

**TUGAS AKHIR**

**PENGARUH FORMASI KEMIRINGAN TIANG  
PANCANG KELOMPOK TERHADAP KEMAMPUAN  
DAYA DUKUNG PADA TANAH NON KOHESIF**



Oleh :

**SRI WIJONO**

---

No. Mhs. : 91 310 018  
NIRM : 9100510113114120018

**JOKO IMAM SANTOSO**

---

No. Mhs. : 91 310 116  
NIRM : 9100510113114120112

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**1997**

## **TUGAS AKHIR**

### **PENGARUH FORMASI KEMIRINGAN TIANG PANCANG KELOMPOK TERHADAP KEMAMPUAN DAYA DUKUNG PADA TANAH NON KOHESIF**

**Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian prasyarat memperoleh  
derajat Sarjana Teknik Sipil**

**DISUSUN OLEH :**

**Nama : Sri Wijono  
No. Mhs. : 91 310 018  
Nirm. : 9100510113114120018**

**Nama : Joko Imam Santoso  
No. Mhs. : 91 310 116  
Nirm. : 9100510113114120112**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
1997**

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PENGARUH FORMASI KEMIRINGAN TIANG  
PANGANG KELOMPOK TERHADAP KEMAMPUAN  
DAYA DUKUNG PADA TANAH NON KOHESIF

Oleh :

SRI WIJONO

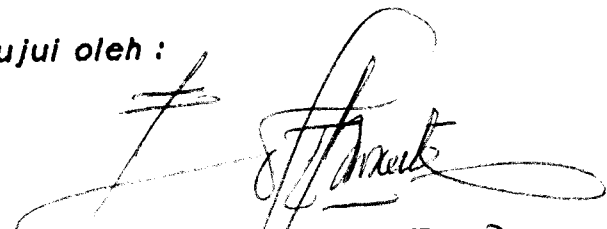
No. Mhs. : 91 310 018  
Nirm. : 9100510113114120018

JOKO IMAM SANTOSO

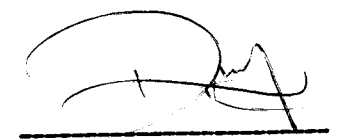
No. Mhs. : 91 310 116  
Nirm : 9100510113114120112

*Telah diperiksa dan disetujui oleh :*

DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, Dea  
Dosen Pembimbing I

  
Tanggal 12-09-1997

Ir. Ruzardi, MS  
Dosen Pembimbing II

  
Tanggal 3-09-1997

# MOTTO

***"Kenalilah kebenaran agar engkau mengenal orang-orang yang benar"***

***"Cahaya kebenaran hanya terlihat oleh orang yang terbuka mata hatinya"***

***"Kehidupan adalah harapan, orang yang kehilangan harapan kehilangan kehidupan"***

***"Kesatuan keindahan lahiriah dan kesucian batiniah menjadikan cahaya di atas cahaya"***

## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmaanirrahim*

*Assalamu'alaikum wr.wb*

Puji dan syukur selalu kita panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan inayah-Nya kepada kita semua, umat Nabi Muhammad SAW. Yang telah menurunkan Al-Qur'an sebagai petunjuk dan pedoman untuk seluruh umat manusia. Tak lupa kita haturkan salam dan sholawat kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing kita ke jalan yang benar.

Penyusunan laporan ini berdasarkan hasil studi dari beberapa buku referensi dan hasil survai di lapangan, sesuai dengan kurikulum di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia dalam menyelesaikan studi guna memperoleh gelar sarjana strata satu (S1), maka setiap mahasiswa wajib menyelesaikan Tugas Akhir.

Tugas Akhir ini berupa studi literatur mengenai "PENGARUH FORMASI TIANG PANCANG KELOMPOK TERHADAP KEMAMPUAN DAYA DUKUNG PADA TANAH NON KOHESIF".

Selama mengerjakan Tugas AAhir ini, penyusun telah banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, pengarahan dan do'a dari berbagai pihak. Karena itu perkenankanlah penyusun menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Susastrawan, MS, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Bambang Sulistiono, MSCE, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak DR. Ir. Edy Purwanto, Ces, Dea, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Ruzardi, MS, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
5. Bapak-bapak Dosen Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
6. Bapak Ir. A. Halim Hasmar, MS, selaku dosen penguji Tugas Akhir.
6. Salam Ta'zim penyusun haturkan kepada yang tercinta Ayah dan Ibu, Saudara-saudara yang tersayang serta rekan-rekan yang telah turut menyumbangkan perhatian dan spiritnya sehingga laporan ini dapat selesai.
7. Semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan laporan tugas akhir ini penyusun sepenuhnya menyadari kekurangan dan keterbatasan yang ada sehingga buku laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat kami harapkan, demi lebih bermanfaatnya buku laporan ini bagi sidang pembaca.

Akhir kata penyusun mengharapkan semoga Allah SWT, berkenan menerima amal baik kita semua dan semoga senantiasa mendapatkan limpahan Rahmat dan Magfirah dari-Nya. Amin.

*Wabillahittaufik wal hidayah  
Assalamu 'alaikum wr.wb.*

Yogyakarta, Agustus 1997

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR NOTASI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Batasan Masalah .....	3
1.3 Maksud dan Tujuan .....	4
BAB II TINJAUAN TEORI	
2.1 Definisi dan Klasifikasi Tanah .....	5
2.2 Sistem Pondasi Suatu Konstruksi .....	7
2.3 Pondasi Tiang .....	7
2.4 Macam-Macam Pondasi Tiang .....	8
2.4.1 Berdasar bahan yang digunakan .....	8
2.4.2 Berdasar pelaksanaannya .....	11
2.5 Cara Studi .....	12
2.6 Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok .....	12
2.6.1 Anggapan sebagai keruntuhan tiang tunggal .....	13
2.6.2 Anggapan sebagai keruntuhan blok .....	18



2.7	Effisiensi Kelompok Tiang .....	20
2.8	Penurunan (Settlement) Tiang Pancang Kelompok .....	21
<b>BAB III ANALISA HITUNGAN DAN PEMBAHASAN</b>		
3.1	Menghitung Daya Dukung Ultimate Kelompok Tiang Type a .....	26
3.2	Menghitung Daya Dukung Ultimate Kelompok Tiang Type b .....	32
3.3.	Menghitung Daya Dukung Ultimate Kelompok Tiang Type c .....	39
3.4	Menghitung Daya Dukung Ultimate Kelompok Tiang Type d .....	47
3.5	Menghitung Daya Dukung Ultimate Kelompok Tiang Type e .....	54
3.6	Menghitung Daya Dukung Ultimate Kelompok Tiang Type f .....	60
3.7	Menghitung Penurunan (Settlement) Verti- kal Kelompok Tiang .....	67
3.7.1	Berdasarkan beban ultimate setiap for- masi tiang .....	67
3.7.2	Berdasarkan beban total yang bekerja sama besar.....	84
3.8	Hasil Perhitungan Dan Pembahasan.....	87
3.8.1	Hasil perhitungan.....	87
3.8.2	Pembahasan .....	109
<b>BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
4.1.	Kesimpulan .....	113

4.2. Saran .....	113
DAFTAR PUSTAKA .....	114
LAMPIRAN - LAMPIRAN	

## NOTASI

- A = luas tampang pondasi
- $A_B$  = luas penampang ujung tiang
- $A_S$  = luas selimut tiang
- B = lebar dari masing-masing lapisan tanah
- c = kohesi tanah pendukung
- D = diameter tiang
- $D_f$  = jarak dari dasar tumpuan sampai ujung tiang
- e = angka pori
- $E'$  = modulus deformasi dari masing-masing lapisan tanah
- $E_{Dp}$  = extra displacement pile
- $f_s$  = tahanan gesekan
- $G_s$  = berat jenis partikel padat tanah
- K = panjang keliling kelompok tiang
- k = koefisien lateral tanah
- $k_1$  dan  $k_2$  = faktor-faktor yang tergantung cara instalasi tiang
- $k_3$  = faktor yang tergantung pada jenis tanah sekitar tiang
- m = jumlah kolom pada kelompok tiang
- n = jumlah baris pada kelompok tiang
- n = jumlah tiang pada kelompok tiang
- N = nilai SPT (Standart Penetration Test)
- $N_c, N_q$  = bearing capacity faktor

$N_c$  = faktor daya dukung  
 $q$  = tekanan efektif pada tanah  
 $q_c$  = tahanan ultimate ujung tiang atau tekanan konus dari  
— data sondir  
 $\bar{q}_c$  = harga rata-rata  $q_c$  sepanjang dinding tiang  
 $q_d$  = daya dukung batas tanah pondasi pada ujung tiang  
 $q_n$  = tekanan netto pondasi  
 $s$  = jarak antar tiang (as - as)  
SF = safe faktor (faktor keamanan)  
 $S_i$  = immediate settlement  
 $P_{all}$  = daya dukung per tiang yang diijinkan  
 $P_{Bu}$  = daya dukung ujung tiang (*end bearing capacity*)  
 $P_{su}$  = daya dukung selimut tiang (*friction*)  
 $p_o'$  = tegangan vertikal efektif rata-rata pada lapisan  
yang ditinjau  
 $P_u$  = daya dukung ultimit tiang  
 $V$  = beban vertikal yang bekerja  
 $W$  = berat efektif tanah yang dipindahkan  
 $w$  = kadar air  
 $\sigma'_v$  = tegangan vertikal efektif  
 $\sigma'$  = tegangan efektif rata-rata sepanjang dinding tiang  
 $\tau_b$  = berat tanah asli  
 $\mu_1, \mu_0$  = faktor yang berhubungan dengan kedalaman  
 $\phi$  = sudut gesek internal  
 $\phi'$  = sudut gesek dalam efektif  
 $\theta$  = sudut penyebaran tanah (  $\text{arc tan } D/s$  )

$\delta$  = sudut gesek efektif antara tanah dan bahan tiang panjang

$\alpha$  = sudut kemiringan

$\gamma_b$  = berat volume beton

$\gamma_t$  = berat volume tanah

## Daftar Gambar

	Halaman	
1. Gambar 1.1	Bentuk dan formasi tiang yang di- tinjau	4
2. Gambar 2.1	Klasifikasi tanah berdasar sistem USDA	6
3. Gambar 2.2	Gaya perlawanan tiang	13
4. Gambar 2.3	Skema alat konus dan statis pene- tration	14
5. Gambar 2.4	Skema alat Standart Penetration Test	16
6. Gambar 2.5	Hubungan antara $N_q$ dan $\phi$	17
7. Gambar 2.6	Skema analisis kuat dukung kelom- pok tiang	19
8. Gambar 2.7	Efisiensi kelompok tiang	20
9. Gambar 2.8	Konsep rakit ekuivalen	22
10. Gambar 2.9	Grafik perbandingan penurunan an- tara pasir dan lempung	23
11. Gambar 2.10	Grafik influence factor untuk im- mediate settlements	25
12. Gambar 3.1	Kelompok tiang type a formasi I	26
13. Gambar 3.2	Kelompok tiang type a Formasi II	28
14. Gambar 3.3	Kelompok tiang type a formasi III	31
15. Gambar 3.4	Kelompok tiang type b formasi I	32
16. Gambar 3.5	Kelompok tiang type b formasi II	35

17.Gambar 3.6	Kelompok tiang type b formasi III	38
18.Gambar 3.7	Kelompok tiang type c formasi I	39
19.Gambar 3.8	Kelompok tiang type c formasi II	42
20.Gambar 3.9	Kelompok tiang type c formasi III	45
21.Gambar 3.10	Kelompok tiang type d formasi I	47
22.Gambar 3.11	Kelompok tiang type d formasi II	49
23.Gambar 3.12	Kelompok tiang type d formasi III	52
24.Gambar 3.13	Kelompok tiang type e formasi I	54
25.Gambar 3.14	Kelompok tiang type e formasi II	56
26.Gambar 3.15	Kelompok tiang type e formasi III	59
27.Gambar 3.16	Kelompok tiang type f formasi I	60
28.Gambar 3.17	Kelompok tiang type f formasi II	62
29.Gambar 3.18	Kelompok tiang type f formasi III	65
30.Gambar 3.19	Penyebaran penurunan kelompok tiang type a	67
31.Gambar 3.20	Penyebaran penurunan kelompok tiang type b	70
32.Gambar 3.21	Penyebaran penurunan kelompok tiang type c	73
33.Gambar 3.22	Penyebaran penurunan kelompok tiang type d	76
34.Gambar 3.23	Penyebaran penurunan kelompok tiang type e	79
35.Gambar 3.24	Penyebaran penurunan kelompok tiang type f	82
36.Gambar 3.25	Penyebaran penurunan kelompok tiang type a dengan beban tetap	85

## Daftar Tabel

	Halaman
1. Tabel 2.1 Hubungan antara $\phi'$ , $D_r$ , $\tau_t$ dan $N$ untuk pasir	18
2. Tabel 3.1 Hasil penurunan kelompok tiang type a formasi I	69
3. Tabel 3.2 Hasil penurunan kelompok tiang type b formasi I	72
4. Tabel 3.3 Hasil penurunan kelompok tiang type c formasi I	75
5. Tabel 3.4 Hasil penurunan kelompok tiang type d formasi I	78
6. Tabel 3.5 Hasil penurunan kelompok tiang type e formasi I	81
7. Tabel 3.6 Hasil penurunan kelompok tiang type f formasi I	84
8. Tabel 3.7 Hasil penurunan kelompok tiang type a formasi I dengan beban tetap	87
9. Tabel 3.8 Hasil perhitungan daya dukung kelompok type a	88
10. Tabel 3.9 Hasil perhitungan daya dukung kelompok type b	89
11. Tabel 3.10 Hasil perhitungan daya dukung kelompok type c	90



12.Tabel 3.11 Hasil perhitungan daya dukung kelompok type d	91
13.Tabel 3.12 Hasil perhitungan daya dukung kelompok type e	92
14.Tabel 3.13 Hasil perhitungan daya dukung kelompok type f	93
15.Tabel 3.14 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type a	94
16.Tabel 3.15 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type b	95
17.Tabel 3.16 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type c	96
18.Tabel 3.17 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type d	97
19.Tabel 3.18 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type e	98
20.Tabel 3.19 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type f	99
21.Tabel 3.20 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type a dengan beban sama	100
22.Tabel 3.21 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type b dengan beban sama	101
23.Tabel 3.22 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type c dengan beban sama	102
24.Tabel 3.23 Hasil perhitungan penurunan (settlement) Kelompok tiang type d dengan beban sama	103

25.	Tabel 3.24 Hasil perhitungan penurunan (settlement)	
	Kelompok tiang type e dengan beban sama	104
26.	Tabel 3.25 Hasil perhitungan penurunan (settlement)	
	Kelompok tiang type f dengan beban sama	105

## Daftar Lampiran

Lampiran 1 Data-data hasil penyelidikan tanah

## INTISARI

Pondasi adalah sebagai salah satu struktur bangunan yang berfungsi menerima beban sebelum diteruskan ke tanah. Sebagai pendukung beban maka pondasi harus diletakkan pada tanah yang mampu menahan beban dari suatu bangunan. Salah satu cara untuk mengetahui kuat dukung tanah maka perlu diadakan test pembebanan.

Dalam analisa hitungan ini menggunakan data tanah dengan menggunakan metode N-SPT. Maksud dari analisa ini adalah untuk mengetahui besarnya daya dukung ultimit kelompok tiang bentuk tiang bulat dan tiang segiempat serta pengaruh kemiringan tiang terhadap kemampuan dukung ultimit kelompok tiang. Disamping itu dimaksudkan untuk menganalisis besarnya penurunan (*settlement*) yang terjadi menurut formasi yang telah ditentukan.

Hasil dari analisa ini menunjukkan bahwa daya dukung ultimit kelompok tiang bulat lebih kecil dibandingkan segi empat. Selain itu pada kemiringan  $30^\circ$  akan mengalami kenaikan daya dukung dibandingkan dengan tiang tegak dan tiang dengan kemiringan  $10^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $50^\circ$ ,  $60^\circ$ . Sedangkan hasil analisis penurunan yang terjadi menunjukkan bahwa kelompok tiang berbentuk segiempat mengalami penurunan yang lebih besar apabila dibandingkan dengan kelompok tiang berbentuk segi empat.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Untuk merencanakan struktur suatu bangunan yang direkayasa bertumpu pada tanah, baik berupa gedung, jembatan, bendungan dan lain-lain diperlukan struktur yang handal dan memadai. Tidak hanya dari segi kekuatan dan keamanan saja, tetapi juga kenyamanan dan yang tidak kalah pentingnya adalah nilai ekonomisnya. Oleh karena itu perencanaan dan pemilihan jenis konstruksi yang dipakai adalah sangat penting.

Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang berfungsi mendukung dan meneruskan beban ke tanah pendukung yang terletak dibawahnya. Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam type pondasi. Pemilihan type pondasi ini harus dipertimbangkan :

- a. keadaan tanah dibawah pondasi,
- b. fungsi bangunan atas (*superstruktur*) yang didukungnya,
- c. batasan-batasan dari sekelilingnya,
- d. waktu dan biaya pekerjaan.

Pemakaian pondasi tiang dipergunakan pada bangunan apabila tanah dasar dibawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk

memikul bangunan, atau jika tanah pendukung (keras) yang mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Untuk kondisi tanah non kohesif umumnya tiang memperoleh dukungan berupa kombinasi dari tahanan gesek sepanjang permukaan badan tiang dengan tanah sekeliling tiang (*friction pile*) dan daya dukung ujung tiang (*end bearing pile*).

Beban struktural tersendiri biasanya didukung oleh beberapa tiang yang bekerja sebagai kelompok tiang. Beban struktural tersebut bekerja pada penutup tiang (*poer/pile cap*) yang akan mendistribusikan beban tiang-tiang.

Untuk merencanakan daya dukung batas suatu pondasi tiang pancang ada suatu cara dimana perkiraan dihitung berdasarkan data-data penyelidikan lapisan dibawah permukaan tanah atau penyelidikan tanah (berdasar metode statika) dan dilakukan dengan tes pembebanan (*loading test*) atau berdasar metode dinamik.

Mengingat tiang merupakan konstruksi yang ramping sehingga tidak akan mampu menerima beban cukup besar yang bekerja tegak lurus terhadap sumbunya maka tidaklah ekonomis bila dipakai tiang vertikal. Untuk itu perlu dipakai tiang-tiang miring, dengan kemiringan optimum dan formasi atau susunan tiang pancang yang yang tidak mempengaruhi daya dukung batas vertikalnya.

Permasalahan yang ada sampai saat ini pengaruh formasi, kemiringan tiang serta bentuk tiang pondasi tiang

pancang kelompok belum pernah dibahas dalam teori yang ada maupun melalui penelitian, sehingga topik ini dipilih untuk dibahas dalam Tugas Akhir ini.

Perencanaan pondasi tiang yang cocok (*compatible*), efektif dan efisien sangat diharapkan. Apabila digunakan tiang pancang kelompok tinjauan terhadap daya dukung ultimate akan lain hasilnya jika ditinjau perindividu tiang yang ada saja. Hal ini disebabkan adanya pengaruh efisiensi group dari kelompok tiang tersebut.

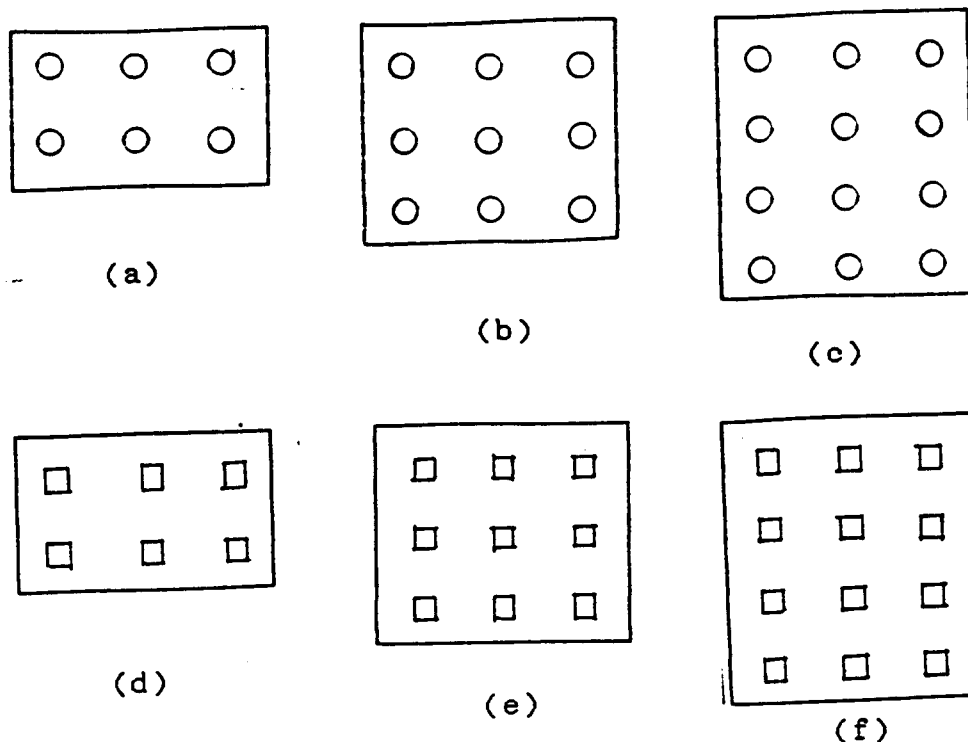
Kelompok tiang pancang yang didukung oleh tanah tak berkohesi hanya akan mengakibatkan penurunan seketika saja tanpa ada konsolidasi.

## 1.2 Batasan Masalah

Sebagai batasan ruang lingkup dalam menganalisa Tugas Akhir ini adalah :

1. Tiang pancang adalah tiang pancang kelompok tiang dari mutu beton K<sub>350</sub> yang disatukan dengan poer ( *pile cap* ),
2. Bentuk tiang lingkaran dengan dimensi  $\varnothing$  30 dan tiang segiempat ukuran 26,646 x 26,646 cm,
3. Kemiringan yang dianalisa adalah tiang vertikal dan tiang miring dengan kemiringan 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°,
4. Muka air tanah terletak dibawah tiang,
5. Faktor tekuk pada sambungan tiang pancang diabaikan,
6. Perhitungan daya dukung menggunakan metode statis,
7. Bentuk dan formasi tiang pancang kelompok yang akan

dianalisa pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :



Gambar 1.1 Bentuk dan formasi tiang yang ditinjau

### 1.3 Maksud dan Tujuan.

Adapun maksud dan tujuan Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk menganalisis kemampuan daya dukung (*bearing capacity*) tiang pancang kelompok dengan formasi kemiringan yang berbeda.
2. Untuk mengetahui pengaruh efisiensi jarak terhadap daya dukungnya antara tiang tegak dengan tiang miring pada kelompok tiang.
3. Untuk menganalisis besarnya penurunan (*settlement*) pada kelompok tiang dengan formasi tiang tegak dan tiang miring.



## **BAB II**

### **TINJAUAN TEORI**

#### **2.1 Definisi dan Klasifikasi Tanah**

Tanah adalah material yang terdiri dari butiran (*agregat*) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Braja M. Das, 1985).

Tanah mempunyai peranan yang penting dalam pekerjaan konstruksi terutama sebagai pondasi pendukung bangunan, untuk itu perlu diketahui sifat-sifat dan lapisan-lapisan tanah dalam pelaksanaan konstruksi. Penyelidikan kondisi lapisan tanah dilapangan merupakan prasyarat bagi perencanaan elemen bawah tanah (*substructure*), selain itu informasi yang memadai diperlukan untuk pengkajian kemungkinan (*feasibility*) dan nilai ekonomi dari proyek yang diusulkan (Bowles.J.E.,1991).

Penyelidikan kondisi bawah tanah ditempat merupakan prasyarat bagi perancangan elemen bangunan bawah (*substructure*). Suatu deposit tanah harus diidentifikasi apakah berbutir halus, kasar atau campuran dan perlu diketahui keadaan permukaan tanah (tekstur) apakah termasuk kerikil (*gravel*), lanau (*silt*), pasir (*sand*) atau

lempung (*clay*).

Metode penyelidikan bawah tanah yang paling banyak digunakan untuk tempat yang padat adalah pemboran lubang (*boring*) ke dalam tanah untuk mengumpulkan contoh bahan pada pengujian visuil maupun pengujian laboratorium (Bowles, J.E, 1991).

Dari beberapa sistem klasifikasi yang ada, berdasar ukuran butiran merupakan metode yang jelas untuk mengklasifikasikan tanah. Salah satu contoh sistem klasifikasi berdasarkan tekstur tanah adalah sistem yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika (USDA). Sistem ini didasarkan pada ukuran batas dari butiran tanah seperti terlihat dalam gambar 2.1.

Gambar 2.1 Klasifikasi tanah berdasarkan sistem USDA

## 2.2 Sistem Pondasi Suatu Konstruksi

Suatu struktur bangunan pada umumnya dapat dibedakan dua bagian yaitu struktur bangunan yang terletak diatas muka tanah (*Super Structure*) dan stuktur bangunan yang terletak dibawah muka tanah (*Sub Structure*). Struktur bagian bawah biasa disebut pondasi, yang berfungsi sebagai perantara untuk meneruskan beban struktur bagian atas dan gaya-gaya lain yang bekerja ke tanah pendukung bangunan tersebut. Suatu konstruksi bangunan dikatakan stabil bila tanah pendukung mampu menerima beban dari pondasi.

Secara garis besar, pondasi dapat digolongkan sebagai pondasi dangkal dan pondasi dalam. Jenis pondasi dangkal yang sangat umum adalah pondasi telapak dan pondasi menerus. Pondasi-pondasi ini digunakan untuk menyebarkan beban kolom atau dinding yang terpusat pada lapisan tanah dekat permukaan. Jenis pondasi dalam meliputi pondasi tiang dan pondasi sumuran, yang berfungsi untuk menstransfer beban struktural ke lapisan pendukung beban yang dalam (Bowles, J.E, 1991).

## 2.3 Pondasi Tiang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan (Suyono S, Nakazawa Kazuto, 1980).

Tiang pancang adalah bagian-bagian konstruksi yang dibuat dari kayu, beton, baja yang digunakan untuk mentransmisikan beban-beban permukaan yang lebih rendah melalui ujung tiang. Hal ini merupakan distribusi vertikal

dari beban sepanjang poros tiang pancang atau pemakaian beban secara langsung terhadap lapisan yang lebih rendah melalui ujung tiang pancang (Bowles, J.E, 1991).

Pondasi tiang (*pile Foundation*) dapat digunakan untuk berbagai kegunaan antara lain :

1. Meneruskan beban konstruksi diatas tanah ke dalam lapisan tanah atau lapisan pendukung,
2. Menahan gaya desakan ke atas seperti untuk ruangan bawah tanah dibawah bidang batas air jenuh,
3. Keamanan tambahan pada tumpuan jembatan, khususnya jika terjadi erosi dan degradasi,
4. Memampatkan tanah non kohesif yang lepas melalui perpindahan isi tiang pada saat pemancangan,
5. Menahan gaya horisontal yang terjadi pada struktur seperti pada bangunan dermaga.

## **2.4 Macam-Macam Pondasi Tiang**

### **2.4.1 Berdasar bahan yang digunakan.**

#### **1. Tiang kayu**

Penggunaan kayu sangat terbatas untuk kondisi beban yang tidak terlalu besar, biasanya beban rencana maksimum 25 ton per tiang.

Keuntungan penggunaan tiang kayu :

- a. Tiang kayu relatif ringan sehingga mudah dalam transport.
- b. Kayu merupakan bahan peredam kejut yang baik, hal ini sangat bermanfaat pada saat pemancangan.
- c. Biaya pengadaan relatif lebih murah.

Kerugian penggunaan tiang kayu :

- a. Daya dukung beban yang dihasilkan relatif lebih rendah.
- b. Tidak awet terutama yang terendam air.
- c. Mengalami kesulitan apabila di pancang pada tanah yang berbatu.

## 2. Tiang beton

### a. Tiang beton pracetak (*precast concrete pile*)

Tiang beton pracetak dibuat di pabrik kemudian di angkut ke lokasi pekerjaan atau jika areal memungkinkan dapat juga dibuat dilokasi pekerjaan, hal ini akan mengurangi biaya pengangkutan. Tiang beton pracetak ini cara memasukkan ke dalam tanah dengan di pancang, sehingga biasanya disebut tiang pancang. Tiang pancang ini dapat dibuat dengan penulangan biasa (konvensional) atau dengan penulangan prategang (*prestress*). Tiang pancang dengan penulangan biasa harus dapat menahan :

- tegangan lentur (akibat momen) saat pengangkatan dan pengangkutan,
- tegangan lentur (akibat momen) karena adanya beban lateral,
- beban aksial/vertikal,
- tegangan-tegangan yang timbul saat *driving* atau pemancangan.

Pada umumnya tiang pancang prategang, menggunakan beton dengan  $\sigma_{bk}$  antara 350 - 550 kg/cm<sup>2</sup>. Pembuatannya dengan cara pretensioning artinya tendon ditegangkan dahulu, baru kemudian beton di cor dan kabel prategang diputus. Pada

tiang pancang prategang akan dijumpai dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan tiang pancang *ordinary* atau biasa.

Keuntungan tiang pancang :

- dapat menahan beban yang relatif besar,
- merupakan tiang permanen,
- dapat digunakan sebagai instalasi yang berhubungan dengan air laut,
- kapasitas daya dukungnya dapat diketahui pada saat *driving*.

Kerugian tiang pancang :

- membutuhkan areal yang cukup luas dilokasi pekerjaan,
- saat pemancangan menimbulkan getaran yang cukup besar,
- membutuhkan alat berat untuk pengangkutan dan pemancangan,

b. Tiang beton cor ditempat (*cast in place*)

Tiang beton ini langsung dikerjakan dilokasi pekerjaan bahkan pengerjaan pengecorannya dilakukan langsung dilokasi tiangnya. Tiang ini dibuat dengan terlebih dahulu dilakukan pengeboran lubang tiang, diisi tulangan kemudian dicor adukan beton. Oleh karena itu jenis tiang ini disebut juga dengan *bored pile* atau tiang cor.

Tiang bor dibagi dalam beberapa type :

- Dengan menggunakan cetakan (*casing*) artinya pengeboran tanah bersama dengan masuknya cetakan kedalam tanah. ini biasanya dilakukan pada tanah lepas.
- Tanpa menggunakan cetakan (*casing*) artinya tanah dibor

sampai kedalaman yang dikehendaki, kemudian setelah besi tulangan dipasang, dilakukan pengecoran. Tiang ini biasanya dilakukan pada tanah lempung dengan kedalaman yang relatif kecil sampai sedang.

### 3. Tiang baja

Bentuk dari tiang baja biasanya profil H atau pipa (bulat dengan lubang bagian tengah), atau dapat juga bentuk batang 'WF' atau 'I'. Untuk tiang baja bentuk pipa dapat menggunakan pipa dengan ujung bawah terbuka atau tertutup.

Keuntungan :

- a. Dapat mendukung beban relatif besar
- b. Dapat dilakukan penetrasi pada lapisan tanah keras.

Kerugian :

- a. Dapat terjadi kerusakan tiang karena adanya korosi serta peristiwa elektrolisa,
- b. Tidak efektif digunakan sebagai *friction pile*,

#### 2.4.2 Berdasar pelaksanaannya.

Berdasar pelaksanaannya menurut Sardjono, H.S, (1988) maka pondasi tiang dapat dibedakan atas 2 macam :

1. Tiang tanpa perpindahan (*Non Displacement pile*), yaitu tiang yang dipancang dengan mengebor tanah sekelilingnya kemudian dicor menggunakan beton.

Contohnya : Tiang Bor

2. Tiang perpindahan (*Displacement pile*), yaitu tiang yang dipasang dengan memancang suatu bentukan tiang yang sudah jadi kedalam tanah.

- Contohnya : - Tiang pracetak  
 - Prestressed pile (tiang prategang)  
 - Tube pile  
 - Steel pile

## 2.5 Cara Studi

Analisa terhadap daya dukung pondasi bangunan tingkat tinggi yang didasarkan atas hasil penyelidikan bawah tanah di lokasi pekerjaan. Data yang dipergunakan adalah hasil penyelidikan lapangan dengan cara CPT (*Cone Penetration Test*) dan SPT (*Standart Penetration Test*). Dalam tugas akhir ini dipakai data SPT (*Standart Penetration Test*) yang diambil dari proyek Bank BHS Jalan Ring Road Utara Yogyakarta yang dikerjakan oleh P.T. INDECO PRIMA Jakarta. Sedangkan untuk menghitung penurunan digunakan korelasi antara  $q_c$ -CPT dan N-SPT.

## 2.6 Kapasitas daya dukung tiang kelompok

Tiang pancang kelompok dipakai bila beban yang diterima pondasi terlalu besar dan tidak mampu digunakan satu tiang serta didalam konstruksi tiang pancang jarang digunakan tiang tunggal. Permasalahan yang terpenting dalam tiang pancang kelompok adalah susunan dan jarak antar tiang, karena diperkirakan adanya tekanan-tekanan tanah (baik gesekan samping maupun dukungan titik) yang dikembangkan dalam tanah sebagai hambatan akan saling tumpang-tindih (*overlap*), serta ketergantungan intensitas tekanan pada jarak dan beban (Bowles, J.E., 1991).

Jarak tiang (s) yang makin rapat berdampak pada

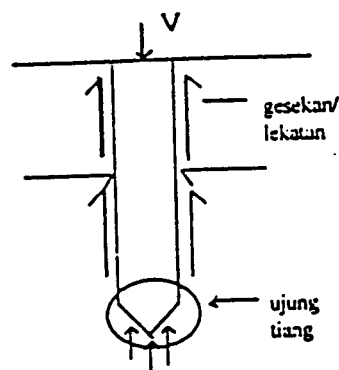


ukuran poer makin kecil, tetapi bila pondasi memikul beban momen, jarak tiang perlu diperbesar, untuk memperbesar atau menambah tahanan momen. Jarak yang optimal antar tiang berkisar antara  $2,5 D \leq s \leq 3,5 D$ , dengan  $D =$  diameter tiang (Bowles, J.E., 1991).

### 2.6.1 Anggapan sebagai keruntuhan tiang tunggal (*Individual pile failure*)

Dalam tinjauan ini kapasitas daya dukung kelompok tiang yang terdiri  $n$  tiang maka diperoleh  $n \times$  kapasitas dukung satu tiang.

Perhitungan daya dukung dipakai metode statis, yaitu perhitungan dengan menggunakan "Bearing Capacity Formula" dengan parameter kekuatan yang diperoleh dari hasil uji lapangan maupun uji laboratorium atau dengan menggunakan rumus-rumus empiris langsung berdasarkan hasil uji lapangan (CPT, SPT).



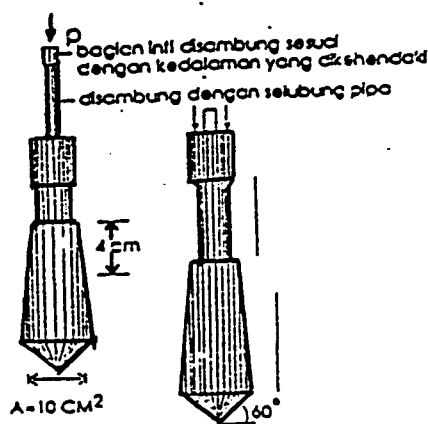
Gambar 2.2 Gaya perlawanan tiang

#### 1. Menggunakan $q_c$ -CPT secara langsung

Pengujian CPT (*Cone Penetration Test*) dilakukan dengan mendorong kerucut baku (menurut ASTM D 3441 mempunyai ujung  $60^\circ$  dan diameter dasar 35,7 mm dengan luas

irisan lintang 10 cm<sup>2</sup>) kedalam tanah dengan kecepatan 10 sampai 20 mm/detik.

Data yang dikumpulkan adalah tahanan ujung ( $q_c$ ) dan tahanan gesek selongsong ( $q_s$ ) dan karena banyaknya data pada suatu dorongan yang menerus, maka biasanya dipakai peralatan untuk mengumpulkan data secara elektronik.



Gambar 2.3 Skema alat konus dan statis penetration

Persamaan umum untuk estimasi daya dukung ultimit tiang tunggal adalah (Poulos, H.G. dan Davis, E.H., 1980) :

$$P_U = P_{BU} + P_{SU} \dots\dots\dots (2.1)$$

dengan,

$P_U$  = daya dukung ultimate tiang

$P_{BU}$  = daya dukung ujung

$P_{SU}$  = daya dukung selimut

Maka persamaan 2.1 diatas bila dinyatakan langsung dengan hasil  $q_c$  yang diperoleh dari CPT menjadi :

$$P_U = k_1 \cdot q_c \cdot A_b + k_2 \frac{q'_c}{k_3} \cdot A_s \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan,

$$P_{BU} = k_1 \cdot q_c \cdot A_b \quad \dots\dots\dots (2.2a)$$

$$P_{SU} = k_2 \frac{q'_c}{k_3} A_s \quad \dots\dots\dots (2.2b)$$

$k_1$  dan  $k_2$  = faktor-faktor dari instalansi tiang,

$k_3$  = faktor lateral tanah sekitar dinding tiang,  
 untuk tanah pasir  $k_3 = 200$ ,

$q_c$  = tahanan ultimate ujung tiang,

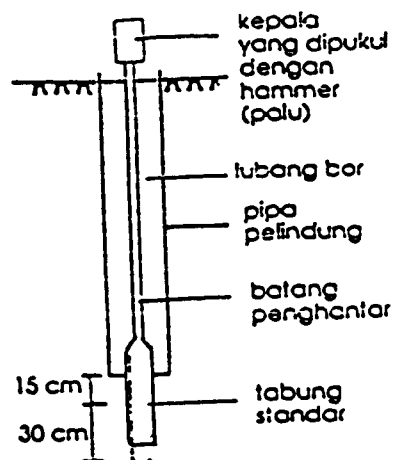
$q'_c$  = tahanan rata-rata  $q_c$  sepanjang dinding,

$A_b$  = luas penampang ujung tiang.

## 2. Menggunakan data N-SPT

Pengujian penetrasi standart ini dilakukan bersama-sama dengan pengeboran. Setiap pengeboran mencapai kedalaman 0,75 - 1,5 m dilakukan pencatatan SPT, sedangkan cara pengujian penetrasi ini diuraikan dalam alinea berikut ini.

Tabung contoh standart diletakan pada lubang bor yang telah dibersihkan dari material lepas, kemudian ditumbuk menembus tanah. Tabung contoh standart ditumbuk dengan beban penumbuk seberat 63,5 kg (140 lb), yang dijatuhkan dari ketinggian sekitar 75 cm (30 in) sampai masuk sedalam 15 cm, setelah itu ditumbuk lagi sampai tabung contoh tersebut masuk sedalam 30 cm dan jumlah pukulan yang diperlukan dihitung. Jumlah hitungan pukulan ini disebut nilai N.



Gambar 2.4 Skema alat Standart Penetration Test (SPT)

Hasil SPT dapat dihubungkan secara empiris dengan beberapa sifat tanah seperti kepadatan relatif ( $D_r$ ), sudut gesek ( $\phi$ ), berat satuan tanah ( $\tau$ ), seperti terlihat dalam tabel 2.1.

Persamaan umum 2.1 untuk memenuhi kondisi tersebut diatas, bila jenis tanah pendukung tiang didominasi tanah berbutir kasar (pasir) maka persamaan menurut Vesic (1967) berubah menjadi :

$$P_U = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_b + \sum \sigma'_v \cdot k \cdot \tan \delta \cdot A_s \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan,

$\delta$  = sudut gesek antara tanah dan tiang, untuk displacement piles diambil  $\delta = \phi^\circ$  (Poulos, H.G. and Davis, E.H., 1980),

$\phi$  = sudut geser dari tanah (*angle of internal friction*), dapat diambil dari korelasi dengan N-SPT tabel 2.1,

$\sigma'_v$  = tegangan vertikal efektif pada elevasi dasar tiang,

$\sigma'$  = tegangan vertikal efektif rata-rata sepanjang tiang,

$N_q$  = bearing capacity factor yang dapat diperoleh melalui korelasi dari  $q_c$ -CPT atau N-SPT melalui sudut geser tanah ( $\phi'$ ), dengan gambar 2.5 digunakan garis Beresantsev (1961),

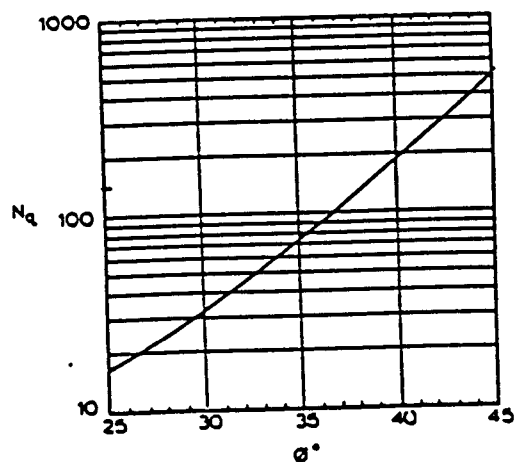
$k$  = koefisien tanah lateral, menurut Mayerhoff (1951) dan Nayak, N.V. (1982) dapat diambil sebagai berikut,

$k = 0,5$  (tiang non displacement, tanah lepas  $D_r < 50\%$ ),

$k = 0,6 - 0,7$  (tiang tanpa displc., tanah padat  $D_r > 50\%$ ),

$k = 0,7 - 1,5$  (tiang displacement, tanah lepas  $D_r < 50\%$ ),

$k = 1,5 - 3,0$  (tiang displacement, tanah padat  $D_r > 50\%$ ).



Gambar 2.5 Hubungan antara  $N_q$  dan  $\phi$  (Berezantzev, 1961)

Tabel 2.1 Hubungan antara  $\phi$ ,  $D_r$ ,  $\gamma_t$  dengan  $N$  untuk pasir

Des-kripsi	Sudut Gesek Internal ( $\phi$ )	Kerapatan relatif ( $D_r$ )	Berat Satuan Tanah ( $\gamma_t$ ) KN/m <sup>3</sup>	$N$
Sangat lepas	25 - 30		11 - 16	
Lepas	27 - 30	0,15	14 - 18	5 - 10
Sedang	30 - 35	0,35	17 - 20	8 - 15
Padat	35 - 40	0,65	17 - 22	10 - 40
Sangat padat	38 - 43	0,85	20 - 23	20 - 70
		1,00		> 75

Sumber : Nayak, N.V (1982)

Menurut Mayerhoff,  $\phi' = 28 + 0,15.D_r$  (buku Poulos, H.G. dan Davis, E.H., 1980).

Untuk tanah yang diakibatkan adanya pemancangan tiang, menurut Khisida (1967) diambil harga :

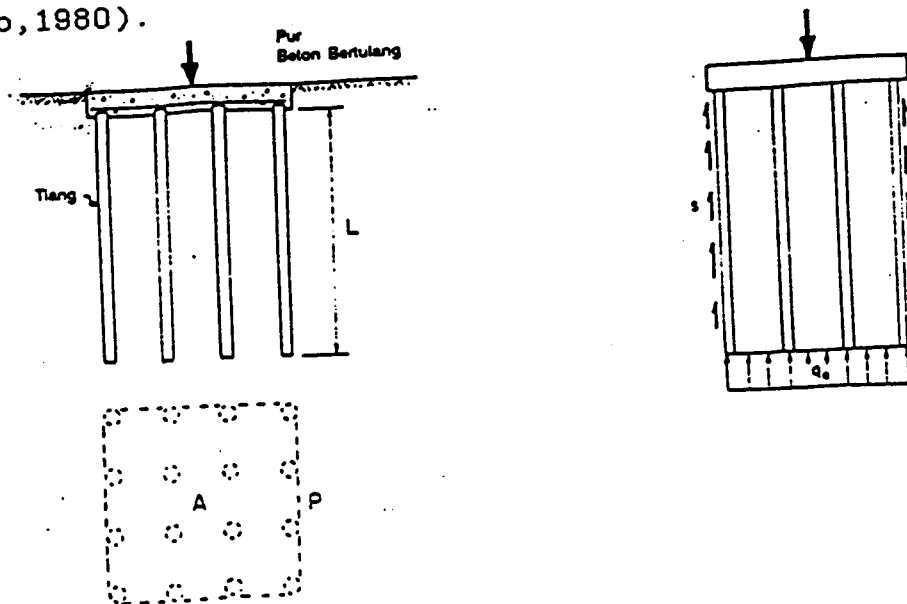
$$\phi^{\circ} = \frac{\phi' + 40}{2} \dots \dots \dots (2.4)$$

### 2.6.2 Anggapan sebagai keruntuhan blok (*Block failure*)

Pada sekelompok tiang jika jarak antar tiang cukup besar maka analisa daya dukung vertikal tiang ini tidak menimbulkan kesulitan karena dapat dianggap sama besar dengan daya dukung sebuah tiang. Namun apabila jarak antar tiang kecil sampai suatu batas tertentu, sekelompok tanah diantara tiang-tiang akan menggabung satu sama lain dan sebagai keseluruhan akan mengurangi daya dukung pondasi.

Untuk menentukan daya dukung pondasi secara keseluru-

han, diasumsikan pondasi kaisan murni dan daya dukungnya diambil harga batas yang terbesar. Kerja kelompok dievaluasi dengan memandang tiang akan runtuh sebagai unit sepanjang garis keliling kelompok. Daya dukung ujung dihitung dengan memandang luasan yang terbentuk oleh garis keliling kelompok tiang sebagai luasan sebuah telapak yang terletak pada kedalaman yang sama dengan elevasi ujung-ujung tiang. Komponen gesekan dari dukungan dihitung dengan memandang gesekan permukaan yang timbul seluas bidang keliling kelompok sepanjang tiang-tiang, seperti terlihat pada gambar 2.6 (Suyono, S. dan Nakazawa Kazuto, 1980).



Gambar 2.6 Skema analisa kuat dukung kelompok tiang

Daya dukung batas untuk gabungan tiang ini ditentukan dengan persamaan menurut Dr.Ir. Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa (1990) berikut ini.

$$P_U = q_d \cdot A + S \cdot D_f \cdot K \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan,

$P_U$  = daya dukung batas (ultimit bearing capacity) dari gabungan tiang (ton),

$q_d$  = satuan daya dukung batas tanah pondasi pada ujung tiang ( $t/m^2$ ),

$A$  = luas alas dari gabungan tiang ( $m^2$ ),

$S$  = gaya geser rata-rata dari tanah, akibat persentuhan dengan tiang ( $t/m^2$ ),

$D_f$  = jarak dari dasar tumpuan sampai ujung tiang (m),

$K$  = panjang keliling kelompok tiang.

Selanjutnya daya dukung yang diizinkan untuk setiap tiang  $P_n$  ditentukan sebagai berikut.

$$P_n = \frac{1}{n - SF} (P_U - W) \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan,

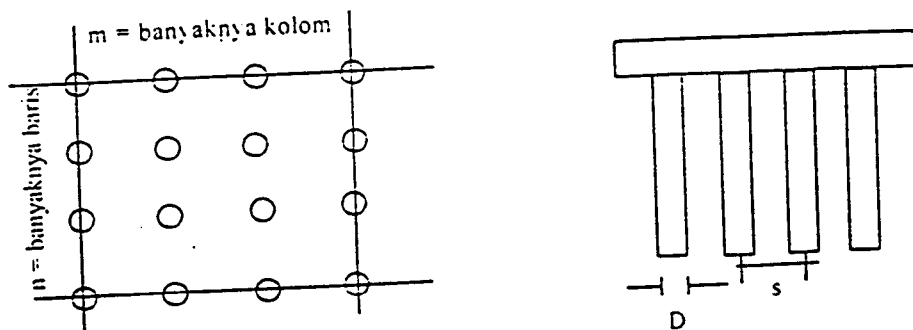
$n$  = jumlah tiang pada kelompok tiang,

$SF$  = faktor keamanan (SF), diambil = 3,

$W$  = berat efektif tanah yang dipindahkan.

### 2.7 Efisiensi Kelompok Tiang

Effisiensi sebuah tiang pondasi pada kelompok tiang adalah perbandingan kapasitas kelompok terhadap jumlah kapasitas masing-masing tiang.



Gambar 2.7 Efisiensi kelompok tiang



Menurut Converse Labarre efisiensi satu tiang dapat dicari dengan persamaan :

$$E_g = 1 - \frac{\theta (n-1).m + (m-1).n}{90 m.n} \dots\dots\dots (2.7)$$

dengan,

m = jumlah kolom

n = jumlah baris

$\theta$  = arc tg D/s (dalam derajat)

D = diameter tiang

s = jarak antar tiang (as-as)

Daya dukung kelompok tiang dapat ditentukan :

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang} \dots\dots\dots (2.8)$$

dimana,

$P_{all}$  = daya dukung tiang individu (*single pile*)

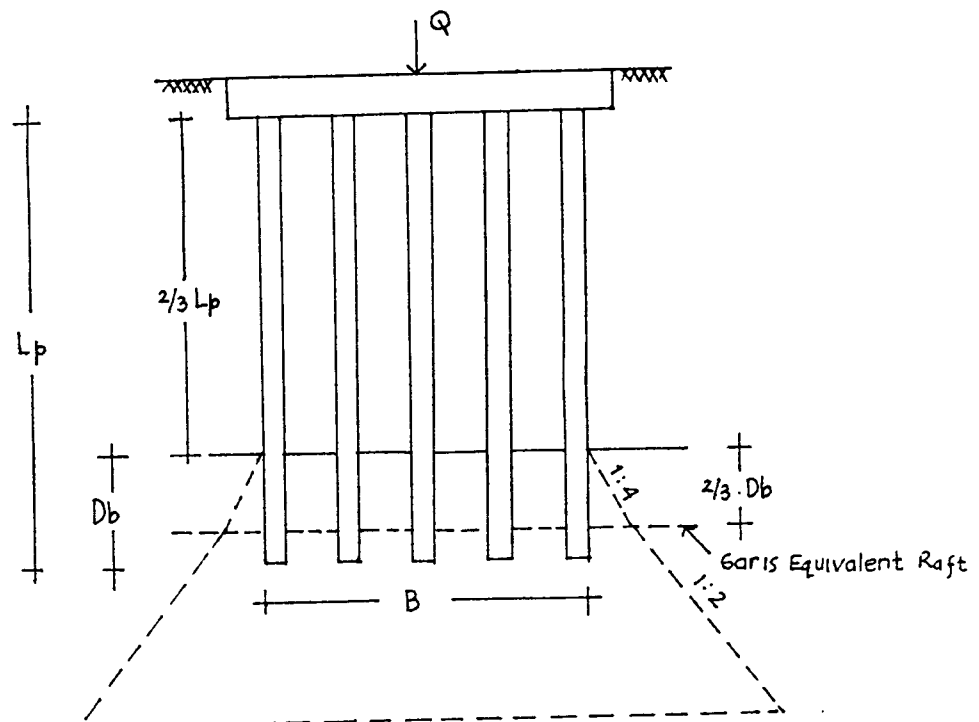
Persamaan ini terbatas penggunaannya untuk kelompok tiang berbentuk segiempat dengan nilai m x n yang diketahui. Untuk perhitungan efisiensi tiang pancang kelompok dengan tiang mempunyai kemiringan 30° keatas, maka perhitungan dibedakan antara tiang tegak dengan tiang miring karena dianggap sudah tidak terjadi overlapping antar tiang.

## 2.8 Penurunan (*Settlement*) Tiang Pancang Kelompok

Penurunan (*settlement*) pada kelompok tiang pancang sama dengan perpindahan titik pancang ditambah pemendekkan elastis tiang pancang diantara lingkup titik tersebut. Penurunan dapat terjadi apabila dibawah lapisan pada ujung-ujung tiang terdapat lapisan yang mempunyai kepadatan relatif lebih rendah dari lapisan pada ujung tiang tersebut (Bowles, J.E., 1991).

Pada tanah berbutir kasar (*non kohesif*) yang mempunyai sifat permeabel dan ukuran porinya besar apabila diberi beban di atasnya walaupun belum melampaui daya dukung ultimate, akan menyebabkan butir-butir bergerak satu sama lain sehingga menghasilkan tanah menjadi padat. Penurunan pada pasir tidak akan besar, karena penurunan hampir seketika (*immediate settlement*), bersamaan dengan selesainya pekerjaan bangunan. Besarnya penurunan pada pasir terutama ditentukan oleh kepadatan relatif tanah dan sedikit sekali dipengaruhi oleh bentuk serta ukuran butir-butirnya.

Penurunan sebuah kelompok tiang yang dibawahnya terdapat lapisan pasir dengan kedalaman tertentu dapat diasumsikan dengan konsep rakit ekuivalen (*equivalent raft*) seperti terlihat pada gambar 2.8.

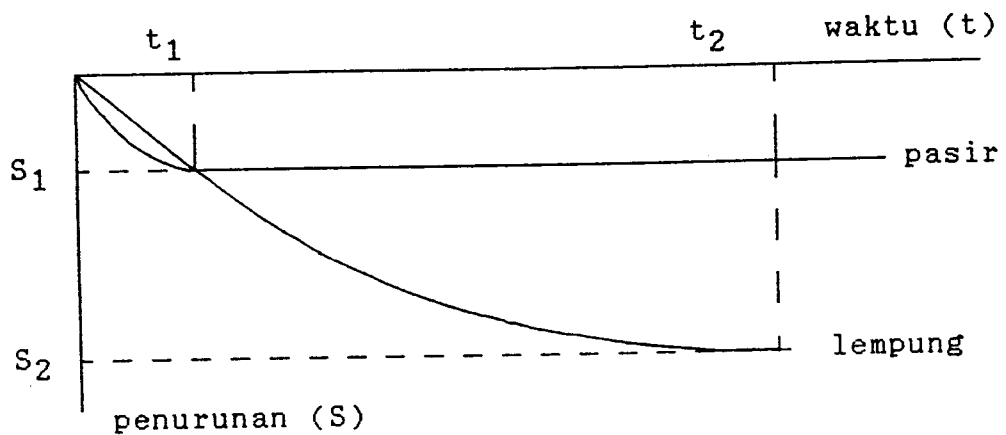


Gambar 2.8 Konsep rakit ekuivalen

(menurut buku Craig, R.F., 1989)

Rakit ekuivalen ditempatkan pada kedalaman  $2D_b/3$  pada lapisan pasir dengan kemiringan penyebaran beban sebesar 1:4 dari keliling kelompok tiang tersebut, sedang kemiringan penyebaran beban 1:2 diasumsikan terjadi dibawah rakit ekuivalen. Penurunan ditentukan dari nilai-nilai tahanan penetrasi standard atau tahanan penetrasi konus dibawah rakit ekuivalen (buku Craig, R.F.,1989).

Proses penurunan yang berlangsung cepat dan hampir seluruhnya pada waktu pelaksanaan konstruksi atau pembebanan awal, oleh karena itu penurunan diperkirakan dengan memakai beban mati ditambah beban hidup maksimum yang terjadi.



Gambar 2.9 Grafik perbandingan penurunan antara pasir dan lempung (sumber Poulos,H.G. dan E.H. Davis, 1980)

Penurunan seketika (*immediate settlement*) dapat dihitung menurut persamaan elastis dari Janbu, Bjerrum dan Kjaernsli (1956) yaitu :

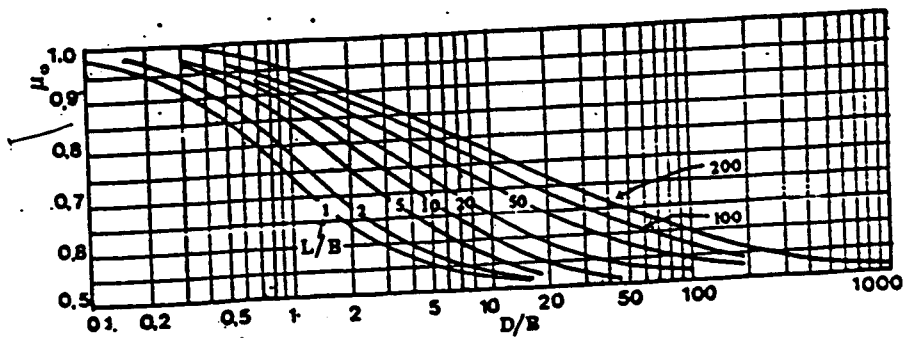
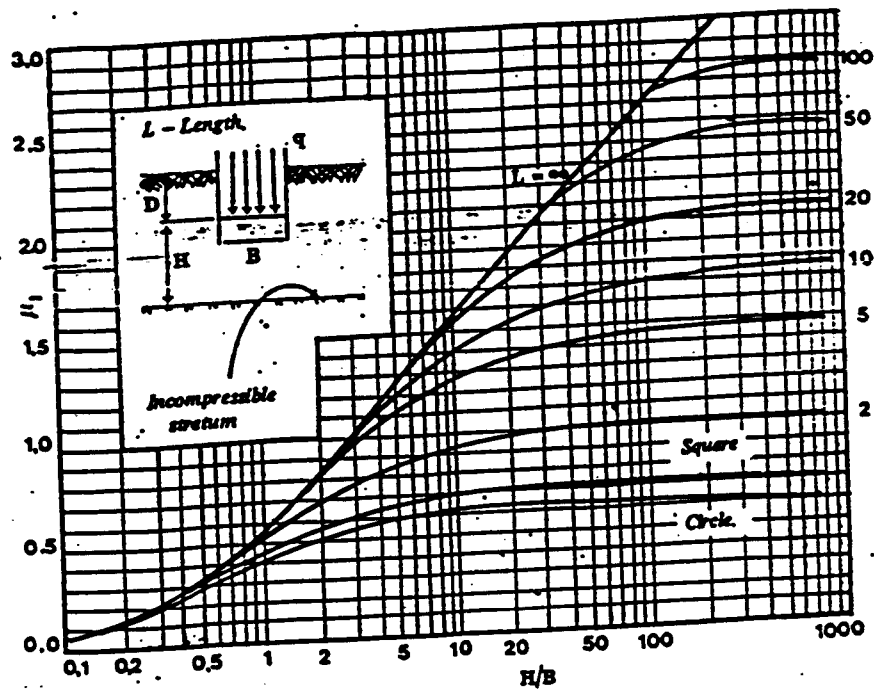
$$S_i = \frac{\mu_1 \cdot \mu_o \cdot q_n \cdot B}{E} \dots \dots \dots (2.9)$$

dengan,

$S_i$  = penurunan seketika rata-rata,

- $\mu_1, \mu_0$  = faktor yang berhubungan dengan kedalaman, ketebalan dan perbandingan panjang/lebar dari masing-masing lapisan tanah yang mengalami pembebanan, lihat gambar 2.10,
- $q_n$  = tekanan netto pondasi (*netto foundation pressure*),
- $E'$  = modulus deformasi dari masing-masing lapisan tanah,
- $B$  = lebar dari masing-masing lapisan tanah.

Pada perhitungan penurunan seketika ini aplikasi  $q_c$ -CPT dan N-SPT diterapkan dalam memberikan harga modulus deformasi ( $E$ ). Dimana korelasi antara  $q_c$  - CPT dan Modulus deformasi Young's ( $E'$ ) diambil harga batas untuk jenis tanah pasir (*sand*)  $E = 1,5.q_c - 3,5.q_c$  (Bowles, J.E., 1977), dengan harga  $q_c$  diambil harga rata-rata setiap lapisan tanah.



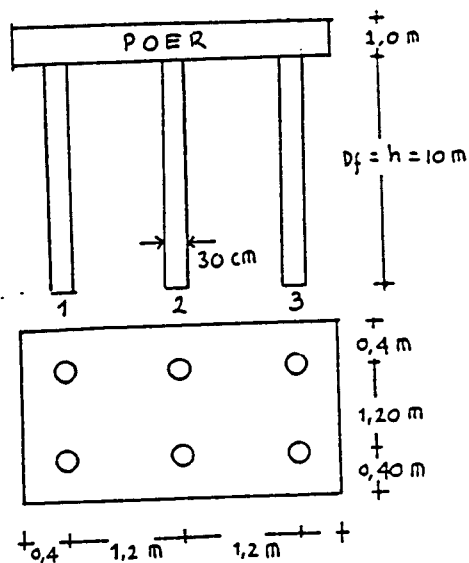
Gambar 2.10 Grafik influence factors untuk immediate settlements (menurut Janbu, Bjerrum dan Kjaernsli, 1957)

## BAB III

### ANALISA HITUNGAN DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Menghitung Daya Dukung Ultimit Kelompok Tiang Type a

##### 3.1.1 Seluruh tiang di pancang tegak.



Diketahui kelompok tiang disatukan dengan poer seperti terlihat pada gambar, ukuran tiang  $\varnothing$  30 cm, poer terletak pada kedalaman  $\pm$  0.00 m serta data-data tanah terlampir.

Gambar 3.1 Kelompok tiang type a formasi I

Untuk menghitung daya dukung kelompok tiang ultimit digunakan pers. 2.1 (hal. 14) dan pers. 2.3 (hal. 16) :

$$P_U = P_{BU} + P_{SU}$$

dengan,

$$P_{BU} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$P_{SU} = \sigma' \cdot k \cdot \tan \delta \cdot A_s$$

Dari data N-SPT DB II terlampir diperoleh harga

$$\bar{N} = ((24 + 23) / 2) = 23,50, \text{ dengan tabel 2.1 (hal.18)}$$

diperoleh  $D_r = 0,65$ .

Menurut Mayerhoff (1956) :  $\phi' = 28 + 15 Dr$   
 $= 28 + 15 \cdot 0.65 = 37,75^\circ$

Untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishi-  
 da (1967),

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos H.G dan Davis E.H (1980) untuk mencari  
 nilai  $N_q$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal.  
 17), diperoleh  $N_q = 150$ .

Maka daya dukung yang terjadi adalah.

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$N_q = 150$$

$$A_B = 1/4 \cdot \pi D^2 = 1/4 \cdot \pi \cdot (0,3)^2 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 18,85 \times 150 \times 0,0710 = 200,7525 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \sigma'_v = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk tiang displacement, } Dr > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot h = \pi \cdot 0,3 \cdot 10 = 9,425 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 9,425 = 214,8399 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_U = 200,7525 + 214,8399 = 415,5924 \text{ ton}$$

Diambil nilai SF = 3, maka

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{415,5924}{3} = 138,5308 \text{ ton}$$

Effisiensi kelompok tiang pada poer dengan jumlah tiang 6 buah (per. 2.6) adalah.

$$n(\text{jumlah baris}) = 2 \quad \theta = \text{arc. tan } (D/s) = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 3$$

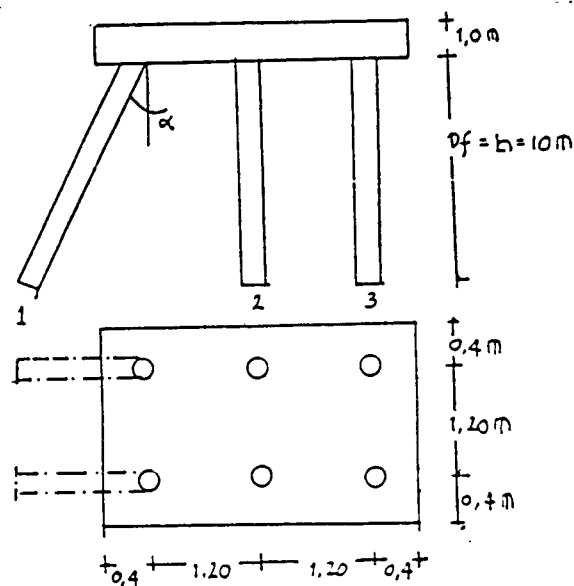
$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((2-1)3 + (3-1)2)}{90 \cdot 3 \cdot 2} = 0,8180$$

jadi daya dukung ultimit kelompok tiang adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,8180 \times 138,5308 \times 6 = 679,9092 \text{ ton}$$

3.1.2 Tiang pada kolom 1 di pancang miring sebesar  $\alpha = 30^\circ$



Gambar 3.2 Kelompok tiang type a formasi II

a. Menghitung daya dukung vertikal tiang miring.

Dari data N-SPT DB II terlampir didapatkan  $\bar{N} = ((22 +$

$$22) / 2 = 22$$



dengan tabel 2.1 (hal. 18) untuk kondisi tanah sedang-padat diperoleh  $D_r = 0,65$ .

$$\begin{aligned} \text{Menurut Mayerhoff (1956) dipakai; } \phi' &= 28 + 15 \cdot D_r \\ &= 28 + 15 \cdot 0,65 \\ &= 37,750^\circ \end{aligned}$$

Untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967) diambil :

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos H.G dan Davis E.H (1980) untuk mendapatkan nilai  $N_q$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal. 17), diperoleh  $N_q = 150$ .

Maka daya dukung tiang miring menurut pers. 2.1 adalah

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 \cos 30^\circ = 16,32 \text{ t/m}^2$$

$$N_q = 150$$

$$A_B = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 16,32 \times 150 \times 0,0710 = 173,808 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \gamma t \cdot h = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk tiang displacement, } D_r > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot h = \pi \cdot 0,3 \cdot 10 = 9,425 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 9,425 = 214,8399 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_U = 173,808 + 214,8399 = 388,6477 \text{ ton}$$

Diambil SF = 3,

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{388,6967}{3} = 129,5656 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang (pers. 2.6) adalah

$$n(\text{jumlah baris}) = 2 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((2-1)1 + (1-1)2)}{90 \cdot 2 \cdot 1} = 0,9220$$

jadi daya dukung vertikal tiang miring adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,9220 \times 129,5656 \times 2 = 238,9189 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang tegak.

Seperti pada penyelesaian 3.1.1 diperoleh  $P_{all} = 138,5308$  ton, dengan jumlah tiang tegak sebanyak 4 buah maka efisiensi dapat dicari sebagai berikut.

$$n(\text{jumlah baris}) = 2 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 2$$

$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((2-1)2 + (2-1)2)}{90 \cdot 2 \cdot 2} = 0,8440$$

jadi daya dukung tiang tegak adalah

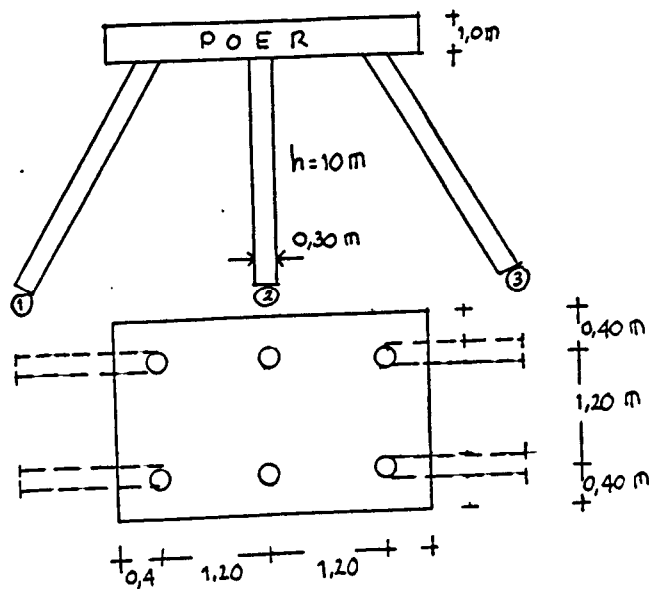
$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang tegak}$$

$$0,8440 \times 138,5308 \times 4 = 467,6799 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimit kelompok tiang adalah

$$238,9189 + 467,6799 = 706,5989 \text{ ton}$$

3.1.3 Tiang pada kolom 1 dan kolom 3 di pancang miring sebesar  $\alpha = 30^\circ$



Gambar 3.3 Kelompok tiang type a formasi III

a. Daya dukung vertikal tiang miring.

Seperti pada penyelesaian 3.1.2a diperoleh  $P_{all} = 129,5656$  ton, dengan jumlah tiang miring 4 buah maka dapat dicari efisiensi groupnya sebagai berikut.

$$n(\text{jumlah baris}) = 2 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((2-1)1 + (1-1)2)}{90 \cdot 1.2} = 0,9220$$

jadi daya dukung vertikal ultimit tiang miring adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,9220 \times 129,5656 \times 4 = 477,8379 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang tegak.

Seperti pada penyelesaian 3.1.1 diperoleh  $P_{all} = 138,5308$  ton dan  $E_g = 0,9220$ . Dengan jumlah tiang tegak 2 buah maka daya dukung ultimit tiang tegak adalah :

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

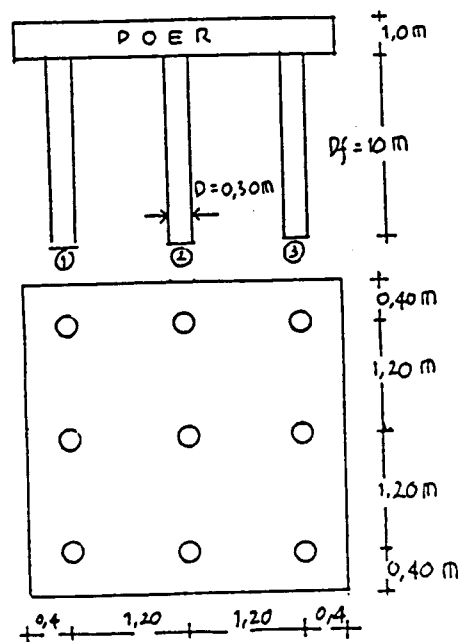
$$0,9220 \times 138,5308 \times 2 = 255,4508 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimit kelompok tiang adalah

$$477,8379 + 255,4508 = 733,2887 \text{ ton}$$

### 3.2 Menghitung Daya Dukung Ultimit Kelompok Tiang Type b

#### 3.2.1 Seluruh tiang di pancang tegak.



ukuran tiang  $\phi 30$  cm dan data-data tanah terlampir

Gambar 3.4 Kelompok tiang type b formasi I

Untuk menghitung daya dukung ultimate tiang maka digunakan persamaan 2.1 (hal.14) sebagai berikut.

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B \quad \text{dan}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \cdot \tan \delta \cdot A_s$$

Dengan data N-SPT DB II terlampir didapat harga  $N = 23,50$ , dari tabel 2.1 (hal 18) untuk kondisi tanah sedang-padat diperoleh  $D_r = 0,65$ .

$$\begin{aligned} \text{Menurut Mayerhoff (1956)} : \phi' &= 28 + 15 \cdot D_r \\ &= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,75^\circ \end{aligned}$$

Untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967) digunakan :

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos H.G. dan Davis E.H. (1980) untuk mendapatkan  $N_q$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal. 17), diperoleh nilai  $N_q = 150$ .

Maka daya dukung yang terjadi adalah

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 = 18,850 \text{ t/m}^2$$

$$N_q = 150$$

$$A_B = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 18,85 \times 150 \times 0,0710 = 200,7525 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \cdot \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \sigma'_v = 18,850 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk tiang perpindahan, } D_r > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot h = \pi \times 0,3 \times 10 = 9,425 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \cdot \tan 38,875^\circ \times 9,425 = 214,8399 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_U = 200,7525 + 214,8399 = 415,5924 \text{ ton}$$

Diambil SF = 3

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{415,5924}{3} = 138,5308 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang dapat dicari dengan persamaan 2.6 adalah.

$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 3$$

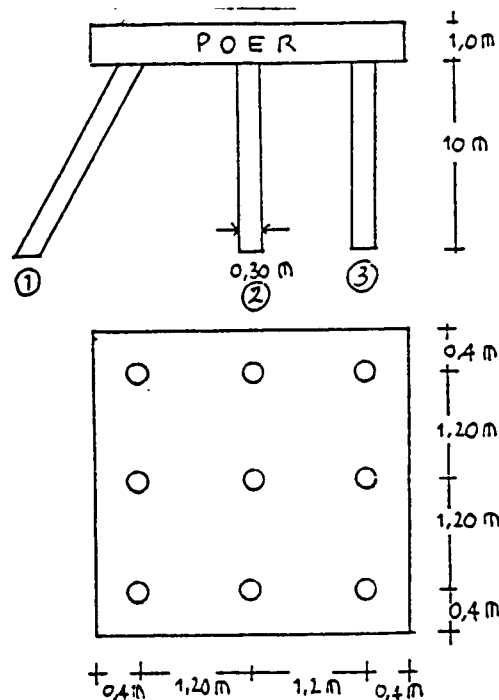
$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((3-1)3 + (3-1)3)}{90 \cdot 3 \cdot 3} = 0,7920$$

Daya dukung ultimit kelompok tiang adalah :

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,7920 \times 138,5308 \times 9 = 987,4475 \text{ ton}$$

### 3.2.2 Tiang pada kolom 1 di pancang miring sebesar $\alpha = 30^\circ$



Gambar 3.5 Kelompok tiang type b formasi II

a. Menghitung daya dukung vertikal tiang miring.

Dari data N-SPT DB II didapat  $N = 22,0$ , dengan tabel 2.1 (hal. 18) untuk kondisi tanah sedang-padat didapat  $D_r = 0,65$ .

Menurut Mayerhoff (1956) :  $\phi' = 28 + 15 \cdot D_r$

$$= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,75^\circ$$

Untuk tiang akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967) diambil :

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos H.G dan Davis E.H (1980) untuk mendapatkan nilai  $N_q$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal.

17), diperoleh  $N_q = 150$ .

Maka daya dukung vertikal tiang miring adalah

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 \cos 30^\circ = 16,320 \text{ t/m}^2$$

$$N_q = 150$$

$$A_B = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 16,32 \times 150 \times 0,0710 = 173,8080 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \gamma t \cdot h = 1,885 \times 10 = 18,850 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk tiang perpindahan, } D_r > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot h = \pi \cdot 0,3 \cdot 10 = 9,425 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 9,425 = 214,8399 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_U = 173,8080 + 214,8399 = 388,6479 \text{ ton}$$

Diambil SF = 3

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{388,6479}{3} = 129,5493 \text{ ton}$$

Effisiensi group ( $E_g$ ) menurut Converse Labbare dapat dicari sebagai berikut.

$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((3-1)1 + (1-1)3)}{90 \cdot 1 \cdot 3} = 0,8960$$

Jadi daya dukung vertikal tiang miring adalah



$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,8960 \times 129,5493 \times 3 = 348,2285 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang tegak.

Dari penyelesaian 2.2.1 didapat  $P_{all} = 138,5308$  ton, dengan jumlah tiang tegak sebanyak 6 buah maka dapat dicari efisiensi groupnya :

$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 2$$

$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((3-1)^2 + (2-1)^3)}{90 \cdot 2 \cdot 3} = 0,8180$$

jadi daya dukung tiang vertikal adalah

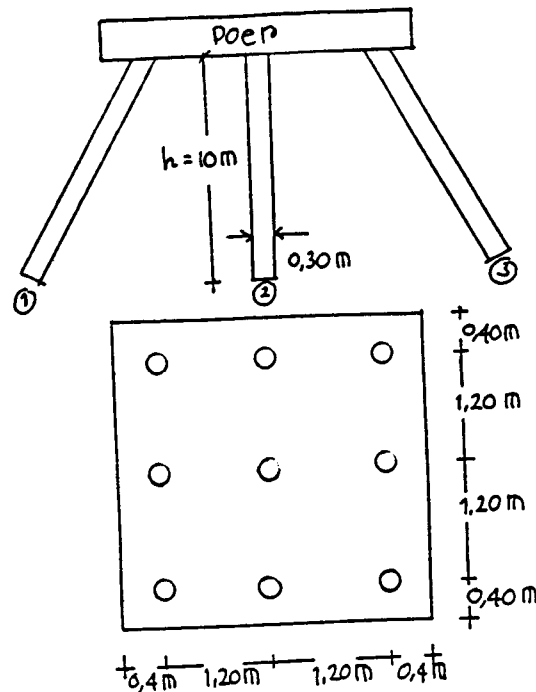
$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,8180 \times 138,5308 \times 6 = 679,9092 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimit kelompok tiang adalah

$$348,2285 \times 679,9092 = 1028,1377 \text{ ton}$$

3.2.3 Tiang kolom 1 dan kolom 3 di pancang miring sebesar  $\alpha = 30^\circ$ .



Gambar 3.6 Kelompok tiang type b formasi III

a. Daya dukung vertikal tiang miring.

Seperti pada penyelesaian 3.2.2a diperoleh  $P_{all} = 129,5493$  ton dan efisiensi group ( $E_g$ ) = 0,8960. Dengan jumlah tiang miring sebanyak 6 buah maka daya dukung vertikal tiang miringnya adalah.

$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$

$$0,8960 \times 129,5493 \times 6 = 696,4570 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang tegak.

Seperti pada penyelesaian 3.2.1 diperoleh  $P_{all} = 138.5308$  ton. Dengan jumlah tiang tegak sebanyak 6 buah maka dapat dicari efisiensi groupnya sebagai berikut.

$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{14,0362 ((3-1)1 + (1-1)3)}{90 \cdot 2.3} = 0,8960$$

jadi daya dukung vertikal tiang tegak adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

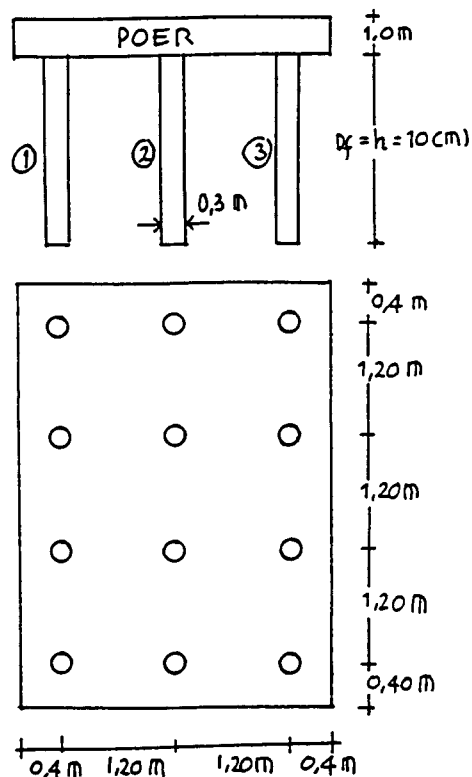
$$0,8960 \times 138,5308 \times 3 = 372,3707 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimit kelompok tiang adalah

$$696,4570 + 372,3707 = 1068,8280 \text{ ton}$$

### 3.3 Menghitung Daya Dukung Kelompok Tiang Type c

#### 3.3.1 Seluruh tiang di pancang tegak.



Suatu kelompok tiang disatukan dengan poer seperti pada gambar dengan data sbb.

- muka pondasi pada kedalaman  $\pm 0.00$  m
- Diameter tiang  $\varnothing 30$  cm
- Data tanah terlampir

Gambar 3.7 Kelompok tiang type c formasi I

Untuk menghitung daya dukung kelompok tiang digunakan

persamaan umum daya dukung ultimit kelompok tiang menurut persamaan 2.1 (hal. 14) adalah :

$$P_u = P_{BU} + P_{SU}$$

dengan,

$$P_{BU} = \sigma'_{vb} \cdot N_q \cdot A_B$$

$$P_{SU} = \sigma'_v \cdot k \tan \phi \cdot A_S$$

Dari data N-SPT DB II terlampir diperoleh harga  $N = 23,50$ , dengan tabel 2.1 (hal.18) diperoleh  $D_r = 0,65$ .

Menurut Mayerhoff (1956) :  $\phi' = 28 + 15 \cdot D_r$

$$= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,750^\circ$$

Untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967),

$$\phi = \frac{\phi' + 40^\circ}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos H.G dan Davis E.H (1980) untuk mendapatkan nilai  $N_q$  dipakai garis Berezantzev (1961) gambar 2.5 (hal. 17), diperoleh  $N_q = 150$ .

Maka daya dukung yang terjadi:

$$P_{BU} = \sigma'_{vb} \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_{vb} = \gamma \cdot t \cdot D_f = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 0,3^2 = 0,071 \text{ m}^2$$

$$N_q = 150$$

$$P_{BU} = 18,85 \times 150 \times 0,071 = 200,7525 \text{ ton}$$

$$P_{SU} = \sigma'_v \cdot k \cdot \tan \delta \cdot A_S$$

$$\sigma'_v = \sigma'_{vb} = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (koefisien tanah lateral untuk } D_r > 50\%)$$

$$A_s = \pi \cdot D \cdot h = \pi \times 0,3 \times 10 = 9,425 \text{ m}^2$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$P_{SU} = 18,85 \times 1,5 \cdot \tan 38,875^\circ \times 9,425 = 214,8399 \text{ ton}$$

Jadi,

$$\begin{aligned} P_U &= P_{BU} + P_{SU} \\ &= 200,7525 + 214,8399 \\ &= 415,5924 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dipakai faktor keamanan (SF) = 3, maka

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{415,5924}{3} = 138,5308 \text{ ton}$$

Efisiensi kelompok tiang pada pile cap dengan jumlah tiang 12 buah, menurut *pers. Converse Labbare* adalah :

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

$$\theta = \text{Arc.tan } D/S = \text{Arc.tan } 30/120 = 14,0362^\circ$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 4$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 3$$

jadi,

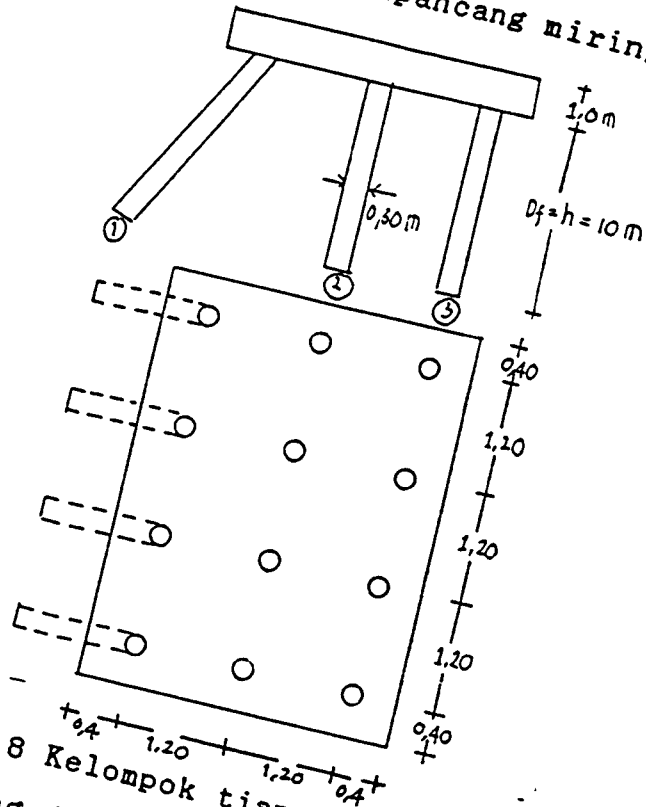
$$E_q = 1 - \frac{14,0382 ((4-1)3 + (3-1)4)}{90 \cdot 3 \cdot 4} = 0,7790$$

Daya dukung ultimite kelompok tiang dapat dicari :

$$E_q \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,779 \times 138,5308 \times 12 = 1296,3160 \text{ ton}$$

3.3.2 Tiang pada kolom 1 dipancang miring sebesar  $\alpha = 30^\circ$



Gambar 3.8 Kelompok tiang type c formasi II

a. Menghitung daya dukung vertikal tiang miring.  
 Dari data N-SPT DB II (terlampir) diperoleh nilai  $N = 22$  dengan tabel 2.1 (hal.18) untuk kondisi tanah sedang-padat didapat  $D_r = 0,65$ .

Menurut Mayerhoff (1956) :  $\phi' = 28 + 15.D_r$   
 $= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,75^\circ$

Untuk tanah yang diakibatkan pemancangan tiang (Driven Piles) menurut Kishida (1967):

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos H.G dan Davis E.H untuk mendapatkan nilai  $N_q$  dipakai garis Berezantzev (1961) gambar 2.5 (hal. 17), untuk nilai  $\phi = 38,875^\circ$  diperoleh  $N_q = 150$ .

Maka daya dukung vertikal tiang miring yang terjadi :

$$P_U = P_{BU} + P_{SU}$$

dengan,

$$P_{BU} = \sigma'_{vb} \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_{vb} = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 \cos 30^\circ = 16,32 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 0,071 \text{ m}^2$$

$$P_{BU} = 16,320 \times 150 \times 0,071 = 173,808 \text{ ton}$$

$$P_{SU} = \sigma' \cdot k \cdot \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \gamma t \times h = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (koefisien tanah lateral untuk } D_r > 50\%)$$

$$A_s = 9,425 \text{ m}^2$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$P_{SU} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 9,425$$

$$= 214,8400 \text{ ton}$$

Jadi,

$$P_U = P_{BU} + P_{SU}$$

$$= 173,808 + 214,840$$

$$= 388,6480 \text{ ton}$$

Dipakai faktor keamanan (SF) = 3 maka,

$$P_{all} = \frac{P_U}{SF} = \frac{388,6480}{3} = 129,5500 \text{ ton}$$

Effisiensi kelompok tiang yang dimiringkan, menurut persamaan Converse Labbare (persamaan 2.6) adalah :

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

2°

:

k

138,5308 ton,

kelompok tiang

$$0/120 = 14,0362^\circ$$

0,8050

tiang tegak adalah

kelompok tiang adalah

on



$$n(\text{jumlah baris}) = 4 \quad \theta = \text{Arc.tan } 30/120 = 14,0362^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_q = 1 - \frac{14,0362 ((4-1)1 + (1-1)4)}{90.4.1} = 0,8830$$

Daya dukung ultimate vertikal untuk tiang miring :

$$E_q \times P_{all} \times \text{jumlah tiang miring}$$

$$0,883 \times 129,550 \times 4 = 457,5706 \text{ ton}$$

b. Daya dukung vertikal untuk tiang tegak

Dari hitungan soal 3.3.1 didapat  $P_{all} = 138,5308 \text{ ton}$ ,  
jumlah tiang tegak 8 buah, maka efisiensi kelompok tiang  
tegak adalah

$$E_q = 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-1)n}{90 m.n}$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 2 \quad \theta = \text{Arc.tan } 30/120 = 14,0362^\circ$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 4$$

$$E_q = 1 - \frac{14,0362 ((4-1)2 + (2-1)4)}{90.4.2} = 0,8050$$

Daya dukung ultimate tiang vertikal tiang tegak adalah

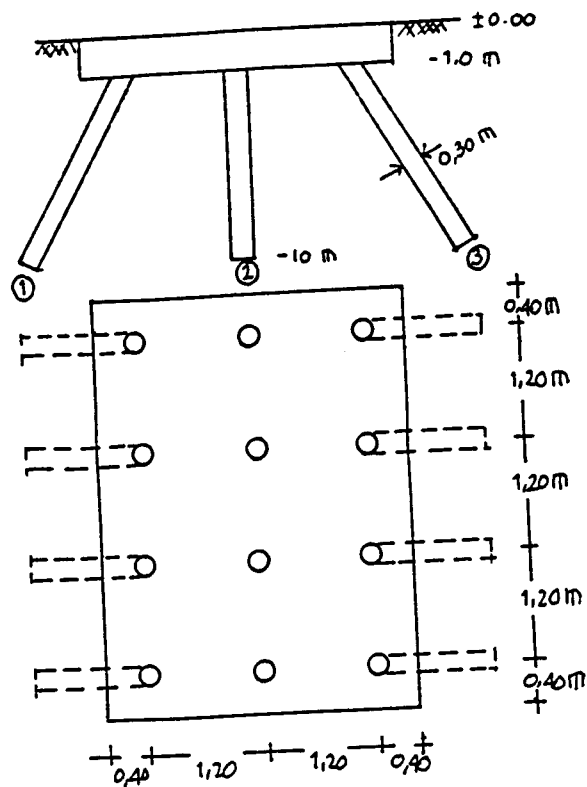
$$E_q \times P_{all} \times \text{jumlah tiang tegak}$$

$$0,8050 \times 138,5308 \times 8 = 892,1384 \text{ ton}$$

Maka daya dukung vertikal ultimate kelompok tiang adalah

$$457,5706 + 892,1384 = 1349,7090 \text{ ton}$$

### 3.3.3 Tiang pada kolom 1 dan kolom 3 di pancang miring sebesar 30°



Gambar 3.9 Kelompok tiang type c formasi III

a. Daya dukung vertikal untuk tiang miring.

Seperti hasil hitungan pada 3.3.2a didapat  $P_{all} = 129,5500$  ton, dengan jumlah tiang miring sebanyak 8 buah maka efisiensi kelompok tiang miring adalah

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

$$m(\text{jumlah kolom}) = 2 \quad \theta = 14,0362^\circ$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 4$$

$$E_g = 1 - \frac{14,0362^\circ ((4-1)2 + (2-1)4)}{90 \cdot 2 \cdot 4} = 0,8830$$

Maka Daya Dukung vertikal untuk tiang miring adalah

$$E_q \times P_{all} \times \text{jumlah tiang miring} \\ 0,883 \times 129,550 \times 8 = 915,1412 \text{ ton}$$

b. Daya dukung vertikal tiang tegak.

Dari hasil hitungan soal 3.3.1 didapat  $P_{all} = 138,5308$  ton, dengan jumlah tiang tegak 4 buah maka efisiensi groupnya adalah.

$$E_q = 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-1)n}{90 m.n}$$

$$\begin{aligned} m(\text{jumlah kolom}) &= 1 & \theta &= \text{Arc.tan } (30/120) \\ n(\text{jumlah baris}) &= 4 & &= 14,0362^\circ \end{aligned}$$

$$E_q = 1 - \frac{14,0362^\circ ((4-1)1 + (1-1)4)}{90.4.1} = 0,883$$

Maka daya dukung ultimate vertikal tiang tegak adalah

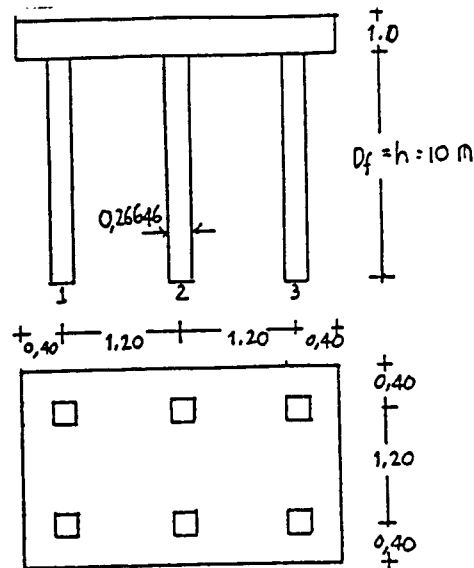
$$E_q \times P_{all} \times \text{jumlah tiang tegak} \\ 0,883 \times 138,5308 \times 4 = 489,2908 \text{ ton}$$

Jadi daya dukung vertikal ultimate kelompok tiang adalah

$$915,1412 + 489,2908 = 1403,4320 \text{ ton}$$

### 3.4 Menghitung daya dukung ultimit kelompok tiang type d

#### 3.4.1 Seluruh tiang dipancang tegak.



Diketahui kelompok tiang seperti gambar dengan data-data sebagai berikut :

- ukuran tiang 26,646 x 26,646 cm
- permukaan poer pada kedalaman  $\pm 0.00$  m
- data tanah terlampir

Gambar 3.10 Kelompok tiang type d formasi I

Untuk menghitung daya dukung ultimit kelompok tiang maka digunakan persamaan 2.1 (halaman 14) :

$$P_u = P_{BU} + P_{Su}$$

dengan,

$$P_{BU} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_S$$

Dari data penyelidikan tanah terlampir (N-SPT) DB II, didapat  $\bar{N} = 23,50$  dengan tabel 2.1 (hal. 18) untuk kondisi tanah sedang-padat diperoleh nilai  $D_r = 0,65$

Menurut Mayerhoff (1956) :

$$\begin{aligned} \phi' &= 28 + 15 \cdot D_r \\ &= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,75^\circ \end{aligned}$$

Untuk kondisi tanah akibat pemancangan tiang menurut

Kishida (1967) dipakai harga :

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos dan Davis (1980) digunakan garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal. 17) untuk nilai  $\phi = 38,875^\circ$  diperoleh  $Nq = 150$ , maka daya dukung yang terjadi :

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot Nq \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 0,26646 \times 0,26646 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 18,85 \times 100 \times 0,0710 = 200,750 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \sigma'_v = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (displacement piles, } D_r > 50 \%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = 4 \times 0,26646 \times 10 = 10,66 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} P_{Su} &= 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 10,66 \\ &= 242,990 \text{ ton} \end{aligned}$$

jadi,

$$P_U = 200,750 + 242,990 = 443,740 \text{ ton}$$

Diambil faktor keamanan (SF) = 3

$$P_{all} = \frac{P_U}{SF} = \frac{443,740}{3} = 147,910 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang pada poer dengan jumlah tiang 6 buah, menurut pers. 2.6 (hal.21) adalah

$$E_g = 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-1)n}{90 m.n}$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 2$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 3$$

$$\theta = \text{arc. tg } D/s = \text{arc. tg } (37,6832/120) = 17,4337^\circ$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((2-1)3 + (3-1)2)}{90 \cdot 3 \cdot 2} = 0,774$$

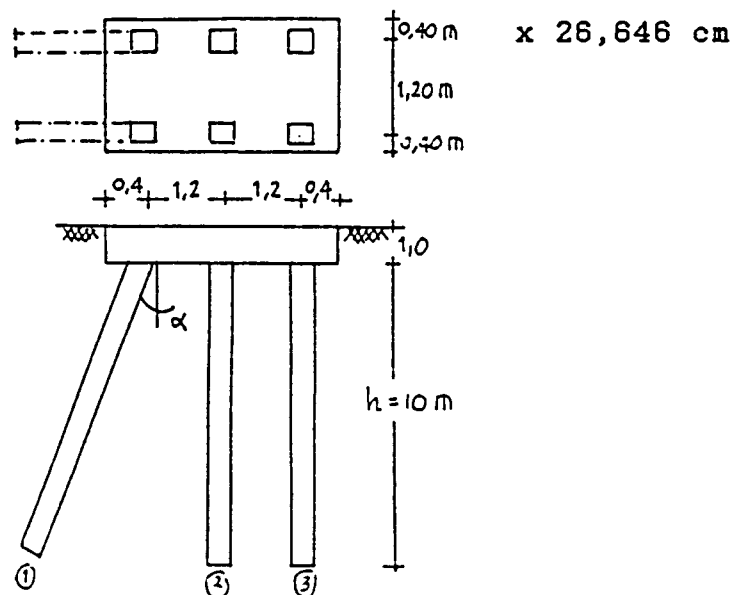
Maka daya dukung ultimate group tiang tersebut adalah :

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,7740 \times 147,910 \times 6 = 686,890 \text{ ton}$$

3.4.2 Tiang pada kolom ke-1 dimiringkan sebesar  $(\alpha) = 30^\circ$ .

Diketahui ukuran tiang 26,646



Gambar 3.11 Kelompok tiang type d formasi II

a. Daya dukung vertikal tiang miring.

Dari data tanah N-SPT DB II (terlampir) diperoleh  $N = 22,0$  , dengan tabel 2.1 (hal 18) untuk kondisi tanah

sedang-padat didapat  $D_r = 0,65$ .

$$\begin{aligned} \text{Menurut Mayerhoff (1956): } \phi' &= 28 + 15 D_r \\ &= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,750^\circ \end{aligned}$$

untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967) dipakai nilai:

$$\phi = \frac{\phi + 40}{2} = 38,875^\circ$$

menurut Poulos H.G. dan E.H. Davis untuk mencari nilai  $N_q$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal. 17), diperoleh  $N_q = 150$

Maka daya dukung vertikal untuk tiang miring (2 buah) adalah.

$$P_{Bu} = \sigma'v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 \cos 30^\circ = 16,32 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$N_q = 150$$

$$P_{Bu} = 16,32 \times 150 \times 0,0710 = 173,810 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \gamma t \cdot h = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk displacement piles, } D_r > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = 4 \times 0,26646 \times 10 = 10,66 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 10,660 = 242,990 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_u = 173,810 + 242,990 = 416,800 \text{ ton}$$

Diambil SF = 3

$$P_{all} = \frac{P}{3} = \frac{416,800}{3} = 138,930 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang pancang miring yang terdiri 2 buah tiang adalah (pers. 2.6)

$$E_g = 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-1)n}{90 m.n}$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 2$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$\theta = \text{arc. tg } D/s = \text{arc. tg } (37,6832/120) = 17,4337^\circ$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((2-1)1 + (1-1)2)}{90 \cdot 2 \cdot 1} = 0,9030$$

jadi daya dukung vertial tiang miring adalah

$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$

$$0,9030 \times 138,930 \times 2 = 250,910 \text{ ton}$$

b. Daya dukung vertikal tiang tegak.

Dari hasil penyelesaian 3.6.1 didapat :

$$P_{all} = 147,910 \text{ ton}$$

Effisiensi group yang terdiri 4 buah tiang tegak adalah (per. 2.6).

$$E_g = 1 - \frac{\theta ((n-1)m + (m-1)n)}{90 m.n}$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 2 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 2$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((2-1)2 + (2-1)2)}{90 \cdot 2 \cdot 2} = 0,8060$$



jadi daya dukung vertikal tiang tegak adalah :

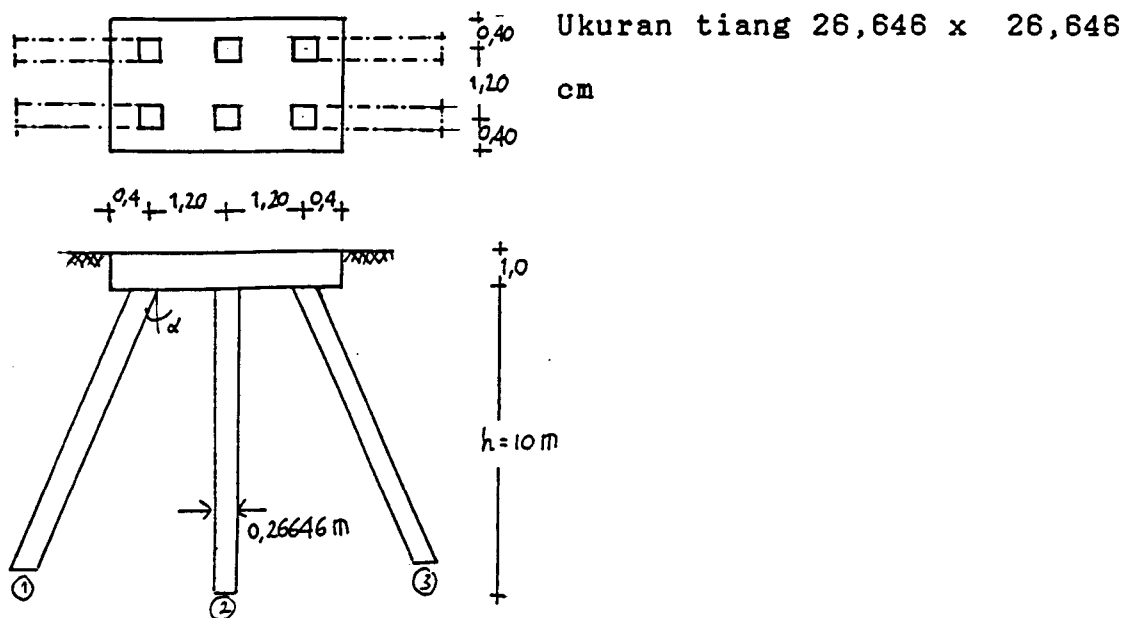
$$E_g \times P_{aall} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,806 \times 147,910 \times 4 = 476,860 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimite total kelompok tiang adalah :

$$250,910 + 476,860 = 727,770 \text{ ton}$$

3.4.3 Tiang pada kolom 1 dan kolom 3 dimiringkan sebesar  $\alpha$   
 $= 30^\circ$



Gambar 3.12 Kelompok tiang type d formasi III

a. Menghitung daya dukung vertikal tiang miring

Dengan hasil penyelesaian soal 3.4.2a diperoleh  $P_{all} = 138,9300$  ton,  $E_g = 0,903$ , jumlah tiang miring 4 buah maka,

Daya dukung vertikal untuk tiang miring adalah

$$E_q \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,903 \times 138,9300 \times 4 = 501,820 \text{ ton}$$

b. Menghitung daya dukung vertikal tiang tegak

Seperti pada penyelesaian soal 3.4.1 diperoleh  $P_{all} = 147,9100$  ton, jumlah tiang tegak 2 buah maka efisiensi dapat dicari sebagai berikut.

$$E_q = 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-1)n}{90 m.n}$$

$$\begin{aligned} n(\text{jumlah baris}) &= 2 & \theta &= \text{Arc.tan } 42,43/120 \\ m(\text{jumlah kolom}) &= 1 & &= 17,4337^\circ \end{aligned}$$

$$E_q = 1 - \frac{17,4337^\circ((2-1)1 + (1-1)2)}{90 \cdot 1 \cdot 2} = 0,903$$

Daya dukung tiang vertikal adalah

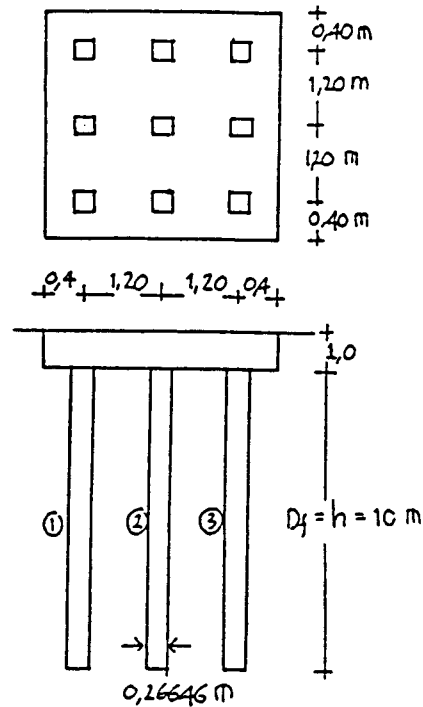
$$\begin{aligned} E_q \times P_{all} \times \text{jumlah tiang} \\ 0,903 \times 147,9100 \times 2 &= 267,130 \text{ ton} \end{aligned}$$

Jadi daya dukung ultimate kelompok tiang adalah

$$501,820 + 267,130 = 768,9500 \text{ ton}$$

### 3.5 Menghitung daya dukung ultimit kelompok tiang type e

#### 3.5.1 Seluruh tiang dipancang tegak.



Diketahui data-data tanah terlampir, ukuran tiang 26,646 x 26,646 cm, permukaan poer terletak pada kedalaman  $\pm 0,00$  m

Gambar 3.13 Kelompok tiang type e formasi I

Dengan data N-SPT terlampir pada kedalaman 10 m diperoleh  $\bar{N} = 23,50$ , dipakai tabel 2.1 (hal.18) untuk kondisi tanah sedang-padat didapat nilai  $D_r = 0,65$ .

Menurut Mayerhoff (1956) dipakai :

$$\begin{aligned}\phi' &= 28 + 15.D_r \\ &= 28 + 15. 0,65 = 37,75^\circ\end{aligned}$$

Untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967) diambil nilai :

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos H.G dan E.H Davis, nilai  $N_q$  diperoleh dengan garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal.17), didapat  $N_q = 150$

Maka daya dukung yang terjadi menurut persamaan 2.1 (hal. 14) adalah.

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 0,26646 \times 0,26646 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 18,85 \times 100 \times 0,0710 = 200,750 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \sigma'_v = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (tiang displacement, } D_r > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = 4 \times 0,26646 \times 10 = 10,660 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 10,660 = 242,990 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_U = 200,750 + 242,990 = 443,740 \text{ ton}$$

Diambil SF = 3,

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{443,740}{3} = 147,910 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang pada poer dengan jumlah tiang 9 buah adalah.

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

$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 3$$

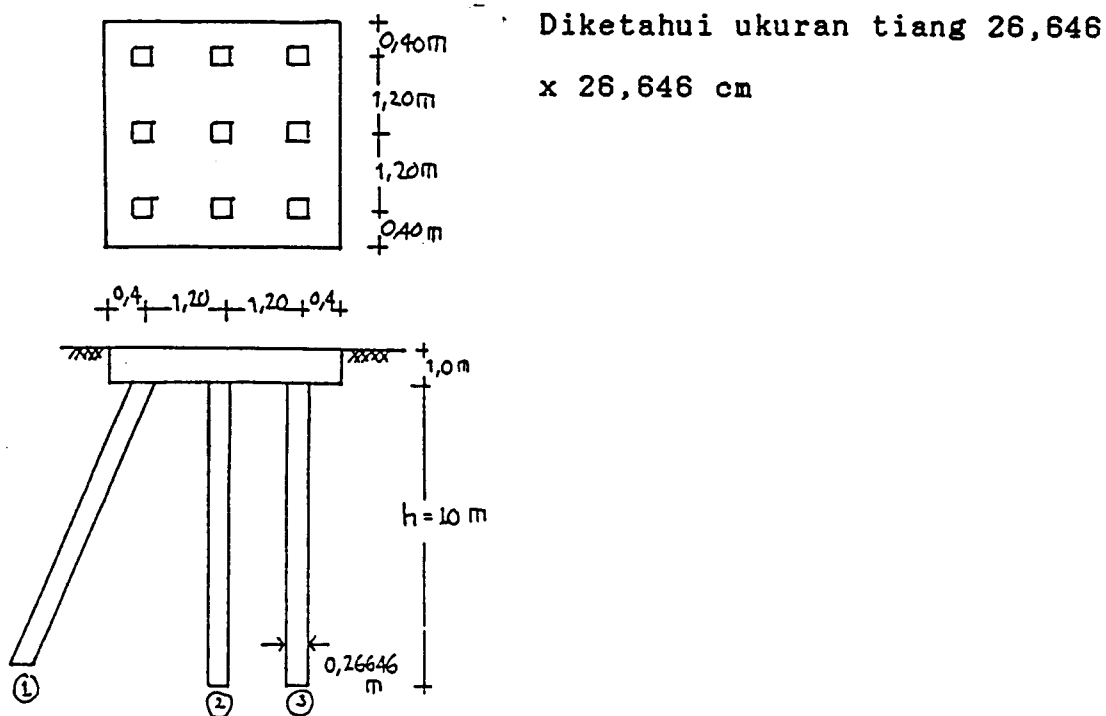
$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((3-1)3 + (3-1)3)}{90 \cdot 3 \cdot 3} = 0,7420$$

Jadi daya dukung ultimit kelompok tiang adalah :

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,7420 \times 147,910 \times 9 = 987,740 \text{ ton}$$

3.5.2 Tiang pada kolom ke-1 dipancang miring sebesar  $\alpha = 30^\circ$



Gambar 3.14 Kelompok tiang type e formasi II

a. Menghitung daya dukung vertikal tiang miring.

Dengan data N-SPT terlampir diperoleh  $\bar{N} = 22$ , dipakai tabel 2.1 (hal. 18) untuk kondisi tanah sedang-padat diperoleh nilai  $D_r = 0,65$ .

Menurut Mayerhoff (1956) dipakai:

$$\begin{aligned}\phi' &= 28 + 15 \cdot Dr \\ &= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,750^\circ\end{aligned}$$

Untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967) dipakai:

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos dan Davis (1980) untuk memperoleh nilai  $N_q$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal.17), diperoleh  $N_q = 150$

Maka daya dukung tiang menurut pers. 2.1 adalah.

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 \cos 30^\circ = 16,320 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 0,26646 \times 0,26646 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 16,320 \times 150 \times 0,0710 = 173,910 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \gamma t \cdot h = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk tiang displacement, } Dr > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = 4 \times 0,26646 \times 10 = 10,660 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 10,660 = 242,990 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}P_u &= P_{Bu} + P_{Su} \\ &= 173,910 + 242,990 \\ &= 416,800 \text{ ton}\end{aligned}$$

Diambil SF = 3,

$$P_{all} = \frac{P_u}{3} = \frac{416,800}{3} = 138,930 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang miring menurut pers.2.6 adalah.

$$E_g = 1 - \frac{\theta ((n-1)m + (m-1)n)}{90 m.n}$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((3-1)1 + (1-1)3)}{90 \cdot 3 \cdot 1} = 0,8710$$

jadi daya dukung vertikal tiang miring adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,8710 \times 138,930 \times 3 = 363,0200 \text{ ton}$$

b. Menhitung daya dukung tiang tegak

Dari penyelesaian soal 3.5.1 diperoleh  $P_{all} = 147,910$  ton. Effisiensi group yang terdiri atas 6 tiang tegak adalah :

$$E_g = 1 - \frac{\theta (n-1)m + (m-1)n}{90 m.n}$$

$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 2$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((3-1)2 + (2-1)3)}{90 \cdot 2 \cdot 3} = 0,7740$$

jadi daya dukung tiang untuk tiang tegak adalah

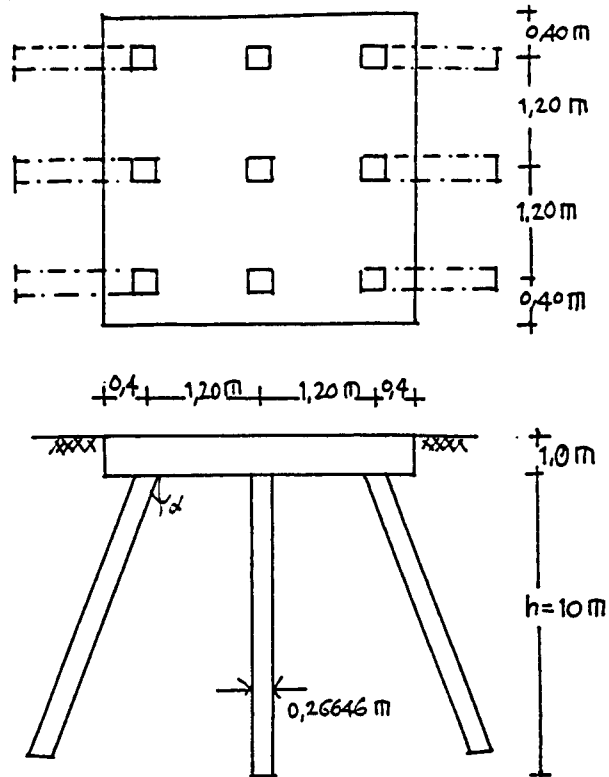
$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,7740 \times 147,910 \times 6 = 686,890 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimit kelompok tiang adalah :

$$363,0200 + 686,890 = 1049,9100 \text{ ton}$$

3.5.3 Tiang pada kolom 1 dan kolom 3 dipancang miring sebesar  $\alpha = 30^\circ$



Gambar 3.15 Kelompok tiang type e formasi III

a. Daya dukung vertikal tiang miring.

Dari hasil penyelesaian 3.5.2a diperoleh  $P_{all} = 138,930$  ton dan  $E_g = 0,8710$ , maka daya dukung vertikal tiang miring ( 6 buah ) adalah :

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,8710 \times 138,930 \times 6 = 726,050 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang tegak

Dari hasil penyelesaian 3.5.1 diperoleh  $P_{all} = 147,9100$  ton, maka efisiensi groupnya dapat dicari sebagai berikut.

$$E_g = 1 - \frac{\theta ((n-1)m + (m-1)n)}{90 m.n}$$



$$n(\text{jumlah baris}) = 3 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((3-1)1 + (1-1)3)}{90 \cdot 1.3} = 0,8710$$

jadi daya dukung tiang tegak adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

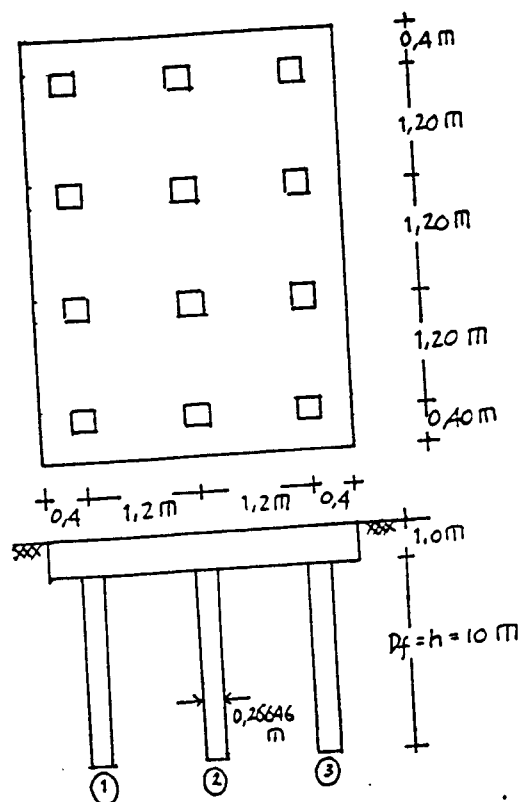
$$0,8710 \times 147,910 \times 3 = 386,490 \text{ ton}$$

Maka daya dukung kelompok tiang total adalah

$$726,050 + 386,490 = 1112,540 \text{ ton}$$

3.6 Menghitung daya dukung kelompok tiang type f

3.6.1 Seluruh tiang dipancang tegak.



Gambar 3.16 Kelompok tiang type f formasi I

Dari data N-SPT DB II terlampir didapat nilai  $N = 23,50$ , dengan tabel 2.1 (hal.18) untuk kondisi tanah sedang-padat diperoleh harga  $Dr = 0,65$ .

$$\begin{aligned} \text{Menurut Mayerhoff (1956) dipakai : } \phi' &= 28 + 15.Dr \\ &= 28 + 15. 0,65 \\ &= 37,750^\circ \end{aligned}$$

Untuk tanah akibat adanya pemancangan tiang menurut Kishida (1967) dipakai :

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos dan Davis (1980) untuk mendapatkan nilai  $Nq$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal. 17), diperoleh  $Nq = 150$

Maka daya dukung kelompok tiang yang terjadi menurut persamaan 2.6 adalah.

$$P_{Bu} = \sigma'_v \cdot Nq \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot Df = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 0,26646 \times 0,26646 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{Bu} = 18,85 \times 150 \times 0,0710 = 200,7525 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \sigma'_v = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk tiang displacement, } Dr > 50\%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = 4 \times 0,26646 \times 10 = 10,660 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \tan 38,875^\circ \times 10,66 = 242,991 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_U = 200,7525 + 242,991 = 443,740 \text{ ton}$$

Diambil harga SF = 3, maka

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{443,740}{3} = 147,910 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang pada por dengan jumlah tiang 12 buah adalah.

$$n(\text{jumlah baris}) = 4 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 3$$

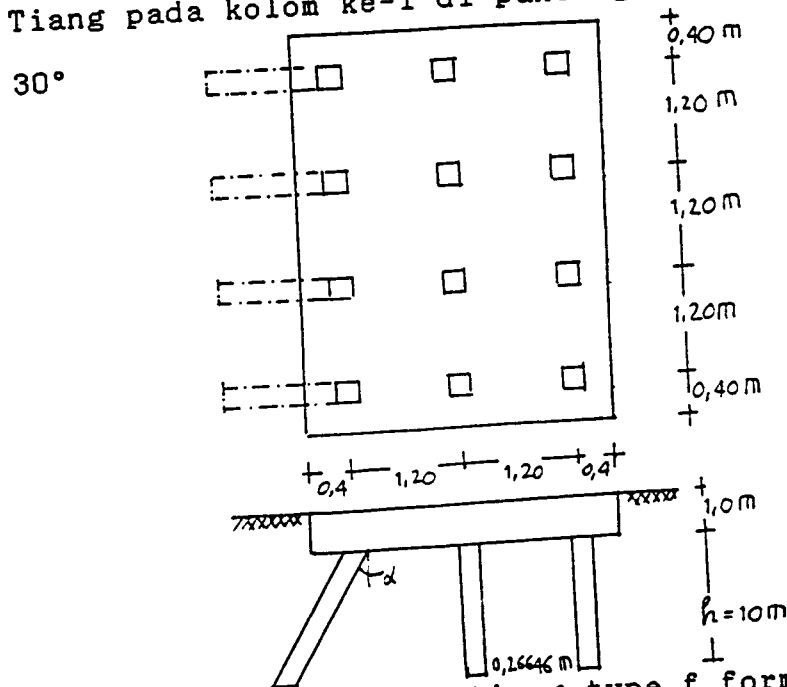
$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((4-1)3 + (3-1)4)}{90 \cdot 3 \cdot 4} = 0,7256$$

Maka daya dukung kelompok tiang adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,7256 \times 147,910 \times 12 = 1287,882 \text{ ton}$$

3.6.2 Tiang pada kolom ke-1 di pancang miring sebesar  $\alpha =$



Gambar 3.17 Kelompok tiang type f formasi II

a. Daya dukung vertikal tiang miring.

Dengan data N-SPT DB II terlampir didapat nilai  $N = 22$ , dari tabel 2.1 (hal. 18) untuk kondisi tanah sedang-padat diperoleh nilai  $D_r = 0,65$ .

Menurut Mayerhoff (1956) :  $\phi' = 28 + 15 \cdot D_r$

$$= 28 + 15 \cdot 0,65 = 37,75^\circ$$

Untuk tanah akibat pemancangan tiang menurut Kishida (1967) dipakai :

$$\phi = \frac{\phi' + 40}{2} = \frac{37,75 + 40}{2} = 38,875^\circ$$

Menurut Poulos dan Davis (1980) untuk mencari  $N_q$  dipakai garis Beresantsev (1961) gambar 2.5 (hal.17), diperoleh nilai  $N_q = 150$

Maka daya dukung tiang yang terjadi adalah :

$$P_{BU} = \sigma'_v \cdot N_q \cdot A_B$$

$$\sigma'_v = \gamma t \cdot D_f = 1,885 \times 10 \cos 30^\circ = 16,320 \text{ t/m}^2$$

$$A_B = 0,26646 \times 0,26646 = 0,0710 \text{ m}^2$$

$$P_{BU} = 16,320 \times 150 \times 0,0710 = 173,810 \text{ ton}$$

$$P_{Su} = \sigma' \cdot k \tan \delta \cdot A_s$$

$$\sigma' = \gamma t \cdot h = 1,885 \times 10 = 18,85 \text{ t/m}^2$$

$$k = 1,5 \text{ (untuk tiang displacement, } D_r > 50 \%)$$

$$\delta = \phi = 38,875^\circ$$

$$A_s = 4 \times 0,26646 \times 10 = 10,66 \text{ m}^2$$

$$P_{Su} = 18,85 \times 1,5 \cdot \tan 38,875^\circ \times 10,660 = 242,990 \text{ ton}$$

jadi,

$$P_U = 173,810 + 242,990 = 416,800 \text{ ton}$$

Diambil SF = 3

$$P_{all} = \frac{P_U}{3} = \frac{416,800}{3} = 138,930 \text{ ton}$$

Effisiensi group tiang pancang miring adalah

$$n(\text{jumlah baris}) = 4 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((4-1) + (1-1)1)}{90.1.4} = 0,85471$$

jadi daya dukung vertikal tiang miring adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,85471 \times 138,930 \times 4 = 474,9795 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang tegak

Seperti penyelesaian 3.6.1 didapat harga  $P_{all} = 147,910$  ton. Dengan jumlah tiang tegak 8 buah maka efisiensi groupnya adalah.

$$n(\text{jumlah baris}) = 4 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 2$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 (4-1)2 + (2-1)4}{90.2.4} = 0,7578$$

jadi daya dukung tiang tegak adalah :

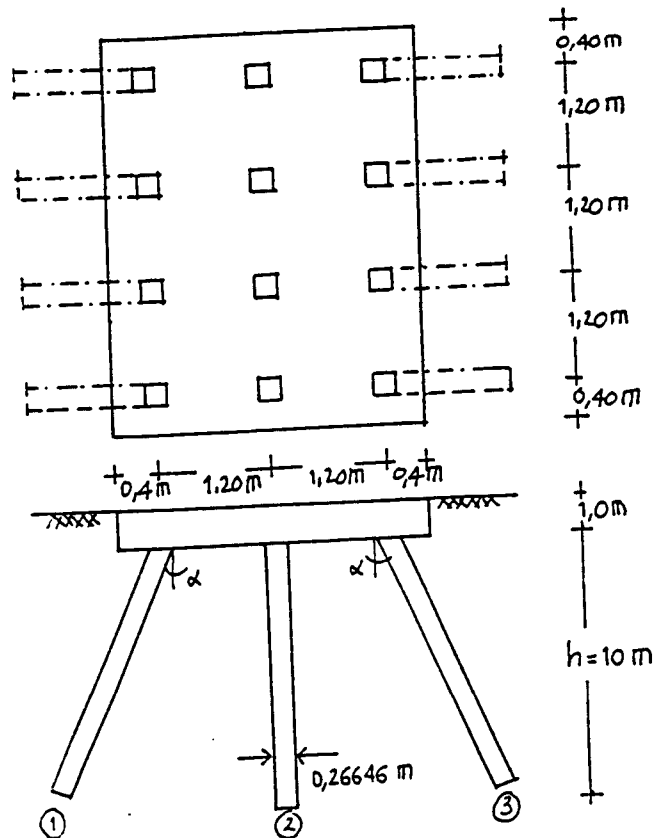
$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,7578 \times 147,910 \times 8 = 896,6895 \text{ ton}$$

Maka daya dukung kelompok tiang total adalah

$$474,9750 + 896,6895 = 1371,6645 \text{ ton}$$

3.6.3 Tiang pada kolom 1 dan kolom 3 dipancang miring sebesar  $\alpha = 30^\circ$



Gambar 3.18 Kelompok tiang type f formasi III

a. Daya dukung tiang miring

Seperti pada penyelesaian 2.6.2a didapat  $P_{all} = 138,930 \text{ ton}$  dan  $E_g = 0,85471$ . Dengan jumlah tiang miring 8 buah maka daya dukung vertikal tiang miringnya adalah

$$E_g \times P_{all} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,85471 \times 138,930 \times 8 = 949,9590 \text{ ton}$$

b. Daya dukung tiang tegak.

Seperti pada penyelesaian 2.6.1 didapat  $P_{all} =$

147,910 ton, dengan jumlah tiang tegak sebanyak 4 buah maka efisiensi groupnya adalah.

$$n(\text{jumlah baris}) = 4 \quad \theta = 17,4337^\circ$$

$$m(\text{jumlah kolom}) = 1$$

$$E_g = 1 - \frac{17,4337 ((4-1)1 + (1-1)4)}{90.1.4} = 0,85471$$

jadi daya dukung tiang tegak adalah

$$E_g \times P_{\text{all}} \times \text{jumlah tiang}$$

$$0,85471 \times 147,910 \times 4 = 505,680 \text{ ton}$$

Maka daya dukung ultimit kelompok tiang total adalah

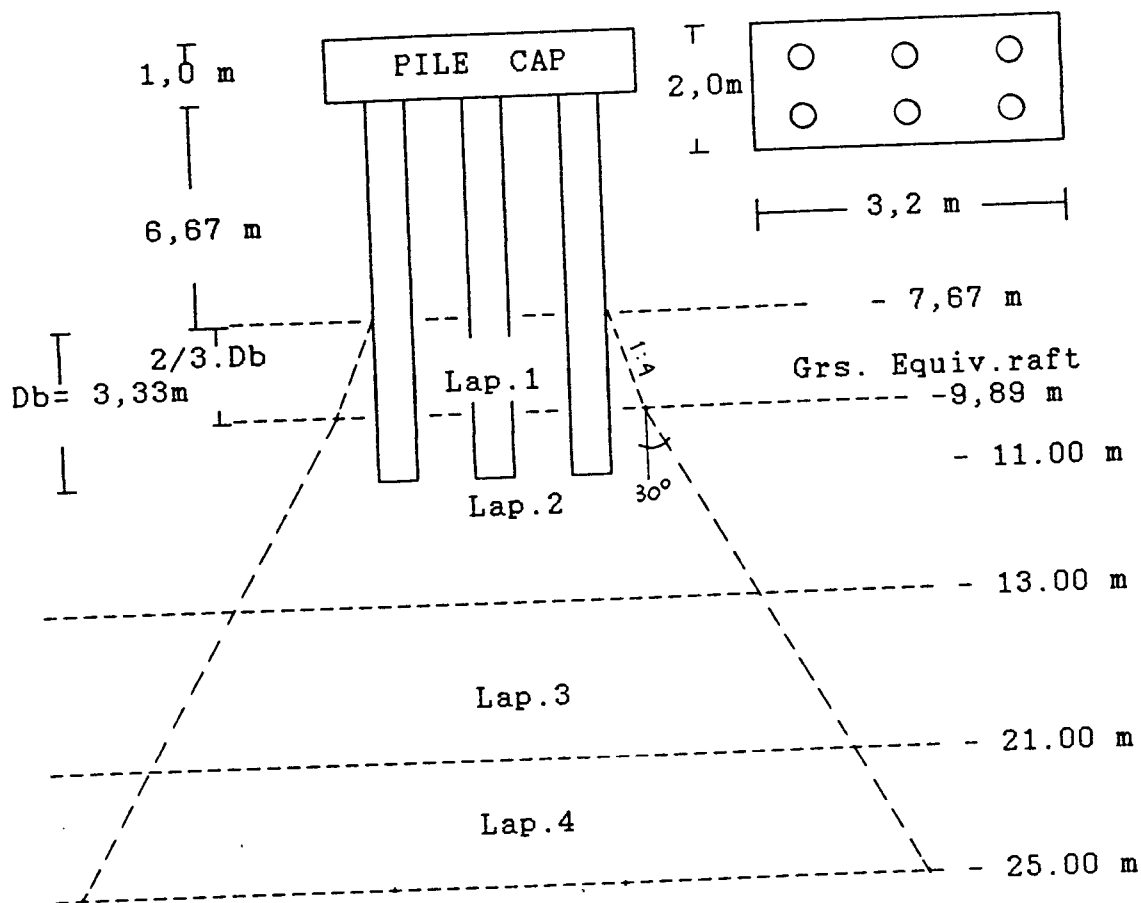
$$949,959 + 505,680 = 1455,6390 \text{ ton}$$

Analog dengan kelompok tiang type a, b, c, d, e, f, untuk formasi II, III dan kemiringan tiang sebesar 10°, 20°, 40°, 50°, 60°, dapat dilihat pada tabel 3.8 halaman 88, tabel 3.9 halaman 89, tabel 3.10 halaman 90, tabel 3.11 halaman 91, tabel 3.12 halaman 92, tabel 3.13 halaman 93. Sedangkan hubungan antara daya dukung yang terjadi dengan besar sudut kemiringan dapat dilihat pada grafik 3.1, grafik 3.2 halaman 106, grafik 3.3, grafik 3.4 halaman 107, grafik 3.5, grafik 3.6 halaman 108.

### 3.7 Menghitung Penurunan (Settlement) Kelompok Tiang

3.7.1 Berdasarkan beban ultimate setiap formasi tiang.

3.7.1.a Menghitung penurunan kelompok tiang type a.



Gambar 3.19 Penyebaran penurunan kelompok tiang type a

\* Beban yang bekerja termasuk berat sendiri pondasi = 679,910 ton

\* Mencari lebar Equivalent raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (2 \times 1,2) + (0,3) + (2 \times 1/4 \times 2/3 \cdot 3,33) = 3,81 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,401 \text{ m}$$

$$B_3 = B_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,638 \text{ m}$$

$$B_4 = B_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,256 \text{ m}$$



\* Mencari panjang Equivalent raft tiap lapisan tanah :

$$L_1 = (1 \times 1,2) + (0,3) + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 2,61 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 6,2011 \text{ m}$$

$$L_3 = L_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 15,4387 \text{ m}$$

$$L_4 = L_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 20,0567 \text{ m}$$

Garis equivalent raft terletak pada kedalaman dari permukaan tanah ( $D_1$ ) =  $7,67 + (2/3 \cdot D_b) = 9,890 \text{ m}$

$$\text{maka, } p_{o'} = \tau_b \cdot 9,89 = 1,885 \times 9,89 = 18,6426 \text{ t/m}^2$$

$$D_2 = \text{Kedalaman lapis III dari permukaan tanah} = 13 \text{ m}$$

$$D_3 = \text{Kedalaman lapis IV dari permukaan tanah} = 21 \text{ m}$$

$$D_4 = \text{Kedalaman lapis V dari permukaan tanah} = 25 \text{ m}$$

Penurunan seketika dapat dicari dengan persamaan 2.9

(hal. 23) :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_o \cdot \frac{q_n \cdot B}{E'}$$

dengan,

$$q_1 = \frac{P_{tot}}{B_1 \times L_1} - p_{o'} = \frac{679,910}{3,81 \times 2,61} - 18,6426$$

$$= 49,7300 \text{ t/m}^2 = 4,97386 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_2 = \frac{P_{tot}}{B_2 \times L_2} - p_{o'} = \frac{679,910}{7,355 \times 6,201} - 18,6426$$

$$= \approx 0$$

Modulus Young's ( $E'$ ) diambil 1,5 - 3,5.  $q_c'$  (pers. 2.10),

$q_c'$  diperoleh dari data tanah terlampir, maka didapat :

$$E_1 = 3,5 \times q_c = 3,5 \times 92 = 322 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_2 = 3,5 \times q_c = 3,5 \times 92 = 322 \text{ Kg/cm}^2$$

Harga  $\mu_1$  dan  $\mu_0$  dicari dengan gambar 2.10 (hal.25),

didapat :  $\mu_{01} = 0,610$  ,  $\mu_{02} = 0,660$

$\mu_{11} = 0,300$  ,  $\mu_{12} = 0,240$

maka selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

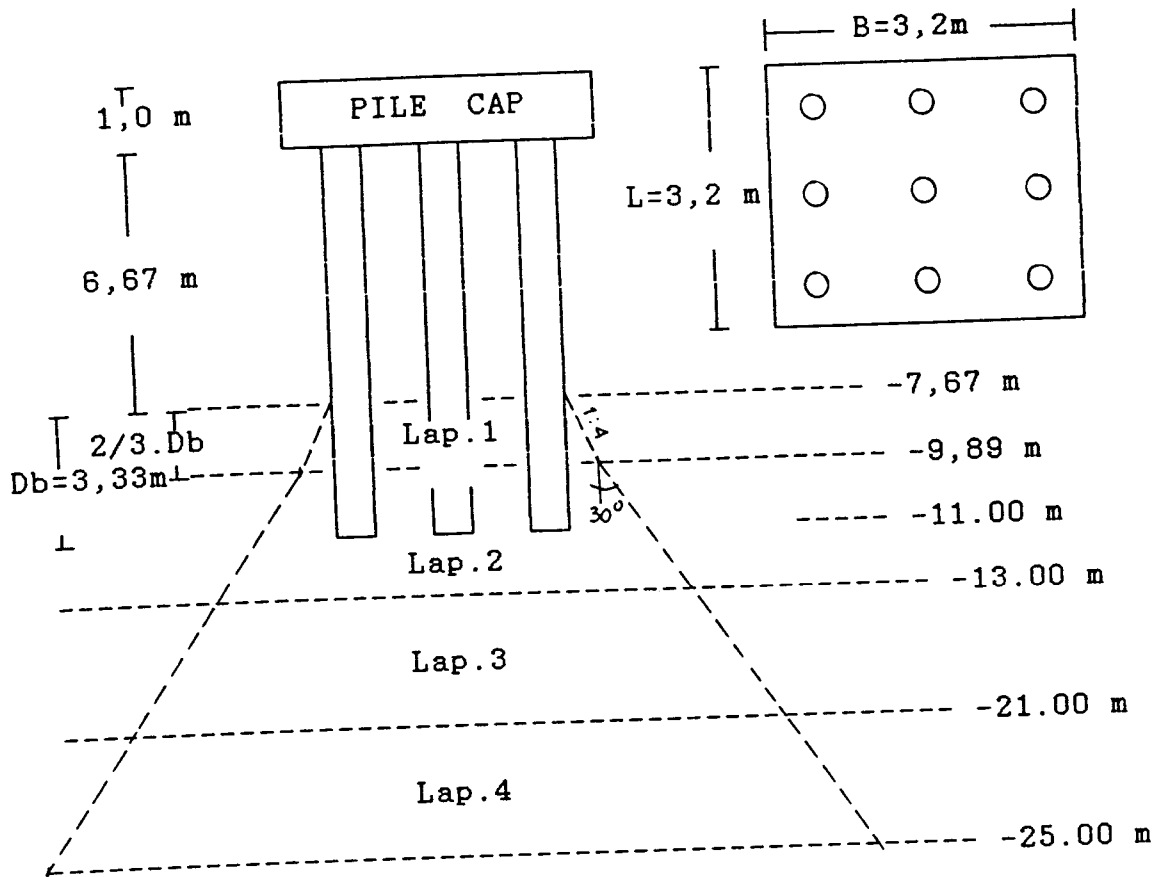
Tabel 3.1 Hasil penurunan kelompok tiang type a formasi I

D (m)	B (m)	L (m)	$q_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu_1$	$\mu_0$	E' (Kg/cm <sup>2</sup> )	Si (mm)	
9,89	3,81	2,61	4,9730	0,300	0,610	322,0	10,768	
13,00	7,401	6,201	0	0,240	0,660	322,0	0	
21,00	13,37	12,17	0	-	-			
25,00	17,37	16,17	0	-	-			
$\Sigma Si = 10,7680$								

Jadi penurunan seketika (immediate settlement) yang terjadi sebesar 10,7680 mm.

Analog untuk perhitungan penurunan kelompok tiang type a dengan formasi tiang yang dimiringkan dapat dilihat pada tabel 3.14 halaman 94.

### 3.7.1.b Menghitung penurunan kelompok tiang type b.



Gambar 3.20 Penyebaran penurunan kelompok tiang type b

\* Beban yang bekerja termasuk akibat berat sendiri pondasi adalah 987,440 ton

\* Mencari lebar equivalent raft (B) :

$$B_1 = (2 \times 1,2) + 0,3 + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 3,81 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,401 \text{ m}$$

$$B_3 = B_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,638 \text{ m}$$

$$B_4 = B_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,256 \text{ m}$$

\* Mencari panjang Equivalent raft (L) :

$$L_1 = (2 \times 1,2) + 0,3 + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 3,81 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,401 \text{ m}$$

$$L_3 = L_2 + (2 \times \operatorname{tg} 30^\circ \times 8) = 16,638 \text{ m}$$

$$L_4 = L_3 + (2 \times \operatorname{tg} 30^\circ \times 4) = 21,256 \text{ m}$$

Garis Equivalent raft diasumsikan terletak pada kedalaman dari permukaan tanah ( $D_1$ ) =  $7,67 + (2/3 \cdot D_b) = 9,890 \text{ m}$ , maka :

$$P_{O'} = \tau_b \cdot D_1 = 1,885 \times 9,89 = 18,6426 \text{ ton/m}^2$$

Penurunan seketika dapat dicari dengan persamaan 2.9 (hal. 23) :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_0 \frac{q_n \cdot B}{E'}$$

dengan,

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \times L_1} - P_{O'} = \frac{987,4400}{3,81 \times 3,81} - 18,6426$$

$$= 49,380 \text{ t/m}^2 = 4,9380 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_2 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_2 \times L_2} - P_{O'} = \frac{987,4400}{16,683 \times 16,683} - 18,6426$$

$$= -0,062 \approx 0$$

Nilai Modulus Young's ( $E'$ ) diambil  $1,5 - 3,5 \cdot q_c$  (persamaan 2.9), diperoleh :

$$E'_1 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$$

$$E'_2 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$$

Harga  $\mu_0$  dan  $\mu_1$  dicari dengan gambar 2.10 (hal. 25), dida-

$$\text{pat : } \mu_{11} = 0,30, \quad \mu_{12} = 0,240$$

$$\mu_{01} = 0,610, \quad \mu_{02} = 0,660$$

Selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut ini :

Tabel 3.2 Hasil penurunan kelompok tiang type b formasi I

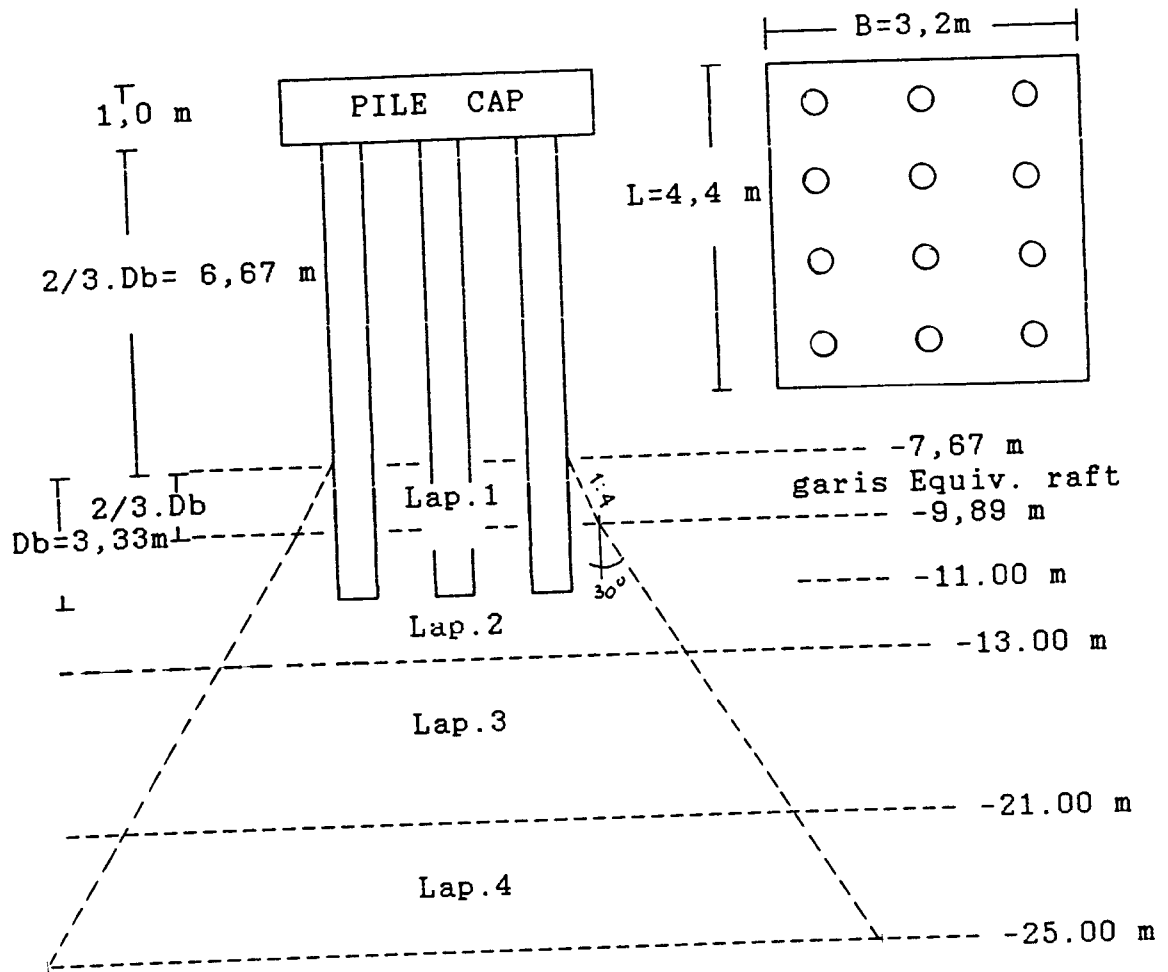
D (m)	B (m)	L (m)	$q_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu_1$	$\mu_0$	E' (Kg/cm <sup>2</sup> )	S <sub>i</sub> (mm)
9,89	3,81	3,81	4,9380	0,300	0,610	322,0	10,693
13,00	7,401	7,401	0	0,240	0,660	322,0	0
21,00	16,63	16,63					
25,00	21,25	21,25					
						$\Sigma S_i = 10,693$	

Jadi penurunan seketika (immediate settlement) yang terjadi adalah sebesar 10,6930 mm

Analog untuk kelompok tiang type b dengan formasi dan kemiringan tiang yang berbeda dapat dilihat pada tabel 3.15 halaman 95.

### 3.7.1.c Menghitung penurunan kelompok tiang type c.

\* Beban yang bekerja termasuk akibat berat sendiri pondasi adalah 1328,230 ton



Gambar 3.3 Penyebaran penurunan kelompok tiang type c

\* Mencari lebar Equivalent raft tiap lapisan tanah (B) :

$$B_1 = (2 \times 1,2) + 0,3 + (2 \times 1/4 \times 2/3 \times 3,33) = 3,810 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,401 \text{ m}$$

$$B_3 = B_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,630 \text{ m}$$

$$B_4 = B_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,250 \text{ m}$$

\* Mencari panjang Equivalent raft tiap lapisan tanah (L) :

$$L_1 = (3 \times 1,2) + 0,3 + (2 \times 1/4 \times 2/3 \times 3,33) = 5,01 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 8,60 \text{ m}$$

$$L_3 = L_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 17,8381 \text{ m}$$

$$L_4 = L_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 22,456 \text{ m}$$

Garis Equivalent raft terletak pada kedalaman dari permukaan tanah ( $D_1$ ) =  $7,67 + (2/3 \cdot D_b) = 9,890$  m, maka :

$$P_o' = \gamma_b \cdot 9,89 = 1,885 \times 9,89 = 18,6426 \text{ t/m}^2$$

Penurunan seketika (immediate settlement) dapat dicari dengan menggunakan persamaan 2.9 (hal. 23) :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_o \cdot \frac{q_n \cdot B}{E'}$$

dengan,

$$q_1 = \frac{P_{tot}}{B_1 \times L_1} - P_o = \frac{1328,230}{3,81 \times 5,01} - 18,6426$$

$$= 50,9400 \text{ t/m}^2 = 5,094 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_2 = \frac{P_{tot}}{B_2 \times L_2} - P_o = \frac{1328,2300}{7,401 \times 8,6011} - 18,6426$$

$$= 2,410 \text{ t/m}^2 = 0,2410 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai Modulus Young's ( $E'$ ) diambil :  $E' = 3,5 \cdot q_c$  (pers.

$$2.9), \text{ diperoleh : } E'_1 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$$

$$E'_2 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$$

Harga  $\mu_o$  dan  $\mu_1$  dapat dicari dengan gambar 2.10 (hal. 25),

$$\text{diperoleh : } \mu_{11} = 0,300 \text{ , } \mu_{12} = 0,240$$

$$\mu_{o1} = 0,610 \text{ , } \mu_{o2} = 0,660$$

Selanjutnya penyelesaian dapat ditabelkan sebagai berikut

ini :

Tabel 3.3 Hasil penurunan kelompok tiang type c formasi I

D (m)	B (m)	L (m)	$q_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu_1$	$\mu_0$	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Si (mm)	
9,89	3,81	5,01	5,094	0,300	0,610	322,0	11,031	
13,00	7,401	8,601	0,241	0,240	0,660	322,0	0,879	
21,00	16,63	17,83						
25,00	21,25	22,45						
$\Sigma Si = 11,909$								

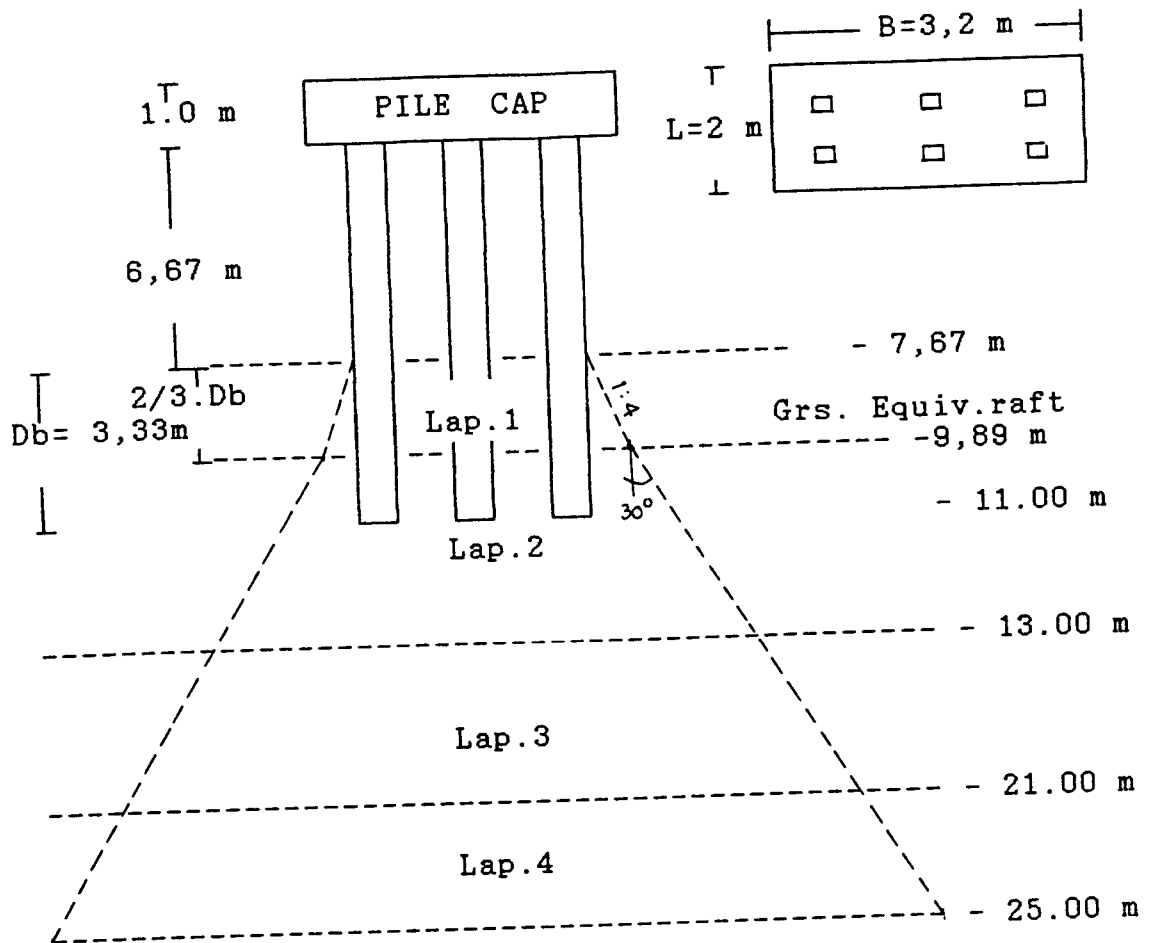
Jadi penurunan seketika (immediate settlement) yang terjadi sebesar 11,909 mm.

Analog untuk kelompok tiang type c dengan formasi dan kemiringan tiang berbeda dapat dilihat pada tabel 3.16 halaman 96.

3.7.1.d Menghitung penurunan kelompok tiang type d.

\* Beban yang bekerja termasuk akibat berat sendiri pondasi adalah 686,890 ton





Gambar 3.22 Penyebaran penurunan kelompok tiang type d

\* Mencari lebar Equivalent raft tiap lapisan tanah (B) :

$$B_1 = (2 \times 1,2) + 0,26646 + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 3,776 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,367 \text{ m}$$

$$B_3 = B_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,605 \text{ m}$$

$$B_4 = B_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,224 \text{ m}$$

\* Mencari panjang Equivalent raft tiap lapisan tanah (L) :

$$L_1 = (1,2 + 0,26646) + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 2,576 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 6,167 \text{ m}$$

$$L_3 = L_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 15,405 \text{ m}$$

$$L_4 = L_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 20,024 \text{ m}$$

Garis Equivalent raft terletak pada kedalaman ( $D_1$ ) dari permukaan tanah =  $7,67 + (2/3.D_b) = 9,890$  m , maka :  
 $p_{o'} = \gamma_b \cdot 9,890 = 1,885 \times 9,89 = 18,6426$  t/m<sup>2</sup>.  
 Maka penurunan seketika dapat dicari dengan persamaan 2.9 (hal. 23) :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_o \cdot \frac{q_n \cdot B}{E'}$$

dengan,

$$q_1 = \frac{P_{tot}}{B_1 \times L_1} - p_{o'} = \frac{686,890}{3,776 \times 2,576} - 18,6426$$

$$= 51,980 \text{ t/m}^2 = 5,1980 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_2 = \frac{P_{tot}}{B_2 \times L_2} - p_o = \frac{686,890}{7,367 \times 6,1671} - 18,6426$$

$$= -0,352 \approx 0$$

Nilai Modulus Young's ( $E'$ ) diambil :  $E' = 3,5 \cdot q_c$  (pers. 2.9), diperoleh :  $E'_1 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$   
 $E'_2 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$

Harga  $\mu_o$  dan  $\mu_1$  dapat dicari dengan gambar 2.10 (hal. 25), diperoleh :  $\mu_{11} = 0,440$  ,  $\mu_{12} = 0,280$

$$\mu_{o1} = 0,610 \text{ , } \mu_{o2} = 0,660$$

Selanjutnya penyelesaian dapat ditabelkan sebagai berikut ini :

Tabel 3.4 Hasil penurunan kelompok tiang type d formasi I

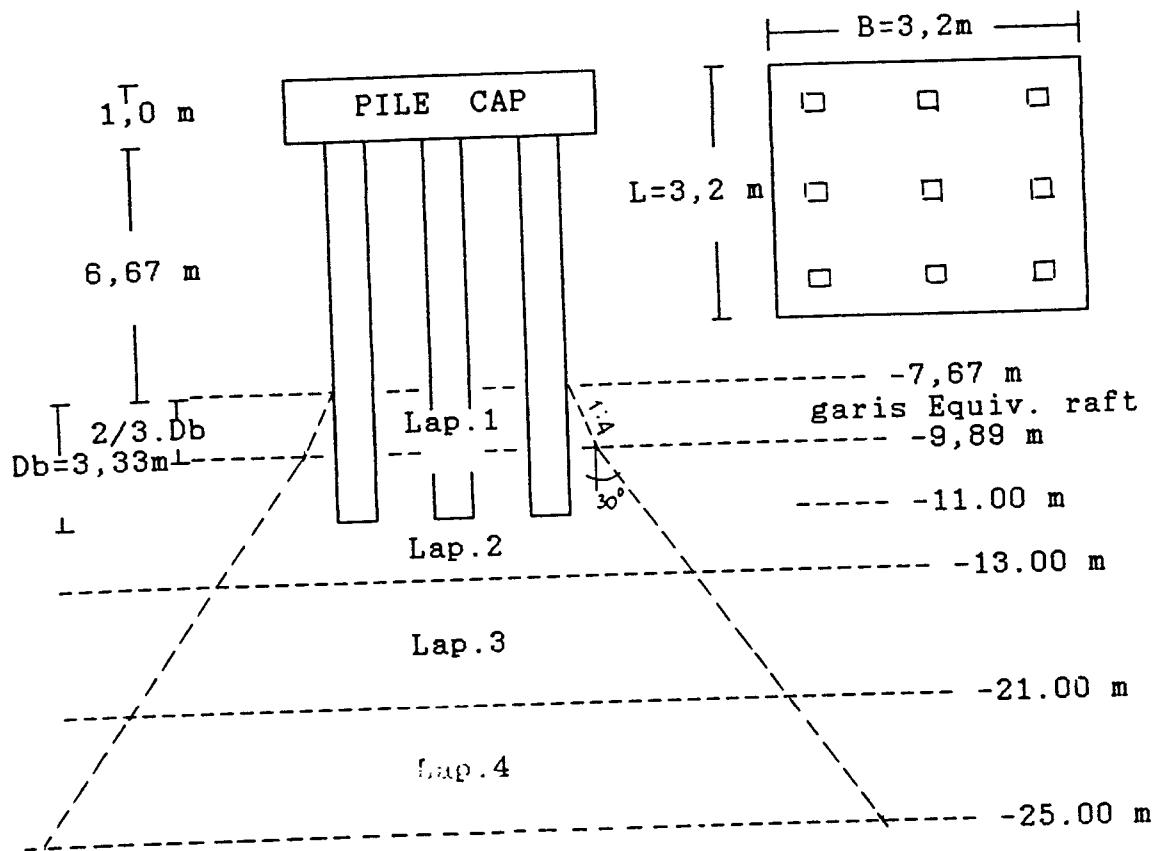
D (m)	B (m)	L (m)	$q_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu_1$	$\mu_0$	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	$S_i$ (mm)
9,89	3,776	2,576	5,198	0,440	0,610	322,0	16,360
13,00	7,367	6,167	0	0,280	0,660	322,0	0
21,00	16,60	15,40					
25,00	21,22	20,02					
						$\Sigma S_i = 16,360$	

Jadi penurunan seketika (immediate settlement) yang terjadi sebesar 16,360 mm.

Analog untuk kelompok tiang type d dengan formasi dan kemiringan tiang berbeda dapat dilihat pada tabel 3.17 halaman 97.

### 3.7.1.e Menghitung penurunan kelompok tiang type e.

\* Beban yang bekerja termasuk akibat berat sendiri pondasi adalah 987,740 ton



Gambar 3.23 Penyebaran penurunan kelompok tiang type e

\* Mencari lebar Equivalent raft tiap lapisan tanah (B) :

$$B_1 = (2 \times 1,2) + 0,26646 + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 3,776 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,367 \text{ m}$$

$$B_3 = B_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,605 \text{ m}$$

$$B_4 = B_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,224 \text{ m}$$

\* Mencari panjang Equivalent raft tiap lapisan tanah (L) :

$$L_1 = (2 \times 1,2) + 0,26646 + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 3,776 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,367 \text{ m}$$

$$L_3 = L_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,605 \text{ m}$$

$$L_4 = L_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,224 \text{ m}$$

Garis Equivalent raft terletak pada kedalaman ( $D_1$ )  
dari permukaan tanah =  $7,67 + (2/3 \cdot D_b) = 9,890 \text{ m}$  , maka :

$$p_{o'} = \tau b. 9,890 = 1,885 \times 9,89 = 18,6426 \text{ t/m}^2.$$

Maka penurunan seketika dapat dicari dengan persamaan 2.9

(hal. 23) :

$$s_i = \mu_1 \cdot \mu_o \cdot \frac{q_n \cdot B}{E'}$$

dengan,

$$\begin{aligned} q_1 &= \frac{P_{tot}}{B_1 \times L_1} - p_{o'} = \frac{987,740}{3,776 \times 3,776} - 18,6426 \\ &= 50,640 \text{ t/m}^2 = 5,0640 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \frac{P_{tot}}{B_2 \times L_2} - p_{o'} = \frac{987,740}{7,367 \times 7,367} - 18,6426 \\ &= -0,044 \text{ t/m}^2 \approx 0 \end{aligned}$$

Nilai Modulus Young's ( $E'$ ) diambil :  $E' = 3,5 \cdot q_c$  (pers.

2.9), diperoleh :  $E'_1 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$

$$E'_2 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$$

Harga  $\mu_o$  dan  $\mu_1$  dapat dicari dengan gambar 2.10 (hal. 25),

diperoleh :  $\mu_{11} = 0,440$  ,  $\mu_{12} = 0,280$

$$\mu_{o1} = 0,610 \text{ , } \mu_{o2} = 0,660$$

Selanjutnya penyelesaian dapat ditabelkan sebagai berikut

ini :

Tabel 3.5 Hasil penurunan kelompok tiang type e formasi I

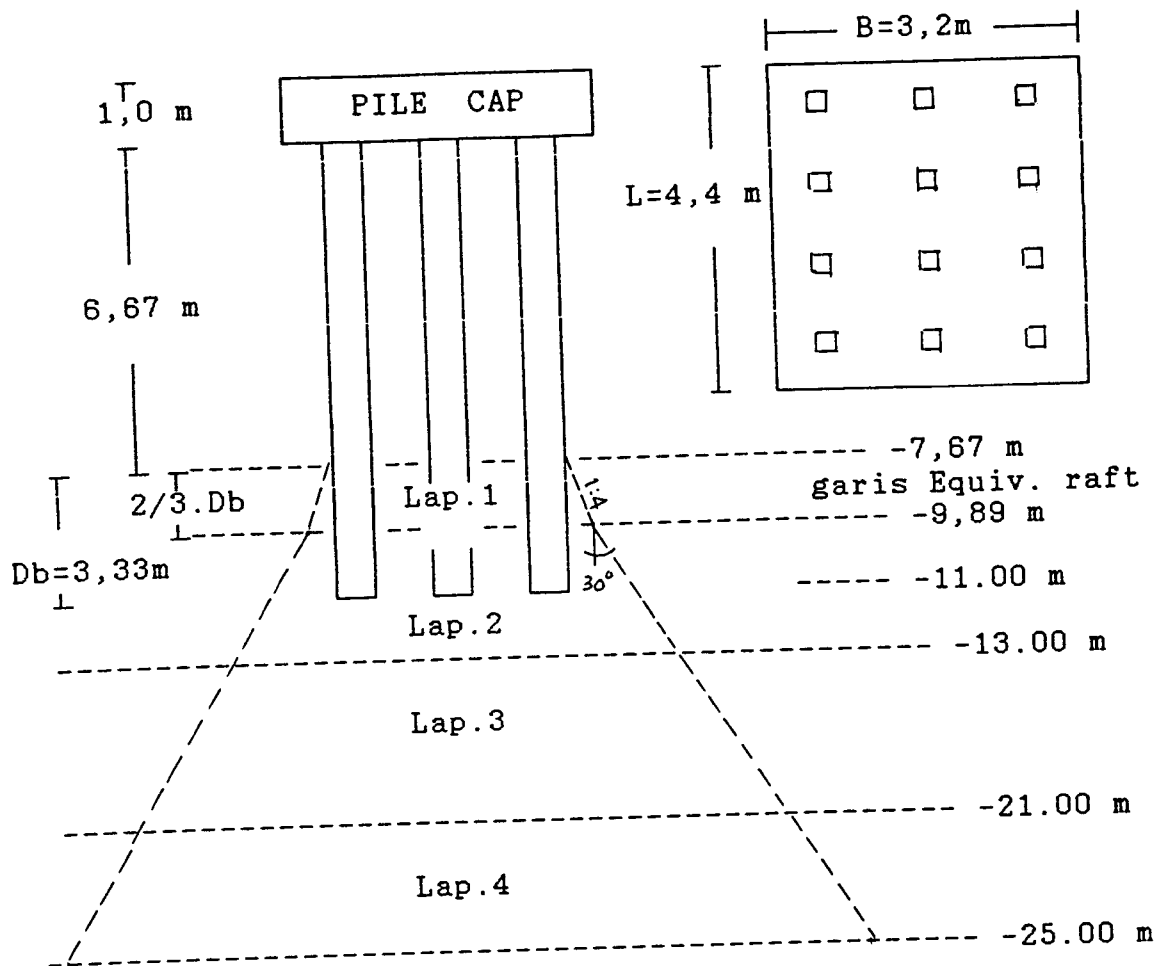
D (m)	B (m)	L (m)	$q_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu_1$	$\mu_0$	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Si (mm)
9,89	3,776	3,776	5,064	0,440	0,610	322,0	15,937
13,00	7,367	7,367	0	0,280	0,660	322,0	0
21,00	16,60	16,60					
25,00	21,22	21,22					
						$\Sigma Si = 15,937$	

Jadi penurunan seketika (immediate settlement) yang terjadi sebesar 15,937 mm.

Analog untuk kelompok tiang type e dengan formasi dan kemiringan tiang berbeda dapat dilihat pada tabel 3.18 halaman 98.

### 3.7.1.f Menghitung penurunan kelompok tiang type f.

\* Beban yang bekerja termasuk akibat berat sendiri pondasi adalah 1287,880 ton.



Gambar 3.24 Penyebaran penurunan kelompok tiang type f

\* Mencari lebar Equivalent raft tiap lapisan tanah (B) :

$$B_1 = (2 \times 1,2) + 0,26646 + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 3,776 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,367 \text{ m}$$

$$B_3 = B_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,605 \text{ m}$$

$$B_4 = B_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,224 \text{ m}$$

\* Mencari panjang Equivalent raft tiap lapisan tanah (L) :

$$L_1 = (3 \times 1,2) + 0,26646 + (2 \times \frac{1}{4} \times \frac{2}{3} \times 3,33) = 4,976 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 8,567 \text{ m}$$

$$L_3 = L_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 17,805 \text{ m}$$

$$L_4 = L_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 22,424 \text{ m}$$

Garis Equivalent raft terletak pada kedalaman ( $D_1$ ) dari permukaan tanah =  $7,67 + (2/3 \cdot D_b) = 9,890$  m , maka :  
 $P_{O'} = \tau_b \cdot 9,890 = 1,885 \times 9,89 = 18,6426$  t/m<sup>2</sup>.  
 Maka penurunan seketika dapat dicari dengan persamaan 2.9 (hal. 23) :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_0 \cdot \frac{q_n \cdot B}{E'}$$

dengan,

$$q_1 = \frac{P_{tot}}{B_1 \times L_1} - P_{O'} = \frac{1287,880}{3,776 \times 4,976} - 18,6426$$

$$= 49,900 \text{ t/m}^2 = 4,990 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_2 = \frac{P_{tot}}{B_2 \times L_2} - P_{O'} = \frac{1287,880}{7,367 \times 8,567} - 18,6426$$

$$= 1,770 \text{ t/m}^2 = 0,1770 \text{ kg/cm}^2$$

Nilai Modulus Young's ( $E'$ ) diambil :  $E' = 3,5 \cdot q_c$  (pers. 2.9), diperoleh :  $E'_1 = 3,5 \times 92 = 322$  kg/cm<sup>2</sup>

$$E'_2 = 3,5 \times 92 = 322 \text{ kg/cm}^2$$

Harga  $\mu_0$  dan  $\mu_1$  dapat dicari dengan gambar 2.10 (hal. 25), diperoleh :  $\mu_{11} = 0,440$  ,  $\mu_{12} = 0,280$

$$\mu_{01} = 0,610 \text{ , } \mu_{02} = 0,660$$

Selanjutnya penyelesaian dapat ditabelkan sebagai berikut ini :



Tabel 3.6 Hasil penurunan kelompok tiang type f formasi I

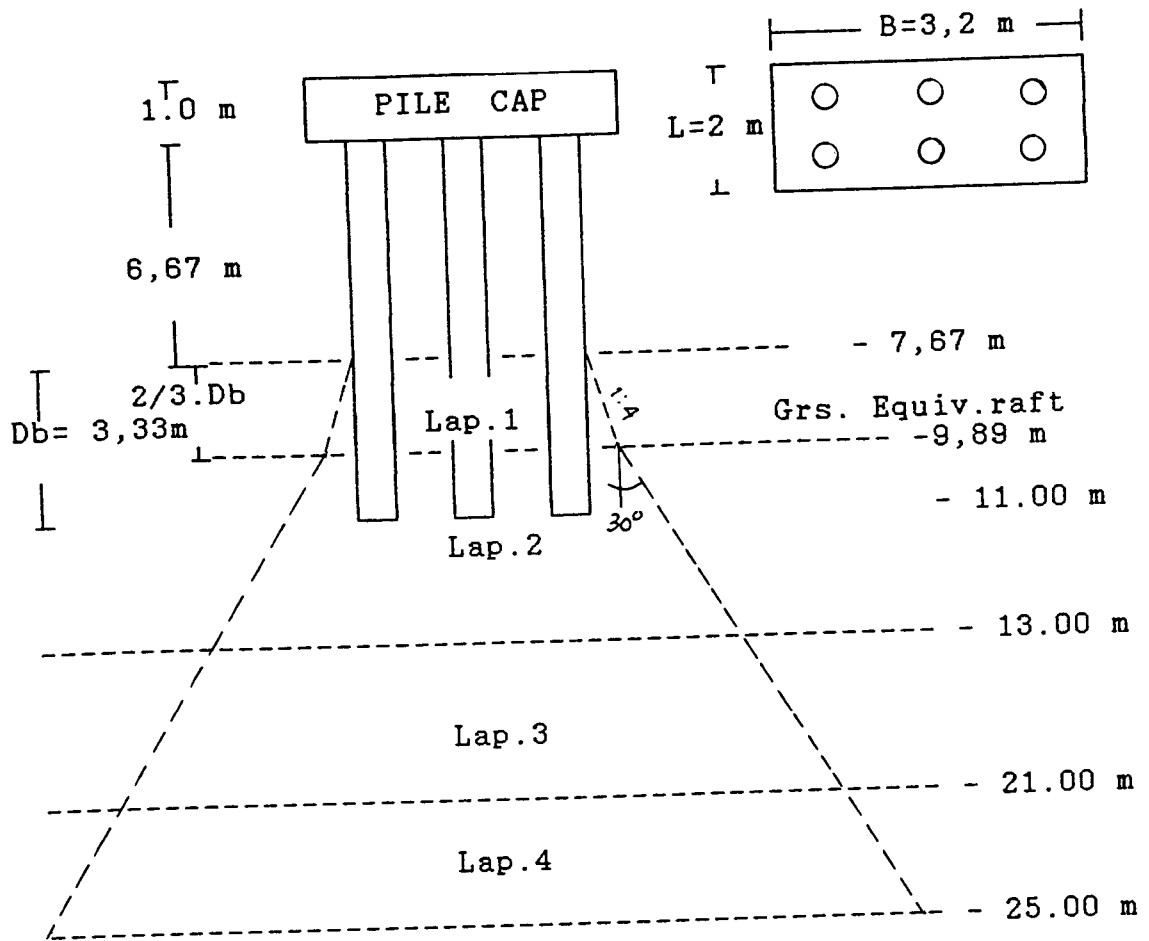
D (m)	B (m)	L (m)	$q_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu_1$	$\mu_0$	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Si (mm)
9,89	3,776	4,976	4,990	0,440	0,610	322,0	15,707
13,00	7,367	8,567	0,177	0,280	0,660	322,0	0,747
21,00	16,60	17,80	0	-	-	-	-
25,00	21,22	22,42	0	-	-	-	-
						$\Sigma Si = 16,454$	

Jadi penurunan seketika (immediate settlement) yang terjadi sebesar 15,454 mm.

Analog untuk kelompok tiang type f dengan formasi dan kemiringan tiang berbeda dapat dilihat pada tabel 3.19 halaman 99.

3.7.2 Berdasarkan beban total yang bekerja sama besar.

Diambil beban total termasuk berat sendiri pondasi sebesar 1000 ton, sebagai contoh hitungan diambil kelompok tiang type a.



Gambar 3.25 Penyebaran penurunan kelompok tiang type a dengan beban tetap

\* Mencari lebar Equivalent raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (2 \times 1,2) + (0,3) + (2 \times 1/4 \times 2/3 \times 3,33) = 3,81 \text{ m}$$

$$B_2 = B_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 7,401 \text{ m}$$

$$B_3 = B_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 16,638 \text{ m}$$

$$B_4 = B_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 21,256 \text{ m}$$

\* Mencari panjang Equivalent raft tiap lapisan tanah :

$$L_1 = (1 \times 1,2) + (0,3) + (2 \times 1/4 \times 2/3 \times 3,33) = 2,61 \text{ m}$$

$$L_2 = L_1 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 3,11) = 6,2011 \text{ m}$$

$$L_3 = L_2 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 8) = 15,4387 \text{ m}$$

$$L_4 = L_3 + (2 \times \text{tg } 30^\circ \times 4) = 20,0567 \text{ m}$$

Garis equivalent raft terletak pada kedalaman dari permukaan tanah ( $D_1$ ) =  $7,67 + (2/3 \cdot D_b) = 9,890$  m

maka,  $p_{o'} = \gamma_b \cdot 9,89 = 1,885 \times 9,89 = 18,6426$  t/m<sup>2</sup>

$D_2$  = Kedalaman lapis III dari permukaan tanah = 13 m

$D_3$  = Kedalaman lapis IV dari permukaan tanah = 21 m

$D_4$  = Kedalaman lapis V dari permukaan tanah = 25 m

Penurunan seketika dapat dicari dengan persamaan 2.9

(hal. 23) :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_o \cdot \frac{q_n \cdot B}{E'}$$

dengan,

$$q_1 = \frac{P_{tot}}{B_1 \times L_1} - p_{o'} = \frac{1000,00}{3,81 \times 2,61} - 18,6426$$

$$= 81,922 \text{ t/m}^2 = 8,1922 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_2 = \frac{P_{tot}}{B_2 \times L_2} - p_{o'} = \frac{1000,00}{7,401 \times 6,201} - 18,6426$$

$$= 3,150 \text{ t/m}^2 = 0,3150 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus Young's ( $E'$ ) diambil 1,5 - 3,5.  $q_c'$  (pers. 2.10),

$q_c'$  diperoleh dari data tanah terlampir, maka didapat :

$$E_1 = 3,5 \times q_c = 3,5 \times 92 = 322 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E_2 = 3,5 \times q_c = 3,5 \times 92 = 322 \text{ Kg/cm}^2$$

Harga  $\mu_1$  dan  $\mu_o$  dicari dengan gambar 2.10 (hal.25),

$$\text{didapat : } \mu_{o1} = 0,610 \text{ , } \mu_{o2} = 0,660$$

$$\mu_{11} = 0,300 \text{ , } \mu_{12} = 0,240$$

maka selanjutnya dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 3.7 Hasil penurunan kelompok tiang type a formasi I dengan beban tetap

D (m)	B (m)	L (m)	$q_n$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu_1$	$\mu_0$	E' (Kg/cm <sup>2</sup> )	Si (mm)	
9,89	3,81	2,61	8,1922	0,300	0,610	322,0	17,739	
13,00	7,401	6,201	0,3150	0,240	0,660	322,0	1,1470	
21,00	13,37	12,17	0	-	-			
25,00	17,37	16,17	0	-				
$\Sigma Si = 18,8850$								

Jadi penurunan seketika (*immediate settlement*) yang terjadi sebesar 18,8850 mm.

Analog untuk kelompok tiang type b, c, d, e, f, formasi I, II, III dan kemiringan 0°, 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, dapat dilihat pada tabel 3.20, 3.21, 3.22, 3.23, 3.24, 3.25 halaman 100 sampai dengan halaman 105.

### 3.8 Hasil Perhitungan dan Pembahasan

#### 3.8.1 Hasil perhitungan



Tabel 3.9 Hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang type b

Variabel	10°			20°			30°			40°			50°			60°			
	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	
h (m)	10	10		10	10		10	10		10	10		10	10		10	10		
Df(m)	9,848	197,66		9,397	188,64		8,660	173,81		7,660	144,39		6,4278	81,75		5,00	63,57		
G' t/m <sup>2</sup>	18,85	197,66		17,710	188,64		16,32	173,81		14,439	144,39		12,120	81,75		9,425	63,57		
G' t/m <sup>2</sup>	18,85	197,66		18,85	188,64		18,85	173,81		18,85	144,39		18,85	81,75		18,85	63,57		
k	1,5	197,66		1,5	188,64		1,5	173,81		0,7	144,39		0,7	81,75		0,7	63,57		
Nq	150	197,66		150	188,64		150	173,81		95	144,39		95	81,75		95	63,57		
φ°	38,875	197,66		38,875	188,64		38,875	173,81		36,625	144,39		36,625	81,75		36,625	63,57		
Formasi	I	II	III	II	III		II	III		II	III		II	III		II	III		
Jenis tiang	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	
Pbu (ton)	200,75	197,66	214,84	200,75	188,64	214,84	200,75	173,81	214,84	200,75	144,39	214,84	200,75	81,75	214,84	200,75	63,57	214,84	
Psu (ton)	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84
Pu (ton)	415,59	415,59	415,59	415,59	400,48	415,59	415,59	388,69	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59
Pall (ton)	138,53	137,50	138,53	138,53	134,49	138,53	138,53	129,56	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53
Eg	0,792	0,80	0,814	0,807	0,807	0,827	0,818	0,896	0,896	0,818	0,896	0,818	0,896	0,818	0,896	0,818	0,896	0,818	0,896
Jml. Tiang	9	3	3	6	3	3	6	3	3	6	3	3	6	3	3	6	3	3	6
D.Dukung (ton)	664,944	330,00	676,59	670,762	332,887	687,386	679,91	348,257	696,544	679,91	170,069	679,91	156,038	679,91	139,716	679,91	139,716	679,91	139,716
Daya Dukung total (ton)	987,4	994,944	1005,005	1003,649	1021,056	1028,167	1068,914	849,979	712,509	835,948	684,446	819,686	651,852						

Keterangan :  $\phi = 0,30 \text{ m}$ ,  $Ab = 0,0710 \text{ m}^2$ ,  $As = 9,425 \text{ m}^2$ ,  $\gamma t = 1,885 \text{ ton / m}^3$

Tabel 3.10 Hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang type c

Variabel	10°			20°			30°			40°			50°			60°			
	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	
h (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Df (m)	9,848	9,848	9,848	9,397	9,397	9,397	8,660	8,660	8,660	7,660	7,660	7,660	6,4278	6,4278	6,4278	5,00	5,00	5,00	5,00
$G_v/m^2$	18,85	18,85	18,85	17,710	17,710	17,710	16,32	16,32	16,32	14,439	14,439	14,439	12,120	12,120	12,120	9,425	9,425	9,425	9,425
$G'_t/m^2$	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85
k	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Nq	150	150	150	150	150	150	150	150	150	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
$\phi^o$	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	36,625	36,625	36,625	36,625	36,625	36,625	36,625	36,625	36,625	36,625
Formasi	I	II	III	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	II	III	IV	III
Jenis tiang	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak
Pbu (ton)	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75	200,75
Pbu (ton)	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84	214,84
Pu (ton)	415,59	415,59	415,59	403,48	403,48	403,48	388,69	388,69	388,69	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59	415,59
Pall (ton)	138,53	138,53	138,53	134,49	134,49	134,49	129,56	129,56	129,56	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53	138,53
Eg	0,779	0,788	0,788	0,795	0,795	0,795	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805	0,805
Jml. Tiang	12	8	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4	8
D. dukung (ton)	—	873,293	433,4	881,05	437,25	437,25	892,138	457,625	457,625	892,138	223,489	489,29	915,25	489,29	444,939	892,13	205,032	489,29	410,065
Daya dukung total (ton)	1294	1306,693	1321,899	1318,301	1343,30	1343,30	1349,764	1404,542	1404,542	1115,607	936,229	1097,162	899,355	1075,794	856,618	1075,794	856,618	856,618	856,618

Keterangan:  $\rho = 0,30$  m,  $A_b = 0,0710$  m<sup>2</sup>,  $A_s = 9,425$  m<sup>2</sup>,  $\gamma t = 1,885$  ton / m<sup>3</sup>





Tabel 3.12 Hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang type e

Variasi	10°			20°			30°			40°			50°			60°		
	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III
h (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Df (m)	9,848	9,397	8,660	8,660	7,660	6,4278	5,00	5,00	4,278	3,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\sigma_v$ t/m <sup>2</sup>	18,85	17,710	16,32	16,32	14,439	12,120	9,425	9,425	8,185	6,75	5,55	4,35	3,15	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$\sigma$ t/m <sup>2</sup>	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85
k	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Nq	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
$\phi$	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875
Formasi	I	II	III	II	III	III	II	III	III	II	III	III	II	III	III	II	III	III
Jenis tiang	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring	Tegak	Miring	Miring
P <sub>bu</sub> (ton)	200,75	197,66	197,66	200,75	189,64	188,64	200,75	173,81	173,81	200,75	173,81	173,81	200,75	173,81	173,81	200,75	173,81	173,81
P <sub>pu</sub> (ton)	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99	200,99
P <sub>u</sub> (ton)	443,74	440,693	440,693	443,74	433,63	431,63	443,74	416,8	416,8	443,74	416,8	416,8	443,74	416,8	416,8	443,74	416,8	416,8
P <sub>all</sub> (ton)	147,91	144,897	144,897	147,91	143,87	143,87	147,91	139,33	139,33	147,91	139,33	139,33	147,91	139,33	139,33	147,91	139,33	139,33
Eg	0,742	0,741	0,741	0,741	0,740	0,737	0,741	0,737	0,737	0,741	0,737	0,737	0,741	0,737	0,737	0,741	0,737	0,737
Jml. Tiang	9	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
D <sub>Dukung</sub> (ton)	664,932	590,959	597,87	664,932	591,884	584,965	664,932	583,02	583,02	664,932	583,02	583,02	664,932	583,02	583,02	664,932	583,02	583,02
Daya dukung total (ton)	987,74	997,44	1008,41	1014,34	1049,91	1112,536	1049,91	862,785	738,250	862,785	711,022	849,150	807,30	679,353	679,353	679,353	679,353	679,353

Keterangan : Dimensi tiang = (0,26646 x 0,26646) m, Ab = 0,0710 m<sup>2</sup>, As = 10,66 m<sup>2</sup>, δ t = 1,885 ton / m<sup>3</sup>

Tabel 3.13 Hasil perhitungan daya dukung kelompok tiang type f

Variabel	10			20			30			40			50			60		
	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III
h (m)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Df (m)	10	9,848	9,397	8,660	7,660	6,4278	5,00	3,6625	2,0	1,439	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$\bar{G}'/m^2$	18,85	18,560	17,710	16,32	14,439	12,120	9,425	6,625	4,0	2,885	1,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
$\bar{G}'/m^2$	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85	18,85
k	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Nq	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
$\phi^{\circ}$	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875	38,875
Formasi	I	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II
Jenis tiang	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III	Tegak	Miring	III
Pbu (ton)	200,75	197,66	188,64	200,75	198,64	188,64	200,75	197,66	188,64	200,75	197,39	188,64	200,75	197,39	188,64	200,75	197,39	188,64
Pau (ton)	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99	242,99
Pu (ton)	443,74	440,693	443,74	443,74	431,63	431,63	443,74	440,693	443,74	443,74	416,8	416,8	443,74	440,693	443,74	443,74	440,693	443,74
Pall (ton)	147,91	144,897	147,91	147,91	143,87	143,87	147,91	144,897	147,91	147,91	138,93	138,93	147,91	144,897	147,91	147,91	144,897	147,91
Eg	0,7256	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726	0,726
Jml. Tiang	12	8	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4	8	4	4
Daya dukung (ton)	870,894	432,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425	441,425
Daya dukung total (ton)	1237,86	1303,317	1318,040	1327,86	1342,186	1371,664	1455,622	1126,808	965,912	1108,996	930,289	1090,063	885,116	1090,063	885,116	1090,063	885,116	1090,063

Keterangan : Dimensi tiang = (0,26646 x 0,26646) m, Ab = 0,0710 m<sup>2</sup>, As = 10,66 m<sup>2</sup>,  $\bar{G}' = 1,885 \text{ ton/m}^3$

Tabel 3.7 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type a

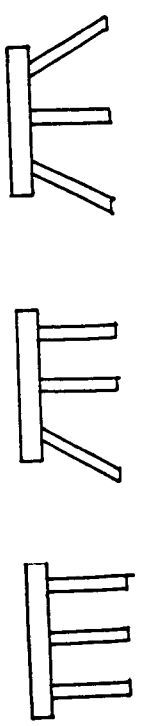
		10°			20°			30°			40°			50°			60°			
		Vertical	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III		
B (m)		3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	
L (m)		3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	
A (m <sup>2</sup> )		3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	3,81	7,401	2,61	6,201	9,944	45,823	
Formulasi tiang		I	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	III	
Beban V (ton)		6,9,910	6,78,150	4,9,56	0	0	0,300	6,73,830	6,66,70	732,990	706,510	586,130	456,360	558,50	499,5925	547,510	414,770	2,307	0	0,360
qn		4,9,73	4,9,56	0	0	0	4,9,12	4,841	5,507	0	0	0	2,725	3,752	3,1597	3,642	0	0	0	0
(kg/cm <sup>2</sup> )		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\mu_1$		0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300	0,300
$\mu_0$		0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240	0,240
		0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610
		0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
E <sup>1</sup>		3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
E <sup>2</sup>		3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22	3,22
(kg/cm <sup>2</sup> )		10,768	10,751	10,695	10,636	10,481	11,348	11,925	11,925	11,925	11,925	8,727	5,901	8,125	5,481	7,886	0	0	0	0
S <sub>i</sub> (mm)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S <sub>i</sub> total (mm)		10,768	10,731	10,695	10,636	10,481	11,348	11,925	11,925	11,925	8,727	5,901	8,125	5,481	7,886	0	0	0	0	0

Keterangan : po' = 18,6426 kg/cm<sup>2</sup>

Formasi : (I)

(II)

(III)









Tabel 3.11 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type e

		10°		20°		30°		40°		50°		60°	
Verifical													
B (m)	B1	3,776		3,776		3,776		3,776		3,776		3,776	
	B2	7,367		7,367		7,367		7,367		7,367		7,367	
L (m)	L1	3,776		3,776		3,776		3,776		3,776		3,776	
	L2	7,367		7,367		7,367		7,367		7,367		7,367	
A (m <sup>2</sup> )	A1	14,258		14,258		14,258		14,258		14,258		14,258	
	A2	54,272		54,272		54,272		54,272		54,272		54,272	
Formasi tiang		I	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II
Beban V (ton)		987,740	985,489	983,232	978,563	969,756	1049,910	1112,536	806,777	823,130	658,971	807,30	627,302
q <sub>fn</sub>	q <sub>u1</sub>	5,064	5,048	5,032	4,999	4,937	5,499	5,939	4,005	3,969	2,758	3,798	2,576
(kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>u2</sub>	0	0	0	0	0	0,071	0,186	0	0	0	0	0
μ <sub>1</sub>	μ <sub>11</sub>	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
	μ <sub>12</sub>	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
μ <sub>0</sub>	μ <sub>01</sub>	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610
	μ <sub>02</sub>	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
E <sub>v</sub>	E <sub>v1</sub>	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322
(kg/cm <sup>2</sup> )	E <sub>v2</sub>	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322
Si (mm)	Si1	15,937	15,888	15,838	15,735	15,540	17,310	18,692	12,605	12,304	8,680	11,954	7,981
	Si2	0	0	0	0	0	0,298	0,786	0	0	0	0	0
Si total (mm)		15,937	15,888	15,838	15,735	15,540	17,608	19,478	12,605	12,304	8,680	11,954	7,981

Keterangan : po' = 18 6126 kg/cm<sup>2</sup>

Tabel 3.12 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type f

		10°		20°		30°		40°		50°		60°	
Vertikal													
B (m)	B1	3,776		3,776		3,776		3,776		3,776		3,776	
	B2	7,367		7,367		7,367		7,367		7,367		7,367	
L (m)	L1	4,976		4,976		4,976		4,976		4,976		4,976	
	L2	8,567		8,567		8,567		8,567		8,567		8,567	
A (m <sup>2</sup> )	A1	18,789		18,789		18,789		18,789		18,789		18,789	
	A2	63,113		63,113		63,113		63,113		63,113		63,113	
Formasi tiang	I	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III	II	III
Beban V (ton)		1284,941	1282,001	1276,156	1264,430	1371,664	1455,622	1692,791	697,878	1074,945	862,185	1044,724	794,463
qn	qn1	4,975	4,959	4,928	4,865	5,436	5,883	3,953	4,779	5,721	2,725	3,696	2,364
(Kg/cm <sup>2</sup> )	qn2	0,172	0,167	0,158	0,139	0,309	0,442	0	0	0	0	0	0
$\mu_1$	$\mu_{11}$	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
	$\mu_{12}$	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
$\mu_0$	$\mu_{01}$	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610	0,610
	$\mu_{02}$	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660	0,660
E' (kg/cm <sup>2</sup> )	E'1	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322
	E'2	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322
Si (mm)	Si1	15,707	15,609	15,511	15,314	17,111	18,517	12,439	15,041	18,007	8,576	11,634	7,442
	Si2	0,747	0,707	0,668	0,589	1,308	1,870	0	0	0	0	0	0
Si Total (mm)		16,454	16,316	16,179	15,903	18,419	20,387	12,439	15,041	18,007	8,576	11,634	7,442

Keterangan :  $po' = 18,6426 \text{ kg/cm}^2$



Tabel 3.13 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type a dengan beban sama

Forma tiang	Vertikal	10°			20°			30°			40°			50°			60°		
		I	II	III	II	III	III	II	III	III	II	III	II	III	II	III	II	III	
B (m)	3,81	4,678	5,564	7,230	6,310	8,810	7,0239	10,238	8,810	12,4011	10,615	13,8291	11,470	15,0611	12,041	16,0611	8,130	12,470	
B2	7,401	8,269	9,1375	10,8211	9,900	12,4011	10,615	13,8291	12,4011	15,0611	13,8291	17,0611	15,0611	18,0611	16,0611	19,0611	12,041	16,0611	
L1	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	2,61	
L2	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	6,201	
A1	9,914	12,209	21,094	27,546	16,469	33,566	18,330	39,010	16,469	33,566	18,330	39,010	19,940	43,701	21,219	47,511	21,219	47,511	
A2	45,895	51,276	56,652	67,102	61,390	76,899	65,284	85,754	61,390	76,899	65,284	85,754	71,628	93,394	74,656	99,595	74,656	99,595	
Heban V (ton)	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	
qn	8,192	6,326	5,055	3,435	4,208	2,485	3,591	1,8780	2,485	1,8780	3,591	1,8780	3,151	1,476	2,849	1,208	2,849	1,208	
(kg/cm2)	0,315	0,065	0,065	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$\mu_{k1}$	0,300	0,290	0,250	0,20	0,210	0,180	0,200	0,160	0,180	0,160	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	
$\mu_{k0}$	0,240	0,28	0,220	0,20	0,210	0,180	0,200	0,160	0,180	0,160	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	
$L'$ (kg/cm2)	0,610	0,640	0,660	0,700	0,580	0,730	0,670	0,740	0,670	0,730	0,670	0,740	0,680	0,77	0,710	0,780	0,710	0,780	
$S_i$ (mm)	1,1470	0,427	0,330	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
$S_i$ total (mm)	18,885	17,4840	14,674	10,798	11,775	8,934	10,497	7,070	8,934	7,070	6,073	6,073	6,073	6,073	6,073	6,073	6,073	6,073	

Keterangan :  $po' = 18,6126 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 3. 14 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type b dengan beban sama

Formasi tiang	Vertikal	10°			20°			30°			40°			50°			60°					
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III			
B (m)	3,81	4,678	5,5464	5,520	7,220	6,310	8,810	7,0239	10,238	11,470	8,130	12,470	7,640	11,470	11,470	8,130	12,470	11,470	11,470	8,130	12,470	
	7,401	8,369	9,1375	9,111	10,8211	9,900	12,4011	10,615	13,8291	15,0611	12,041	16,0611	11,551	15,0611	15,0611	12,041	16,0611	15,0611	15,0611	12,041	16,0611	
L (m)	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81	3,81
	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401	7,401
A (m <sup>2</sup> )	14,5161	17,823	21,094	21,031	27,546	24,041	33,506	26,761	39,006	43,701	30,975	47,551	29,108	43,701	43,701	30,975	47,551	43,701	43,701	30,975	47,551	47,551
	54,7748	63,863	67,627	67,430	80,087	73,270	91,781	78,562	102,349	111,467	89,115	118,868	85,4890	111,467	111,467	89,115	118,868	111,467	111,467	89,115	118,868	118,868
Beban V (ton)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
qn (kg/cm <sup>2</sup> )	5,025	3,747	2,877	2,891	1,766	2,295	1,115	1,873	0,699	0,424	1,364	0,241	1,571	0,424	0,424	1,364	0,241	0,424	0,424	1,364	0,241	0,241
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M <sub>1</sub>	0,300	0,290	0,250	0,250	0,20	0,210	0,180	0,200	0,160	0,150	0,170	0,140	0,190	0,150	0,150	0,170	0,140	0,150	0,150	0,170	0,140	0,140
	0,240	0,28	0,220	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M <sub>0</sub>	0,610	0,640	0,660	0,670	0,700	0,680	0,730	0,670	0,740	0,77	0,710	0,780	0,680	0,77	0,77	0,710	0,780	0,77	0,77	0,710	0,780	0,780
	0,650	0,690	0,680	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E <sub>1</sub>	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322
	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322
E <sub>2</sub>	10,881	9,755	8,162	8,301	5,551	7,343	4,008	6,330	2,631	1,744	4,157	1,019	4,816	1,744	1,744	4,157	1,019	1,744	1,744	4,157	1,019	1,019
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Si total (mm)	10,8810	9,755	8,162	8,301	5,551	7,343	4,008	6,330	2,631	1,744	4,157	1,019	4,816	1,744	1,744	4,157	1,019	1,744	1,744	4,157	1,019	1,019

Keterangan :  $p_0' = 18,6426 \text{ kg/cm}^2$

Tabel 3.15 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type c dengan beban sama

Kategori tiang	Vertikal	10°			20°			30°			40°			50°			60°		
		I	II	III	II	III	III	II	III	III	II	III	III	II	III	III	II	III	
H (m)	3,81	4,678	5,5464	5,520	7,230	6,310	8,810	7,0239	10,238	7,640	11,470	8,130	12,470	12,041	16,0611	5,01	8,6011	8,6011	
L (m)	7,401	8,269	9,1375	9,111	10,8211	9,900	12,4011	10,615	13,8291	11,551	15,0611	5,01	8,6011	8,6011	12,041	5,01	8,6011	8,6011	
A (m <sup>2</sup> )	19,6881	23,437	27,787	27,655	36,220	31,613	44,138	35,190	51,292	38,276	57,465	5,01	8,6011	8,6011	40,731	5,01	8,6011	8,6011	
Beban V (ton)	63,6567	63,6567	78,592	63,6567	95,073	63,6567	106,663	63,6567	118,945	63,6567	129,542	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
q <sub>1</sub>	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
q <sub>2</sub>	3,375	2,407	1,741	1,752	0,837	1,259	0,402	0,978	0,086	0,748	0	0	0	0	0	0	0	0	
μ <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
μ <sub>11</sub>	0,300	0,290	0,250	0,250	0,30	0,210	0,180	0,200	0,160	0,190	0,150	0,170	0,140	0,170	0,150	0,170	0,140	0,140	
μ <sub>12</sub>	0,240	0,28	0,220	0,220	0,700	0,680	0,730	0,670	0,740	0,680	0,77	0,710	0,780	0,710	0,77	0,710	0,780	0,780	
μ <sub>01</sub>	0,610	0,640	0,660	0,670	0,700	0,680	0,730	0,670	0,740	0,680	0,77	0,710	0,780	0,710	0,77	0,710	0,780	0,780	
μ <sub>02</sub>	0,660	0,690	0,680	0,680	0,700	0,680	0,730	0,670	0,740	0,680	0,77	0,710	0,780	0,710	0,77	0,710	0,780	0,780	
E <sub>1</sub>	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	
E <sub>2</sub>	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	
S <sub>1</sub> (mm)	11,081	6,490	4,969	5,081	2,820	3,635	1,1145	2,859	0,324	2,295	0	0	0	0	0	0	0	0	
S <sub>2</sub>	0,879	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S <sub>1</sub> Total (mm)	11,909	6,490	4,969	5,081	2,820	3,635	1,1145	2,859	0,324	2,295	0	0	0	0	0	0	0	0	

Keterangan :  $p_0' = 18,6426 \text{ kg/cm}^2$



Tabel 3.17 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type e dengan beban sama

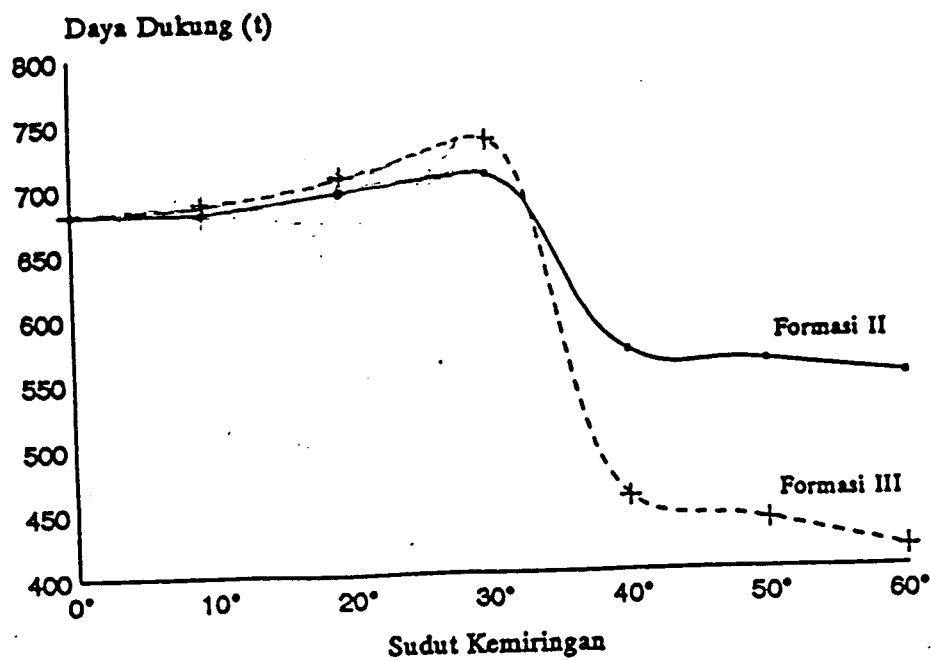
Kategori tiang	Verifical	10°			20°			30°			40°			50°			60°		
		I	II	III	II	III	III	II	III	III	II	III	II	III	II	III	II	III	
B (m)	3,776	4,645	5,512	5,486	7,196	6,276	8,77	6,999	10,204	10,204	11,436	8,106	11,436	11,436	8,106	11,436	11,436	8,106	
	7,367	8,336	9,103	9,077	10,787	9,867	12,361	10,590	13,795	13,795	15,027	11,597	15,027	15,027	11,597	15,027	15,027	11,597	
L (m)	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	3,776	
	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	7,367	
A (m <sup>2</sup> )	14,258	17,540	20,813	20,715	27,172	23,698	33,116	26,394	38,530	38,530	43,182	30,608	43,182	43,182	30,608	43,182	43,182	30,608	
	54,272	60,675	67,062	66,870	79,468	72,690	91,063	78,016	101,628	101,628	110,70	86,172	110,70	110,70	86,172	110,70	110,70	86,172	
Beban V (ton)	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	
qn	5,150	3,837	2,941	2,963	1,816	2,356	1,156	1,925	0,731	0,731	0,452	1,403	0,452	0,452	1,403	0,452	0,452	1,403	
(kg/cm <sup>2</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
A <sub>1</sub>	0,32	0,28	0,28	0,25	0,21	0,22	0,18	0,21	0,15	0,15	0,13	0,180	0,13	0,13	0,180	0,13	0,13	0,180	
A <sub>12</sub>	0,28	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A <sub>01</sub>	0,610	0,64	0,65	0,65	0,68	0,66	0,74	0,69	0,75	0,75	0,77	0,730	0,77	0,730	0,77	0,77	0,730	0,78	
A <sub>02</sub>	0,660	0,730	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
E <sub>1</sub>	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	
E <sub>2</sub>	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	
(kg/cm <sup>2</sup> )	11,789	9,919	9,163	8,195	5,795	6,466	4,194	6,055	2,606	2,606	1,607	4,641	1,607	1,607	4,641	1,607	1,607	4,641	
S <sub>1</sub> (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
S <sub>1</sub> total (mm)	11,789	9,919	9,163	8,195	5,795	6,466	4,194	6,055	2,606	2,606	1,607	4,641	1,607	1,607	4,641	1,607	1,607	4,641	

Keterangan :  $p_0' = 18.6126 \text{ kg/cm}^2$

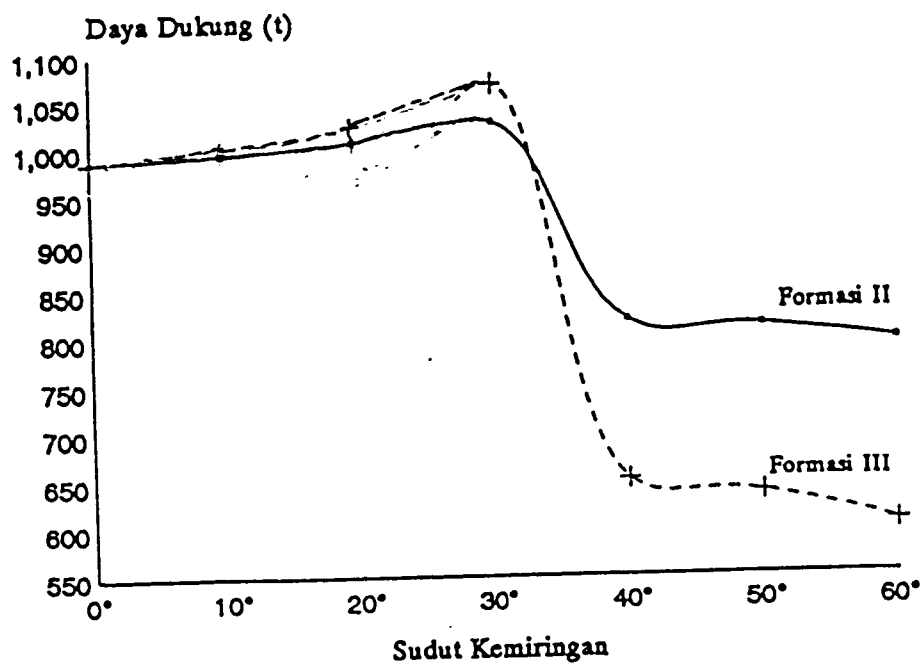
Tabel 3.18 Hasil perhitungan penurunan (settlement) kelompok tiang type f dengan beban sama

$\alpha^\circ$	Formasi tiang	Vertikal			10°			20°			30°			40°			50°			60°				
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
B (m)	B1	3,776	4,645	5,512	5,486	7,196	7,196	6,276	8,77	6,999	10,204	7,606	11,436	8,106	12,436									
	E2	7,357	8,236	9,103	9,077	10,787	10,787	9,867	12,361	10,590	13,795	11,197	15,027	11,697	16,027									
L (m)	L1	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976	4,976									
	L2	8,557	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567	8,567									
A (m <sup>2</sup> )	A1	18,789	3,114	27,428	27,298	35,807	35,807	31,229	43,639	34,782	50,775	37,847	56,906	40,335	61,882									
	A2	63,115	70,528	77,935	77,766	92,312	92,312	84,591	105,997	90,724	118,182	95,925	128,756	100,208	137,308									
Beban V (ton)		1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000									
q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	3,458	3,462	1,782	1,999	0,929	0,929	1,338	0,427	1,011	0,105	0,778	0	0,615	0									
(kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
$\mu_1$	$\mu_{11}$	0,32	0,28	0,23	0,25	0,21	0,21	0,22	0,18	0,21	0,15	0,20	0,13	0,180	0,11									
	$\mu_{12}$	0,28	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
$\mu_0$	$\mu_{01}$	0,610	0,64	0,65	0,65	0,68	0,68	0,66	0,74	0,69	0,75	0,70	0,77	0,730	0,78									
	$\mu_{02}$	0,660	0,59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-									
$E^*$ (kg/cm <sup>2</sup> )	E1	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322									
	E2	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322	322									
St (mm)	St1	7,916	6,364	5,552	4,981	3,965	3,672	3,672	1,549	3,180	0,378	2,573	0	2,094	0									
	St2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
St total (mm)		7,916	6,364	5,552	4,981	3,965	3,672	3,672	1,549	3,180	0,378	2,573	0	2,094	0									

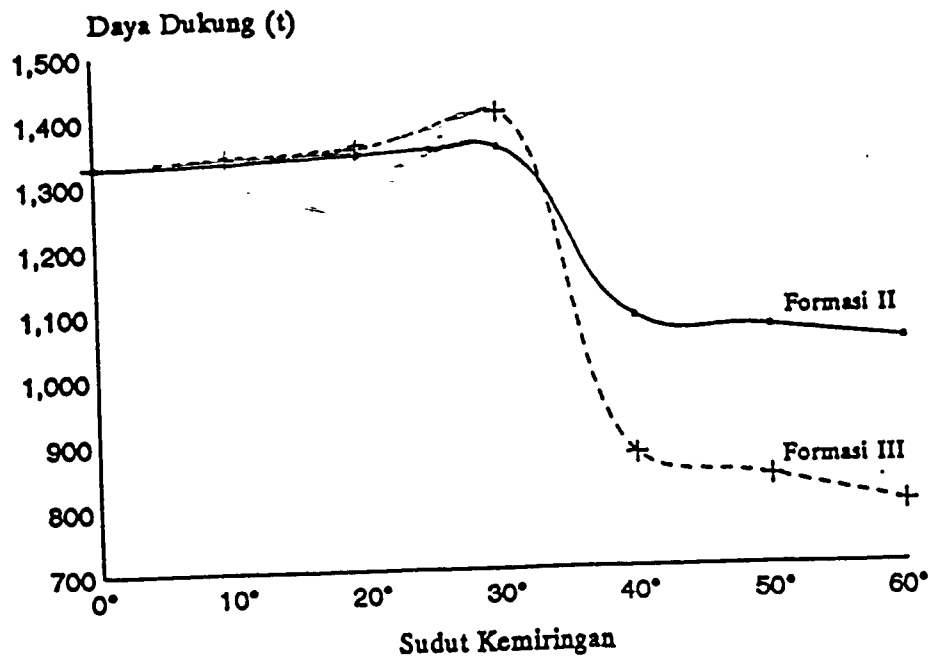
Keterangan :  $po' = 18,6126 \text{ kg/cm}^2$



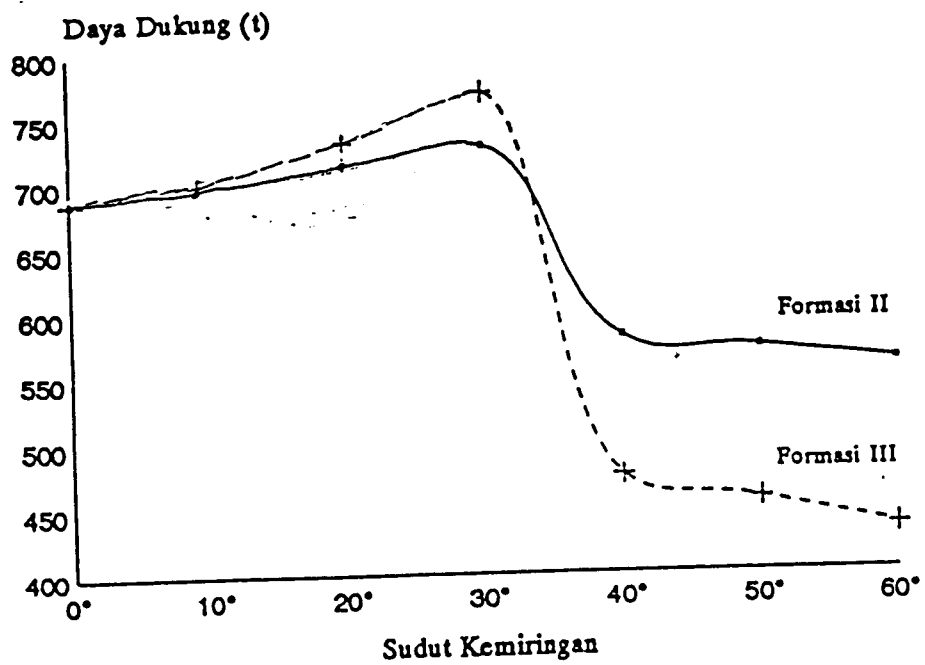
Grafik 3.1. Daya dukung ultimit kelompok tiang type a



Grafik 3.2. Daya dukung ultimit kelompok tiang type b

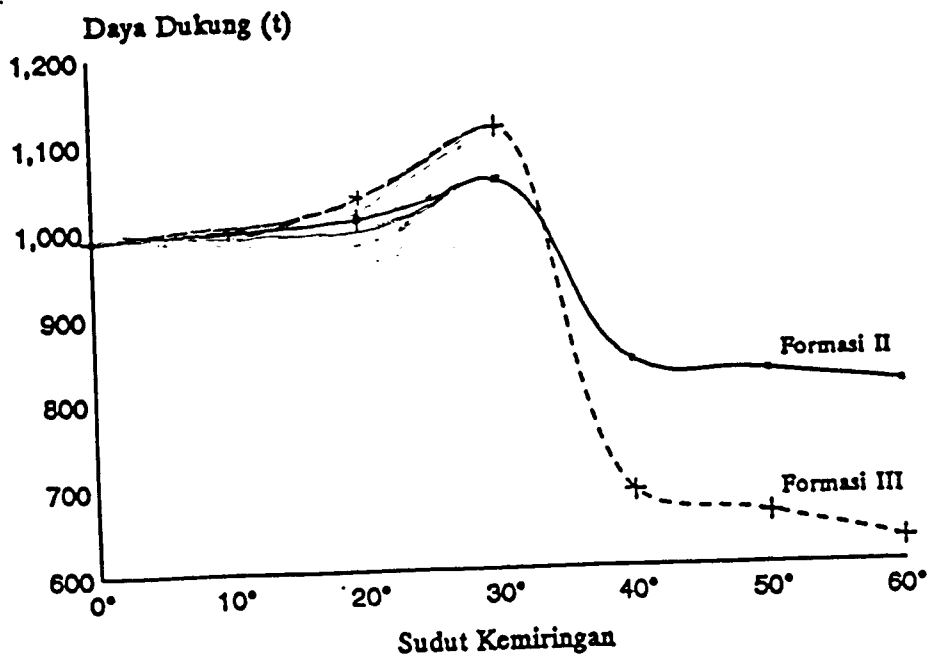


Grafik 3.3. Daya dukung ultimit kelompok tiang type c

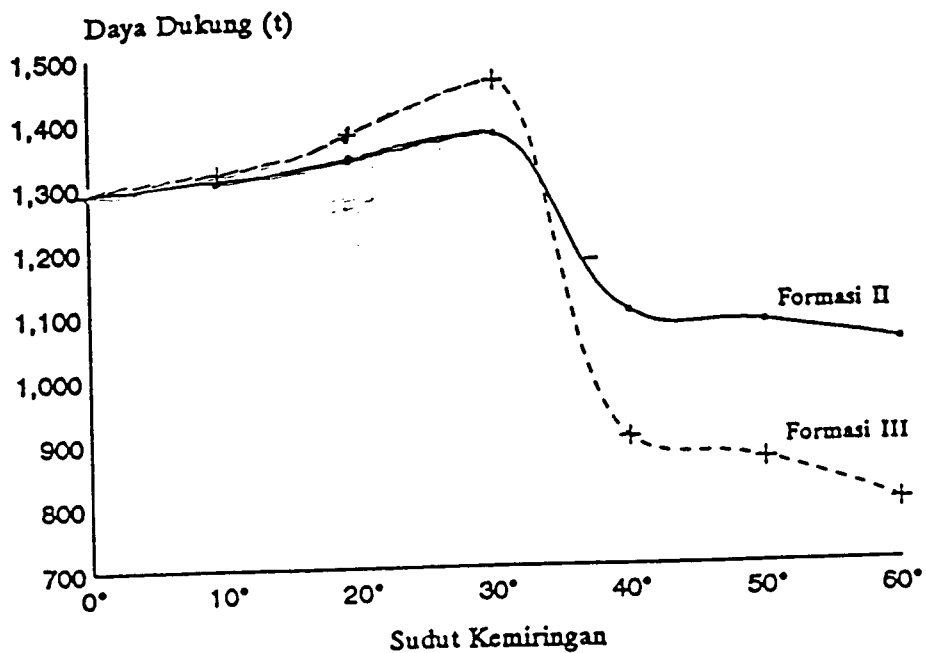


Grafik 3.4. Daya dukung ultimit kelompok tiang type d





Grafik 3.5. Daya dukung ultimit kelompok tiang type e



Grafik 3.6. Daya dukung ultimit kelompok tiang type f

### 3.8.2 Pembahasan

Dari hasil perhitungan yang telah diuraikan, antara tiang pancang berbentuk bulat dengan tiang pancang segiempat untuk dimensi dan formasi yang sama pada tiang pancang kelompok dapat dibandingkan :

- a. Besarnya daya dukung ultimate kelompok tiang antara formasi tiang tegak dengan tiang sebagian dimiringkan.
- b. Besarnya daya dukung ultimate kelompok tiang antara tiang berbentuk bulat dan tiang segiempat dengan formasi yang sama.
- c. Efisiensi kelompok tiang.
- d. Penurunan (*settlement*) kelompok tiang.

Dalam perhitungan terdapat variabel pembanding yang sama yaitu jumlah tiang, jarak antar tiang, panjang tiang, volume beton, data-data penyelidikan tanah, disamping batasan masalah maupun batasan parameter yang diambil.

#### 1. Besarnya daya dukung ultimate kelompok tiang

Analisa besarnya kemampuan dukung kelompok tiang dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui kemampuan dukung satu tiang. Besarnya kemampuan dukung satu tiang diperhitungkan berdasar kemampuan dukung ujung (*end bearing*) dan kemampuan dukung gesek (*friction*) dengan memperhatikan data tanah (N-SPT) dan kedalaman pondasi.

Hasil perhitungan yang telah diuraikan sebelumnya dapat diambil contoh untuk kelompok tiang type a dengan daya dukung ultimate kelompok tiang sebesar 679,9092 ton, kemudian tiang pada kolom 1 dimiringkan sebesar 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°. Masing-masing menghasilkan daya dukung sebesar 684,024 t, 689,757 t, 706,51 t, 584,109 t, 574,49 t, 563,366 t.

Bertambahnya daya dukung pada formasi tegak hingga kemiringan tiang  $30^\circ$  diakibatkan oleh semakin berkurangnya pengaruh tumpang-tindih (*overlapping*) tekanan tanah seiring dengan pertambahan jarak antar ujung tiang. Dan pengaruh intensitas tekanan tanah ini sudah tidak terjadi tumpang-tindih (*overlapping*) lagi pada kemiringan tiang sebesar  $30^\circ$ . Dengan pertimbangan sudut penyebaran tekanan tanah  $(\theta) = 14,036^\circ$  (tiang bulat), untuk panjang tiang  $(L_p) = 10$  m maka penyebaran tegangan tanah yang terjadi satu tiang adalah  $10 \times \tan 14,036^\circ = 2,5$  m. Untuk tiang yang dimiringkan  $30^\circ$ , jarak antar ujung tiang miring dengan ujung tiang tegak adalah  $(10 \times \tan 30^\circ) + 1,2 = 6,973$  m, sudah melebihi jarak minimum tidak terjadi tumpang-tindih tekanan tanah (5m). Karena sudah tidak terjadi tumpang-tindih tekanan tanah maka dalam perhitungan efisiensi group tiang miring dipisahkan dengan perhitungan efisiensi group tiang tegak. Sedangkan untuk kemiringan tiang  $40^\circ$  hingga  $60^\circ$  terjadi penurunan daya dukung, hal ini disebabkan oleh berkurangnya kedalaman dasar tiang miring terhadap permukaan tanah dan sudut gesek tanah  $(\phi')$  semakin kecil.

Demikian juga untuk kelompok tiang yang dimiringkan kolom 1 dan kolom 3 (formasi III) serta untuk type tiang yang lain.

b. Besarnya daya dukung ultimate kelompok tiang antara tiang bentuk bulat dan tiang bentuk segiempat dengan formasi yang sama.

Hasil perhitungan yang telah diuraikan sebelumnya dapat diambil contoh, kelompok tiang type a dengan daya dukung ultimate sebesar 679,9092 ton dan kelompok tiang

type d (bentuk segi empat) dengan daya dukung sebesar 686,890 ton untuk formasi I. Selisih besarnya daya dukung yang terjadi adalah  $686,890 - 679,9092 = 6,981$  ton, dalam prosentase selisih daya dukung tersebut adalah

$$\frac{6,981}{686,890} \times 100 \% = 1,0160 \%$$

Adanya selisih daya dukung ultimate yang terjadi disebabkan oleh luas bidang gesek tiang dengan tanah untuk tiang bentuk segi empat lebih besar dibandingkan dengan tiang bentuk bulat.

c. Efisiensi kelompok tiang.

Faktor yang berpengaruh dalam menghitung efisiensi group tiang adalah jarak antar tiang, jumlah tiang, bentuk tiang.

Besarnya efisiensi satu tiang dalam kelompok tiang menunjukkan tingkat penggunaan atau kapasitas dari tiang dalam menahan beban. Untuk tiang segiempat dengan diagonal sebesar 37,6632 cm menghasilkan  $\theta = 17,4337^\circ$  dan tiang bulat dengan diameter (D) = 30 cm menghasilkan  $\theta = 14,0362^\circ$ . Dari hasil perhitungan yang telah diuraikan sebelumnya sebagai contoh diambil kelompok tiang type a diperoleh efisiensi group sebesar 0,818 dan type d sebesar 0,774.

d. Penurunan kelompok tiang.

Analisa besarnya penurunan (*settlement*) yang terjadi pada kelompok tiang dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui data lapisan tanah, beban yang bekerja, bentuk

tiang dan dimensi pondasi.

Hasil perhitungan penurunan berdasarkan beban ultimate masing-masing formasi kelompok tiang yang telah diuraikan sebelumnya dapat diambil contoh kelompok tiang type a dengan jumlah tiang 6 buah, pada formasi tiang tegak dengan beban yang bekerja sebesar 679,9104 ton akan mengalami penurunan sebesar 10,768 mm. Untuk kelompok tiang type d dengan jumlah tiang 6 buah, pada formasi tiang tegak dengan beban yang bekerja sebesar 686,890 ton mengalami penurunan sebesar 16,360 mm. Bertambahnya penurunan (*settlement*) yang terjadi pada tiang berbentuk segiempat diakibatkan beban total yang bekerja pada pondasi semakin besar, sedangkan lebar equivalent raft (B) lebih kecil dibandingkan bentuk bulat.

Hasil perhitungan penurunan berdasarkan beban total yang sama besar, untuk kelompok tiang yang terdiri 6 buah tiang didapat 4,673 mm dan 7,075 mm masing-masing untuk bentuk tiang bulat dan segiempat. Selisih penurunan yang terjadi antara tiang segiempat dengan bulat adalah  $7,075 - 4,673 = 2,402$  mm, dalam prosentase selisih penurunan tersebut adalah

$$\frac{2,402}{7,075} \times 100\% = 33,95 \%$$

## **BAB IV**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **4.1 Kesimpulan**

Dari analisa hitungan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil perhitungan daya dukung ultimit kelompok tiang dengan volume beton dan kondisi tanah yang sama maka bentuk tiang segiempat lebih besar daripada bentuk bulat.
2. Berdasarkan data tanah yang ada untuk interval kemiringan tiang  $10^\circ$  daya dukung ultimit untuk formasi yang ada, terbesar terjadi pada kemiringan tiang  $30^\circ$ .
3. Semakin banyak jumlah baris dan kolom dalam kelompok tiang akan semakin kecil efisiensi groupnya.
4. Dengan beban total yang sama penurunan kelompok tiang akan lebih kecil bila jumlah tiang bertambah.
5. Penurunan kelompok tiang dengan volume beton yang sama, beban total yang sama dan formasi yang sama, bentuk tiang segiempat akan lebih besar dibandingkan bentuk bulat.

#### **4.2. Saran**

Melihat dari analisa ini terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan :

1. Perlu diadakan perhitungan yang lebih teliti dengan interval kemiringan tiang yang lebih kecil.

2. Perlu diadakan perhitungan yang lebih teliti untuk kondisi tanah dan bentuk tiang yang lebih bervariasi, sebagai pembanding atas perhitungan yang sudah dilakukan.
3. Perlu adanya program komputer untuk mempercepat proses perhitungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J, E, "Analisis dan Desain Pondasi" edisi 4, Jilid 2, Erlangga, Jakarta (1991),
- Cernica, J, N, "Foundation Design", John Wiley and Sons Inc (1995),
- Craig, R,F, "Mekanika Tanah" edisi 4, Erlangga, Jakarta (1989),
- Das, M, Braja, "Mekanika Tanah",Jilid 1, Erlangga, Jakarta (1988),
- Davis, E, H and Poulos, H, G, "Pile Foundation Analysis and Design", John Wiley and Sons, New York (1980),
- Dunn, I.S, Anderson, L.R, and Kiefer, F.W, "Dasar-Dasar Analisis Geoteknik", IKIP Semarang Press, Semarang (1992),
- Nayak, N,V, "Foundaation Design Manual", Nai Sarak, New Delhi (1982),
- Pradoto, S, "Teknik Pondasi", Pustaka Gramedia, Jakarta (1989),
- Sardjono, HS, Ir, "Pondasi tiang pancang", Jilid 1, Sinar Wijaya, Surabaya (1988),
- Sardjono, HS, Ir, "Pondasi tiang pancang", Jilid 2, Sinar Wijaya, Surabaya (1988),
- Sosrodarsono, S, Dr, Ir, "Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi",Pradnya Paramita, Jakarta (1990),
- Suryolelono Basah, K, "Teknik Pondasi", Jilid 2, Nafiri, Yogyakarta (1994),



*LAMPIRAN - LAMPIRAN*