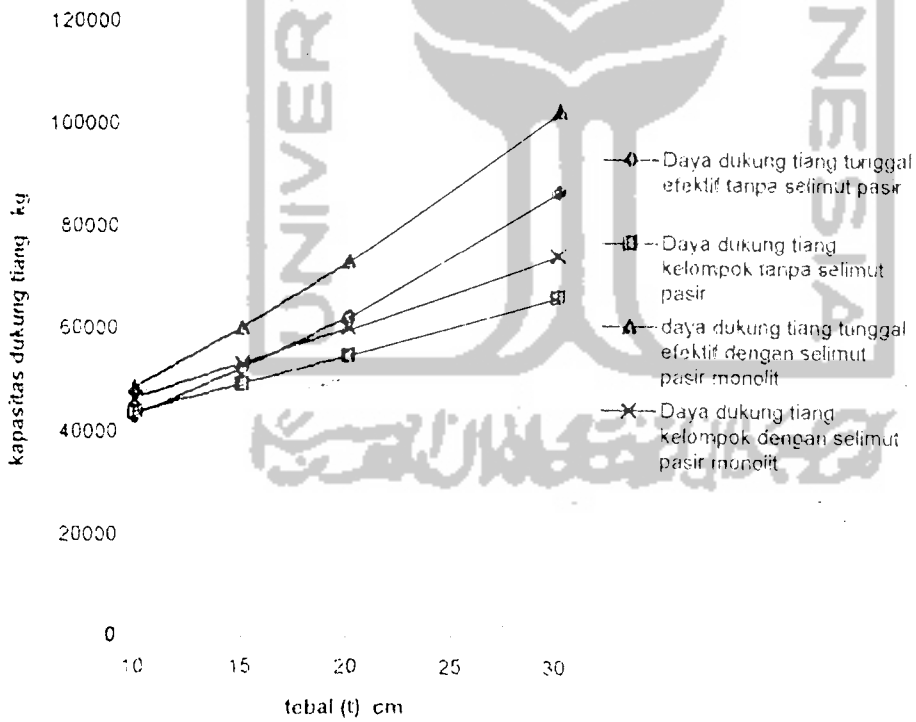
dukung tiang kelompok. Selain itu juga terlihat bahwa tidak selamanya daya dukung tiang tunggal lebih kecil dari daya dukung tiang kelompok atau sebaliknya. Hal ini disebabkan karena penggunaan rumus yang berlainan antara daya dukung tiang tunggal dan daya dukung tiang kelompok. Untuk selanjutnya dari masing-masing diameter tiang disajikan dalam bentuk Grafik 4.11, Grafik 4.12, Grafik 4.13.



Grafik 4.11 Kapasitas dukung tiang diameter 30 cm.



Grafik 4.12 Kapasitas dukung tiang diameter 40 cm.



Grafik 4.13 Kapasitas dukung tiang diameter 50 cm.

### 4.7.3 Penurunan

Penurunan disini meliputi penurunan segera dan penurunan akibat konsolidasi. Penurunan segera terjadi dengan segera setelah beban bekerja. Penurunan disini terjadi akibat proses penekanan udara keluar dari dalam pori tanahnya. Sedangkan penurunan konsolidasi ada dua macam yaitu fase primer dan sekunder. Penurunan konsolidasi yang diperhitungkan pada tugas akhir ini adalah penurunan konsolidasi primer.

Untuk penurunan pondasi tiang didapatkan nilai yang bervariasi, hal ini terlihat dari Tabel 4.19, Tabel 4.20, Tabel 4.21. Hal ini disebabkan karena terjadi penjumlahan secara fluktuatif antara penurunan segera dan penurunan konsolidasi. Hal ini disebabkan karena penambahan beban netto dan luasan pondasi tidak seimbang dalam hal ini perbandingan antara keduanya. Hal ini yang menyebabkan penjumlahan dari kedua jenis penurunan itu tidak selamanya selalu naik atau sebaliknya. Hal ini terlihat pula pada Grafik 4.9 dan Grafik 4.10.

