

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI**  
**KAPASITAS DUKUNG PONDASITIANGPANCANG**  
**ANTARA METODE MEYERHOF DENGAN**  
**METODE TOMLINSON**



*disusun oleh :*

**Nama** : Iin Oktavianti  
**No. Mhs.** : 92 310 251  
**Nirm.** : 92 0051013114120 251

**Nama** : Asmaheni  
**No. Mhs.** : 92 310 331  
**Nirm.** : 92 0051013114120 330

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

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*.....Katakanlah : " Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui ?" Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran.  
( Q.S. Az -Zumar : 9 )*

*.....Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu beberapa derajat .....  
( Q.S. Al - Mujaadilah : 1 )*

*Barang siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.  
( H.R. Muslim dari Abu Hurairah, r.a. )*

*Ilmu dinilai bermanfaat bila disertai dengan amal. Yang paling bodoh adalah manusia bodoh yang tidak berusaha menambah ilmunya, yang paling pandai adalah manusia mengandalkan diri pada ilmunya, dan yang paling utama ialah manusia yang bertakwa  
( Sufyan at-Tsauri )*

*Karya ini kupersembahkan ....*

*Untuk menghapus sebagian kecil Keringat dan Air mata  
Papa dan Mama tercinta ....*

*Untuk Kakak dan Adik-adikku tersayang,  
serta tambatan hati terkasih...*

*... Terima kasih atas segala Cinta dan dorong motivasi  
yang telah dicurahkan selama ini...*

**LEMBAR PENGESAHAN**  
**TUGAS AKHIR**  
**STUDI KOMPARASI**  
**KAPASITAS DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG**  
**ANTARA METODE MEYERHOF DENGAN**  
**METODE TOMLINSON**

*disusun oleh :*

Nama : Iin Oktavianti  
No.Mhs. : 92 310 251  
Nirm. : 92 0051013114120 251

Nama : Asmaheni  
No.Mhs. : 92 310 331  
Nirm. : 92 0051013114120 330

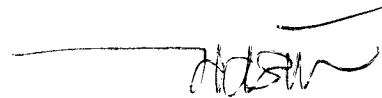
Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ir. A. Halim Hasmar, MT.

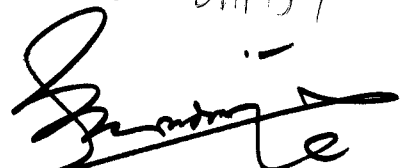
Dosen Pembimbing

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS.

Dosen Pembimbing



Tanggal : 19/11/97



Tanggal : 18/11/97

## PRAKATA

*Bismillaabirrabmaanirrahiim.*

*Assalamu 'alaikum W/r. W/b.*

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat rahmat dan hidayah-Nya serta shlawat dan salam semoga dilimpahkan selalu kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW, keluarga dan para sahabatnya beserta seluruh pengikutnya sampai hari akhir zaman. Alhamdulillah, Tugas Akhir yang berjudul **STUDI KOMPARASI KAPASITAS DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG ANTARA METODE MEYERHOF DENGAN METODE TOMLINSON** telah dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Tugas Akhir merupakan syarat dalam menempuh jenjang strata satu di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Tugas Akhir ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat mengembangkan ilmu dan penalaran dari pendidikan yang telah diterima selama menjalani kuliah serta menerapkannya sesuai dengan kenyataan-kenyataan di lapangan yang saat sekarang sangat dibutuhkan. Dengan demikian proses “Link and Match” atau hubungan yang berkelanjutan antara perguruan tinggi dan dunia konstruksi dapat terjalin dengan baik. Setelah mahasiswa menyelesaikan Tugas Akhir sebagai karya ilmiah diharapkan dapat memperoleh bekal dan

Selama mengerjakan Tugas Akhir, penyusun telah banyak mendapat bantuan, bimbingan serta pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karenanya, pada kesempatan ini perkenankanlah penyusun menyampaikan terima kasih terutama 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 dan selaku Dosen Penguji Tugas Akhir dalam Sidang Pendadaran.
3. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. A. Halim Hasmar, MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan selaku Dosen Penguji.
5. Bapak Ir. Ibnu Sudarmadji, MS., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir dan selaku Dosen Penguji.
6. Bapak, Ibu, kakak-kakak dan adik yang selalu memberi semangat, dorongan dan dukungan baik moril maupun materiil.
7. Rekan-rekan seprofesi yang memberi masukan dan saran sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

8. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhirnya, besar harapan penulis semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri dan bagi semua pihak yang membutuhkannya. Kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan bagi kesempurnaan dan kemajuan ilmu pengetahuan teknik sipil khususnya dilingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia di masa mendatang.

*Wabillahi taufik walhidayah ,*

*Wassalamu 'alaikum W/r. W/b.*

Yogyakarta, Oktober 1997

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
PRAKATA .....	iv
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR NOTASI .....	xiii
INTISARI .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	1
1.3 Keaslian .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Tujuan .....	2
1.6 Metode Penelitian .....	2
1.7 Batasan Masalah .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Umum .....	7
2.2 Tanah .....	7
2.3 Kapasitas Dukung Tanah .....	8
2.4 Pondasi .....	8
2.5 Pondasi Tiang Kelompok .....	10

2.5.1 Jarak Antara Tiang Pancang (“Pile Spacing”) Kelompok (“Pile Group”) .....	10
2.5.2 Effisiensi Tiang Kelompok (“Pile Group Efficiency”) .....	10
2.5.3 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang .....	12
2.5.4 Distribusi Gaya Kelompok Tiang .....	13
2.6 Penurunan (“Settlement”) .....	14
2.6.1 Penurunan Seketika (“Immediate Settlement”) Pondasi Tiang .....	14
2.6.2 Penurunan Konsolidasi (“Consolidation Settlement”) Pondasi Tiang .....	16
2.7 Analisis Kapasitas Dukung menurut Teori Meyerhof .....	17
2.7.1 Kapasitas Dukung Ujung .....	18
2.7.2 Kapasitas Dukung Friksi .....	20
2.8 Analisis Kapasitas Dukung menurut Teori Tomlinson .....	21
2.8.1 Kapasitas Dukung Ujung .....	21
2.8.2 Kapasitas Dukung Friksi .....	22

### BAB III PERENCANAAN KAPASITAS DUKUNG

DENGAN METODE MEYERHOF .....	24
3.1 Umum .....	24
3.2 Data Perencanaan .....	24
3.2.1 Data Karakteristik Tanah .....	24
3.2.2 Data Karakteristik Tiang Pancang .....	25
3.3 Perhitungan Kapasitas Dukung dengan Metode Meyerhof .....	25
3.3.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal .....	25
3.3.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok .....	28
3.4 Perhitungan Penurunan (“Settlement”) .....	34
3.4.1 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Tunggal .....	34



3.4.2 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Kelompok .....	42
<b>BAB IV PERENCANAAN KAPASITAS DUKUNG</b>	
<b>DENGAN METODE TOMLINSON .....</b>	<b>73</b>
4.1 Umum .....	73
4.2 Data Perencanaan .....	73
4.2.1 Data Karakteristik Tanah .....	73
4.2.2 Data Karakteristik Tiang Pancang .....	73
4.3 Perhitungan Kapasitas Dukung dengan Metode Tomlinson .....	74
4.3.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal .....	74
4.3.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok .....	79
4.4 Perhitungan Penurunan (“Settlement”) .....	86
4.4.1 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Tunggal .....	86
4.4.2 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Kelompok .....	94
<b>BAB V PEMBAHASAN .....</b>	<b>124</b>
5.1 Umum .....	124
5.2 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan	
Metode Meyerhof .....	124
5.3 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan	
Metode Tomlinson .....	126
5.4 Penurunan Pondasi Tiang Pancang .....	128
5.5 Komparasi Hasil Perhitungan .....	130
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>131</b>
6.1 Kesimpulan .....	131
6.2 Saran-saran .....	132
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>133</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Alir Pengerjaan .....	3
Gambar 1.2	Tiang Tunggal .....	5
Gambar 1.3	Tiang Kelompok 2x2.....	5
Gambar 1.4	Tiang Kelompok 3x3 .....	5
Gambar 1.5	Tiang Kelompok 4x4.....	6
Gambar 1.6	Tiang Kelompok 5x5.....	6
Gambar 2.1	Skematik Mobilisasi Tekanan yang Digambarkan dalam Bentuk Diagram Tegangan Keruntuhan Berupa Gelembung (“Bulb Pressure”) (Skemton) .....	11
Gambar 2.2	Faktor Pemampatan untuk Penurunan Seketika (menurut Janbu, Bjerrum, Kjaernsli,1957) .....	15
Gambar 2.3	Penentuan Angka Kedalaman Kritis .....	20
Gambar 2.4	Harga $\alpha$ menurut Tomlinson.....	23
Gambar 3.1	Penurunan Tiang Tunggal, $L/d > 15$ .....	35
Gambar 3.2	Penurunan Tiang Tunggal, $L/d < 15$ .....	38
Gambar 3.3	Penurunan Tiang 2x2, $L/d < 15$ .....	43
Gambar 3.4	Penurunan Tiang 3x3, $L/d < 15$ .....	47
Gambar 3.5	Penurunan Tiang 4x4, $L/d < 15$ .....	52
Gambar 3.6	Penurunan Tiang 5x5, $L/d < 15$ .....	57
Gambar 3.7	Penurunan Tiang 2x2, $L/d > 15$ .....	61
Gambar 3.8	Penurunan Tiang 3x3, $L/d > 15$ .....	64
Gambar 3.9	Penurunan Tiang 4x4, $L/d > 15$ .....	67
Gambar 3.10	Penurunan Tiang 5x5, $L/d > 15$ .....	70
Gambar 4.1	Penurunan Tiang Tunggal, $L/d > 15$ .....	87
Gambar 4.2	Penurunan Tiang Tunggal, $L/d < 15$ .....	90

Gambar 4.3	Penurunan Tiang 2x2, $L/d < 15$ .....	95
Gambar 4.4	Penurunan Tiang 3x3, $L/d < 15$ .....	99
Gambar 4.5	Penurunan Tiang 4x4, $L/d < 15$ .....	103
Gambar 4.6	Penurunan Tiang 5x5, $L/d < 15$ .....	108
Gambar 4.7	Penurunan Tiang 2x2, $L/d > 15$ .....	112
Gambar 4.8	Penurunan Tiang 3x3, $L/d > 15$ .....	115
Gambar 4.9	Penurunan Tiang 4x4, $L/d > 15$ .....	118
Gambar 4.10	Penurunan Tiang 5x5, $L/d > 15$ .....	121
Gambar 5.1	Grafik Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dengan Metode Meyerhof .....	125
Gambar 5.2	Grafik Kapasitas Dukung Tiang Kelompok dengan Metode Meyerhof .....	126
Gambar 5.3	Grafik Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dengan Metode Tomlinson .....	127
Gambar 5.4	Grafik Kapasitas Dukung Tiang Kelompok dengan Metode Tomlinson .....	125
Gambar 5.5	Penurunan Tiang Tunggal .....	129
Gambar 5.6	Penurunan Tiang Kelompok .....	129
Gambar 5.7	Grafik Komparasi Hasil Perhitungan Metode Meyerhof dengan Metode Tomlinson.....	130

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor Kapasitas Dukung menurut Meyerhof .....	19
-----------	--	----

## DAFTAR NOTASI

$Q_{ult}$	=	Kapasitas dukung ultimit pondasi tiang pancang
$Q_e$	=	Kapasitas dukung ujung pondasi tiang pancang
$Q_f$	=	Kapasitas dukung friksi/gesekan pondasi tiang pancang
$C$	=	Kohesi
$\phi$	=	Sudut gesek internal
$\gamma_b$	=	Berat volume basah
$w$	=	Kadar Air
$S$	=	Jarak antar tiang
$d$	=	Diameter tiang
$m$	=	Banyak baris dalam tiang
$n$	=	Banyak tiang dalam baris
$E_g$	=	Effisiensi kelompok tiang
$Q_{ug}$	=	Kapasitas dukung maksimum kelompok tiang
$S_t$	=	Penurunan total
$S_i$	=	Penurunan seketika
$q_n$	=	Tekanan neto pondasi
$B$	=	Lebar ekuivalen dari bentuk pondasi yang fleksibel
$\mu_1$	=	Fungsi dari $\frac{H}{B}$ dan $\frac{L}{B}$
$\mu_0$	=	Fungsi dari $\frac{D}{B}$ dan $\frac{L}{B}$
$H$	=	Kedalaman dari lapisan tanah
$L$	=	Panjang tiang
$S_c$	=	Penurunan konsolidasi

- $C_c$  = Compression index  
 $e_o$  = Void ratio awal  
 $P_o$  = Tekanan efektif sebelum ada pondasi  
 $\Delta p$  = Tegangan efektif akibat pembebanan  
 $A_p$  = Luas penampang tiang pancang  
 $N_c'$  = Faktor daya dukung  
 $N_q'$  = Faktor daya dukung  
 $\bar{q}$  = Effective overburden pressures  
 $\eta$  = Faktor menurut Meyerhof  
 $\bar{q}_c$  = Nilai data CPT tanah  
 $A_s$  = Luas selimut tiang pancang  
 $N_c$  = Faktor daya dukung  
 $N_q$  = Faktor daya dukung  
 $K_o$  = Koefisien saat kondisi diam  
 $OCR$  = Over consolidation ratio  
 $\delta$  = sudut gesek efektif antara tanah dan material tiang  
 $\alpha$  = Faktor adhesi yang merupakan fungsi dari kohesi atau hasil undrained shearing strength

## GNTOSSARI

Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang berfungsi mendukung dan meneruskan beban ketanah pendukungnya. Dalam perencanaan suatu sistem pondasi, yang perlu diperhatikan antara lain adalah sistem gaya yang bekerja, kapasitas dukung struktur pondasi terhadap gaya yang bekerja, maupun kapasitas dukung tanah untuk menahan gaya yang disalurkan oleh pondasi.

Semakin berkembangnya ilmu ketekniksipilan dan arus teknologi, hingga saat ini banyak metode dan formula yang digunakan untuk perhitungan perencanaan dan analisa kapasitas dukung pondasi tiang pancang, diantaranya dengan metode Meyerhof, Tomlinson, Terzaghi, E-Z, Hansen dan lainnya, masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kekurangan.

Dalam Tugas Akhir ini dibahas mengenai komparasi / perbandingan antara kapasitas dukung pondasi tiang pancang yang dihitung dengan metod Meyerhof dan Tomlinson. Dalam perencanaan kapasitas dukung ujung metode Meyerhof berdasarkan atas jenis butiran tanah, sedangkan kapasitas dukung friksi berdasarkan hasil test dilapangan. Untuk perencanaan dengan metode Tomlinson kapasitas dukung friksi dipengaruhi oleh nilai faktor adhesi yang merupakan fungsi dari kuat geser tanah tak-tendrainasi ( $C_u$ ).

Dari hasil perhitungan Tugas Akhir ini didapat kapasitas dukung optimal dari metode Tomlinson sebesar 141817,4927 kg sedangkan dari metode Meyerhof sebesar 136390,9385 kg. Ternyata dari kedua metode tersebut Metode Tomlinson menghasilkan kapasitas dukung pondasi tiang pancang yang lebih besar.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pondasi merupakan bagian dari suatu sistem rekayasa yang berfungsi mendukung dan meneruskan beban ke tanah pendukungnya. Dalam perencanaan suatu sistem pondasi, yang perlu diperhatikan antara lain adalah sistem gaya yang bekerja, kapasitas dukung struktur pondasi terhadap gaya yang bekerja, maupun kapasitas dukung tanah untuk menahan gaya yang disalurkan oleh pondasi.

Pemakaian pondasi tiang pancang pada suatu bangunan apabila tanah dasar dibawah bangunan tersebut tidak mempunyai kapasitas dukung (“Bearing Capacity”) yang cukup untuk memikul berat bangunan, atau apabila tanah keras yang mempunyai kapasitas dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Umumnya kondisi tanah dasar pondasi mempunyai karakteristik yang sangat bervariasi. Berbagai parameter yang mempengaruhi karakteristik tanah antara lain, jenis tanah yang berbeda-beda pada kedalaman tertentu sehingga mengakibatkan nilai-nilai yang menunjukkan karakteristik tanah tersebut akan bervariasi pula. Hal ini pada akhirnya akan mempengaruhi kapasitas dukung tanah yang merupakan salah satu faktor utama dalam perencanaan pondasi.

### **1.2 Permasalahan**

Pada perhitungan perencanaan dan analisis kapasitas dukung pondasi tiang pancang banyak metode-metode dan formula-formula yang digunakan, seperti Metode Meyerhof, Tomlinson, Terzaghi, T-Z dan masih banyak metode-metode lainnya. Masing-masing metode mempunyai kelebihan dan kelemahan.

Dalam perencanaan kapasitas dukung ujung metode Meyerhof berdasarkan atas ukuran butiran tanah, sedangkan untuk kapasitas dukung friksi berdasarkan hasil test dilapangan.



Tomlinson memberikan cara  $\alpha$  untuk menghitung kapasitas daya dukung friksi, yang dapat digunakan pada tanah berbutir halus (c-soils), tanah berbutir kasar ( $\phi$ -soils), maupun tanah pada umumnya (c- $\phi$  soils).

### **1.3 Keaslian**

Sejauh pengetahuan peneliti kepustakaan, studi komparasi kapasitas dukung tiang pancang antara metode Meyerhof dengan metode Tomlinson belum pernah dibahas dalam Tugas Akhir mahasiswa di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

### **1.4 Manfaat**

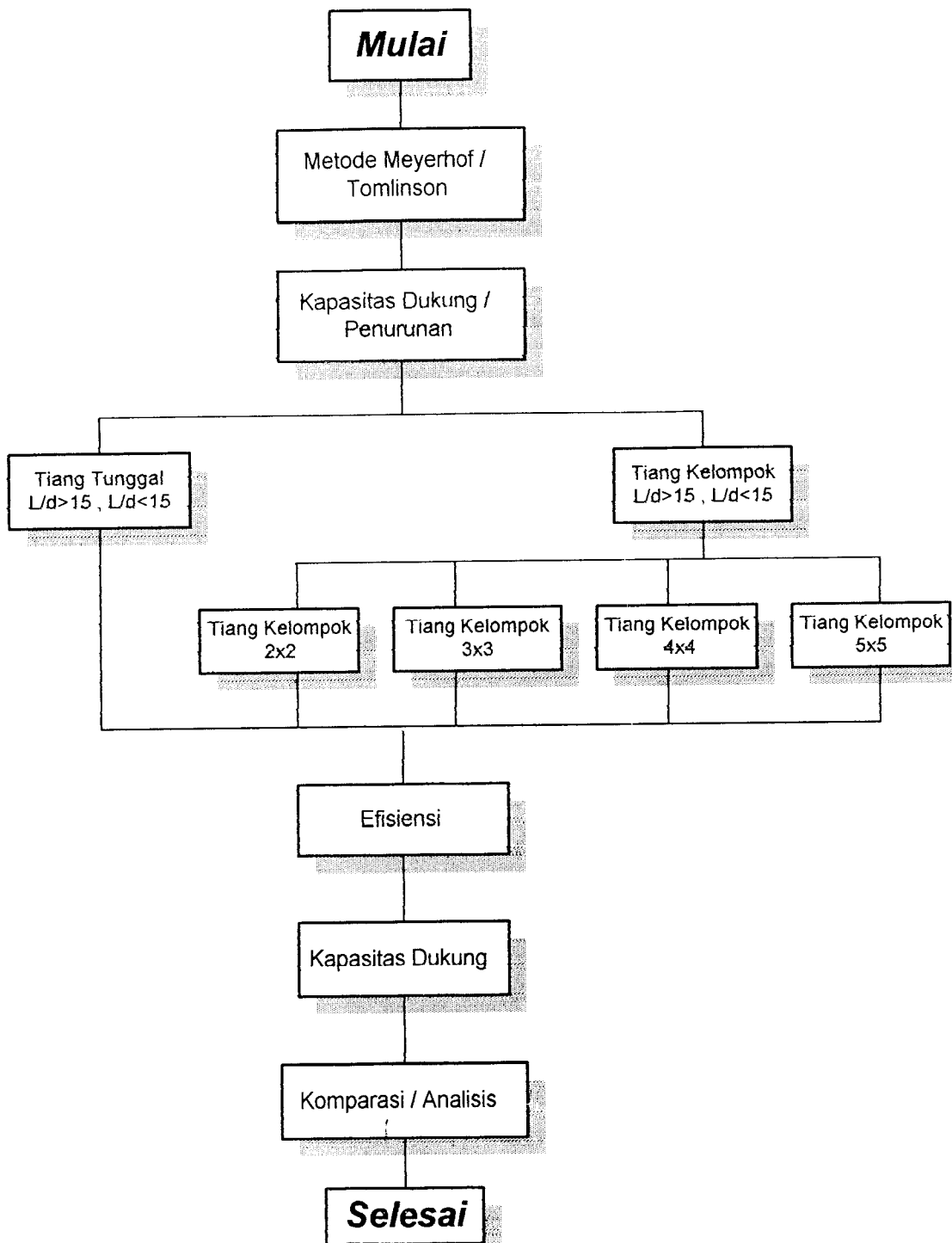
Diharapkan manfaat dari penelitian ini adalah apabila salah satu dari dua metode yang dikomparasikan terbukti lebih optimal dan teliti, maka metode tersebut dapat digunakan sebagai masukan bagi mahasiswa dan praktisi dalam perencanaan kapasitas dukung pondasi tiang pancang.

### **1.5 Tujuan**

Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk mengetahui kapasitas dukung pondasi tiang pancang yang optimal dari komparasi antara metode Meyerhof dengan metode Tomlinson.

### **1.6 Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan Tugas Akhir ini adalah studi komparasi, yaitu membandingkan metode Meyerhof dan Tomlinson. Materi pembahasan diambil dari berbagai macam buku literatur, laporan ilmiah, makalah-makalah seminar dan kutipan langsung maupun rangkuman dari berbagai pendapat

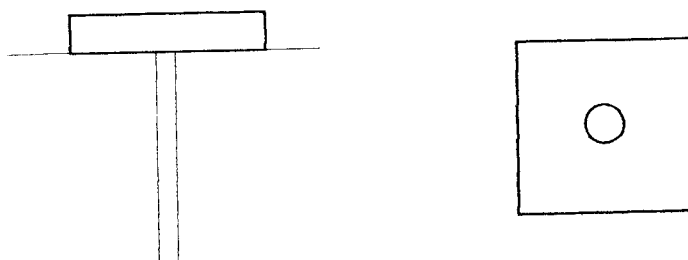


Gambar 1.1 Diagram Alir Perhitungan/Analisis

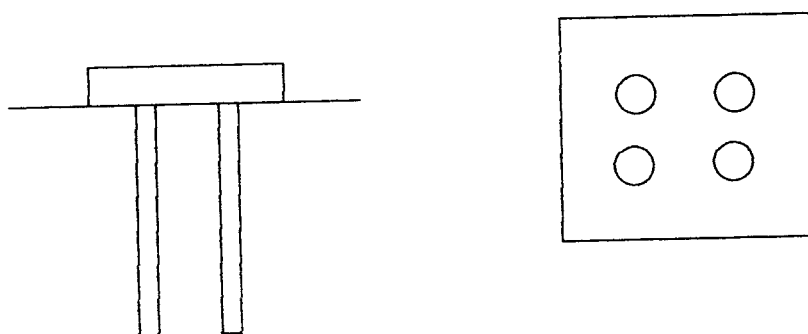
## 1.7 Batasan Masalah

Studi komparasi kapasitas dukung pondasi tiang pancang antara metode Meyerhof dengan metode Tomlinson dalam rangka Tugas Akhir ini dibatasi oleh ketentuan-ketentuan sebagai berikut ini

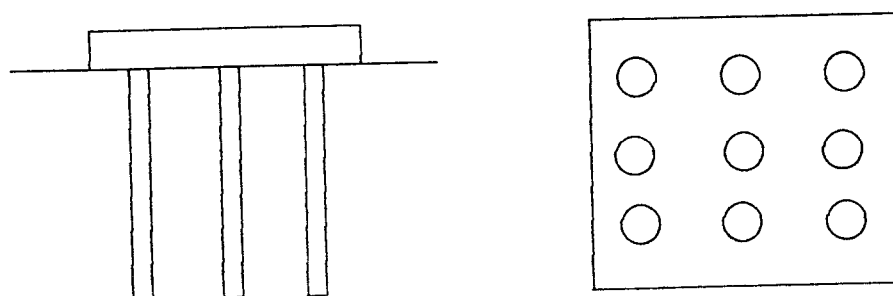
1. Kasus yang dianalisis untuk membandingkan kedua metode adalah pondasi tiang pancang dengan ketentuan-ketentuan pada data perencanaan.
2. Pembahasan ditujukan untuk mencari kapasitas dukung optimal pada tiang tunggal dan tiang kelompok.
3. Dimensi penampang berbentuk lingkaran .
4. Analisis masing-masing tiang berdasarkan tiang pendek  $L/d < 15$  dan tiang panjang  $L/d > 15$ .
5. Analisis tiang tunggal berdasarkan beban aksial, masing-masing metode.
6. Analisis tiang kelompok 2x2 tiang, masing-masing metode.
7. Analisis tiang kelompok 3x3 tiang, masing-masing metode.
8. Analisis tiang kelompok 4x4 tiang, masing-masing metode.
9. Analisis tiang kelompok 5x5 tiang, masing-masing metode.
10. Analisis penurunan pondasi tiang pancang tunggal dan tiang pancang kelompok, masing-masing metode.
11. Data karakteristik tanah adalah data tanah pada proyek PLTA Tulis Banjarnegara pada titik 16 dan jenis tanah yakni lempung keras, lanau, batu lempung, batu pasir padat dan keadaan tanah termasuk dalam kategori tanah kondisi baik.
12. Muka air tanah terletak sangat dalam.
13. Poer terletak diatas permukaan tanah.



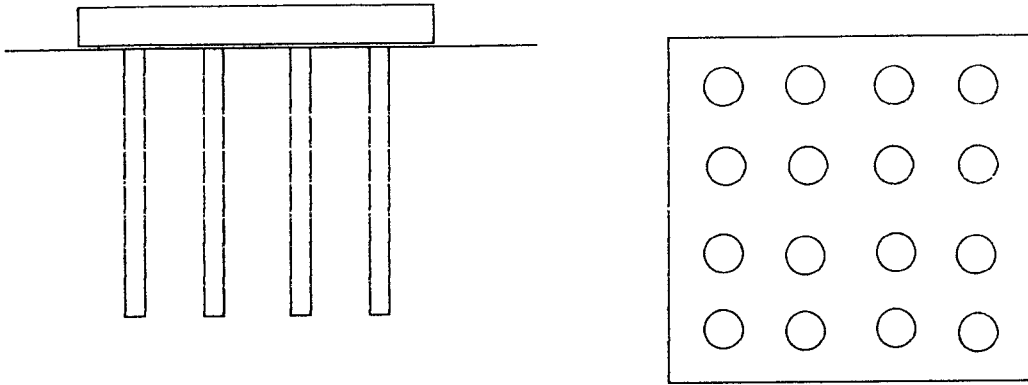
Gambar 1.2 Tiang Tunggal



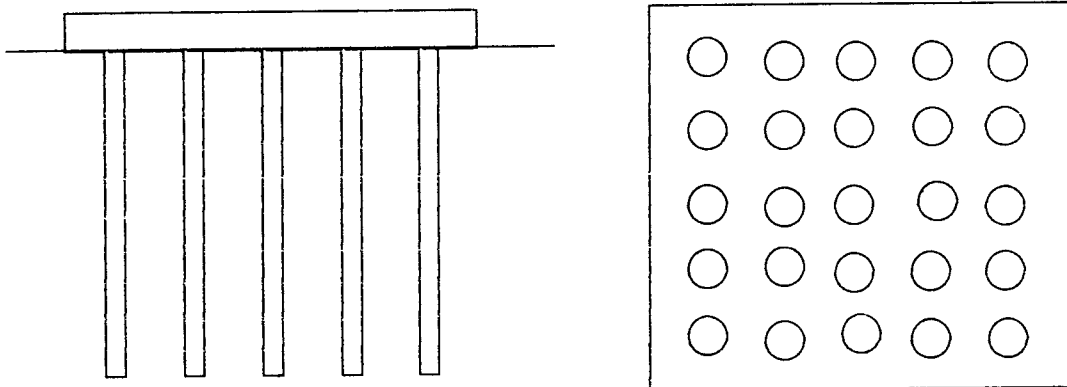
Gambar 1.3 Tiang Kelompok 2x2



Gambar 1.4 Tiang Kelompok 3x3



Gambar 1.5 Tiang Kelompok 4x4



Gambar 1.6 Tiang Kelompok 5x5

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Suatu struktur bangunan pada umumnya dapat dibedakan dua bagian yaitu struktur bangunan yang terletak diatas muka tanah (“Super Structure”) dan struktur bangunan yang terletak dibawah muka tanah (“Sub Structure “). Struktur bagian bawah biasa disebut pondasi, yang berfungsi sebagai perantara untuk 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.

#### **2.2 Tanah**

Tanah, pada kondisi alam, terdiri dari campuran-campuran butiran-butiran mineral dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran tersebut dapat dengan mudah dipisahkan satu sama lain dengan kocokan air. Material ini berasal dari pelapukan batuan, baik secara fisik maupun kimia. Sifat-sifat teknis tanah, kecuali dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut.

Tanah yang terjadi akibat penghancuran secara fisis, tetap mempunyai komposisi yang sama dengan batuan asalnya. Tanah tipe ini mempunyai ukuran partikel yang hampir sama rata dan dideskripsikan berbentuk utuh (“bulky”). Proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam atau alkali, oksigen dan karbondioksida. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel berbentuk koloid ( $< 0,002$  mm) yang dikenal sebagai mineral lempung (“clay mineral”).

### 2.3 Kapasitas Dukung Tanah

Analisis kapasitas dukung mempelajari kemampuan tanah dalam mendukung beban pondasi struktur yang terletak di atasnya. Kapasitas dukung menyatakan tahanan geser tanah untuk melawan penurunan akibat pembebanan, yaitu tahanan geser yang dapat dikerahkan oleh tanah disepanjang bidang-bidang gesernya.

Perancangan pondasi harus dipertimbangkan terhadap keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan. Untuk ini, perlu dipenuhi dua kriteria, yaitu kriteria stabilitas dan kriteria penurunan.

Untuk terjaminnya stabilitas jangka panjang, perhatian harus diberikan pada peletakan dasar pondasi. Pondasi harus diletakkan pada kedalaman yang cukup untuk menanggulangi resiko erosi permukaan, gerusan, kembang susut tanah, dan gangguan tanah disekitar pondasi lainnya.

Analisis-analisis kapasitas dukung, dilakukan dengan cara pendekatan untuk memudahkan hitungan. Persamaan-persamaan yang dibuat, dikaitkan dengan sifat-sifat tanah dan bentuk bidang geser yang terjadi saat keruntuhan. Analisisnya dilakukan dengan menganggap bahwa tanah berperilaku sebagai bahan bersifat plastis.

Kapasitas dukung ultimit (“ultimate bearing capacity”) didefinisikan sebagai beban maksimum persatuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban dengan tanpa mengalami keruntuhan . Bila dinyatakan dalam persamaan, maka

$$q_u = \frac{P_u}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana :

$q_u$  = kapasitas dukung ultimit atau kapasitas dukung batas ( $\text{kg/cm}^2$ )

$P_u$  = beban ultimit atau beban batas (kg)

$A$  = luas pembebanan ( $\text{cm}^2$ )

### 2.4 Pondasi

Pondasi adalah bagian terendah dari bangunan yang meneruskan beban bangunan ketanah atau batuan yang ada dibawahnya.

Pondasi dapat digolongkan berdasarkan beban yang ditopang oleh tanah, yaitu:

1. Pondasi dangkal, didefinisikan sebagai pondasi yang mendukung bebannya secara langsung. Kedalaman pondasi adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ( $D \leq B$ ), (Hary Christady Hardiyatmo, 1996)
2. Pondasi dalam, didefinisikan sebagai pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batu yang terletak relatif jauh dari permukaan. Kedalaman pondasi adalah lebih besar atau sama besar dengan empat kali lebar pondasi ( $D \geq 4B$ ), (Hary Christady Hardiyatmo, 1996).

Pada keadaan tanah di bawah kedalaman dimana pondasi telapak dan plat akan didirikan, terlalu lemah atau terlalu kompresibel untuk menyediakan kapasitas dukung yang cukup, beban perlu dipindahkan ke material yang lebih kuat di tanah yang lebih dalam, misalnya dengan menggunakan pondasi tiang pancang. Tiang merupakan bagian struktur dengan penampang melintang yang kecil dibanding tingginya dan biasanya dipancang dengan menggunakan hammer atau vibrator. Tiang-tiang sering digabungkan menjadi satu kelompok, dengan tiap kelompok terdiri dari beberapa tiang untuk mendukung beban.

Macam-macam tipe pondasi menurut Hary Christady Hardiyatmo adalah :

1. Pondasi telapak adalah pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom.
2. Pondasi memanjang adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau digunakan untuk mendukung sederetan kolom yang berjarak dekat, sehingga bila dipakai pondasi telapak sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
3. Pondasi rakit (“raft foundation” atau “mat foundation”) adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung bangunan yang terletak pada tanah lunak atau digunakan bila susunan kolom-kolom jaraknya sedemikian dekat disemua arahnya, sehingga bila dipakai pondasi telapak, sisi-sisinya akan berimpit satu sama lain.
4. Pondasi sumuran (“pier foundation”) yang merupakan bentuk peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam.



5. Pondasi tiang (“pile foundation”) digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung bebannya, dan tanah keras terletak pada kedalaman yang sangat dalam.

## 2.5 Pondasi Tiang Kelompok

### 2.5.1 Jarak Antara Tiang Pancang (“Pile Spacing”) Kelompok (“Pile Group”)

Jarak antara tiang pancang kelompok sangat mempengaruhi perhitungan kapasitas dukung dari kelompok tiang pancang. Untuk bekerja sebagai kelompok tiang jarak antara tiang (“spacing”) ‘S’ ini, biasanya harus memenuhi peraturan-peraturan bangunan pada daerah masing-masing.

Pada umumnya S bervariasi antara :

- jarak minimum  $S = 2D$
- jarak maksimum  $S = 6D$

Tergantung dari fungsi tiang :

- sebagai friction pile minimum  $S = 3d$
- sebagai End bearing pile minimum  $S = 2,5d$

Tergantung dari klasifikasi tanah :

- kalau terletak pada lapisan tanah liat keras minimum  $S = 3,5d$
- kalau didaerah lapis padat minimum  $S = 2d$

Berdasarkan metode AASHTO :

$$\text{syarat } S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m + n - 2} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

- $S$  = jarak tiang ( cm )
- $d$  = diameter tiang ( cm )
- $m$  = banyak baris
- $n$  = banyak tiang perbaris

### 2.5.2 Effisiensi Tiang Kelompok (“Pile Group Efficiency”)

Apabila pengaturan tiang pada suatu poer telah mengikuti persyaratan, maka kapasitas dukung kelompok tiang tidak sama dengan kapasitas dukung satu

tiang dikalikan dengan banyaknya tiang pada kelompok tiang tersebut, tetapi didefinisikan sebagai perkalian antara kapasitas dukung satu tiang dengan banyaknya tiang, dikalikan dengan efisiensi kelompok tiang.

Dituliskan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_{ug} = Q_{all} \cdot n \cdot E_g \dots\dots\dots(2.3)$$

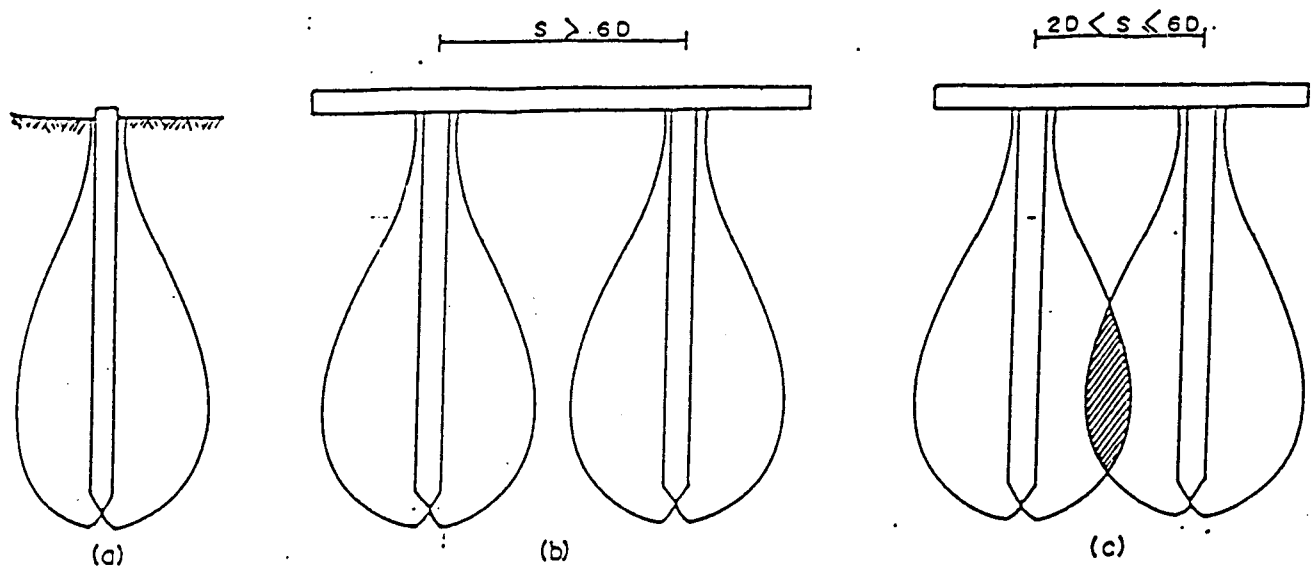
dimana :

$Q_{ug}$  = kapasitas dukung maksimum kelompok tiang (kg)

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$n$  = banyaknya tiang

$Q_{all}$  = kapasitas dukung maksimum satu tiang (kg)



*Gambar 2.1 Skematik mobilisasi tekanan yang digambarkan dalam bentuk diagram tegangan keruntuhan berupa gelembung ("bulb pressures") (Skempton).*

Persamaan yang digunakan untuk mencari efisiensi kelompok tiang adalah :

$$E_g = 1 - Q \cdot \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana :

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang

$$Q = \arctan \frac{d}{s} (\dots^\circ) \dots\dots\dots(2.5)$$

$n$  = banyak tiang pancang dalam baris

$m$  = banyak baris dalam tiang

$d$  = diameter tiang (cm)

$s$  = jarak antara tiang (cm)

### 2.5.3 Kapasitas Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas dukung tiang kelompok dapat dihitung berdasarkan anggapan :

\* Keruntuhan tiang tunggal (“Individual pile failure”)

\* Keruntuhan Blok (“Block failure”)

Penentuan bahwa harus menggunakan “individual pile failure” atau “block failure” terutama didasarkan atas klasifikasi tanahnya dan juga oleh jarak antar tiang (“spacing”) dari pondasi yang bersangkutan.

Dihitung sebagai “Individual Pile Failure”

Untuk  $c$ -soils,  $c-\phi$  soils dan  $\phi$ -soils apabila dipenuhi syarat minimum “spacing” selalu dihitung sebagai “individual pile failure”. Persamaan untuk menghitung kapasitas dukung aksial total adalah sebagai berikut :

*untuk  $c-\phi$  soils dan  $c$ -soils*

$$Q_{ug} = Q_{all} \cdot n \cdot E_g$$

dimana :

$E_g$  = efisiensi kelompok tiang pancang

dimana  $E_g$  bervariasi dari 0.7 (pada spacing  $s = 3D$ ) sampai 1 pada ( $S \geq 8D$ )

*untuk  $\phi$ -soils*

$$Q_{ug} = Q_{ut} \cdot n \cdot E_g$$

Dihitung sebagai “Block Failure”

- biasanya untuk tanah c-soils khususnya c-soils yang lunak, atau tanah pasir lepas,
- untuk tanah liat keras dan tanah pasir padat yang mempunyai spacing  $S < 3D$  (dianjurkan untuk dihitung sebagai “block failure”)

Keruntuhan yang terjadi adalah tidak lagi “Individual Pile Failure” tetapi sudah “Block failure” dan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$Q_{ubg} = 2D (W+L) f + 1,3 c \cdot N_c \cdot W \cdot L \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

$Q_{ubg}$  = kapasitas dukung maksimum kelompok tiang sebagai block failure (kg)

$D$  = kedalaman kelompok tiang (m)

$W$  = lebar kelompok tiang (cm)

$L$  = panjang kelompok tiang (cm)

$f = \alpha c$  = friksi (gaya geser) antara cohesive soils dengan permukaan tiang disebut juga unit adhesi. Dapat digunakan tabel  $\alpha$  yang dikeluarkan oleh Tomlinson

$c$  = kohesi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$N_c$  = (bearing capacity factors) faktor kapasitas dukung

#### 2.5.4 Distribusi Gaya Kelompok Tiang

Didalam kelompok tiang gaya-gaya luar yang bekerja pada tiang (kolom) didistribusikan pada kelompok tiang berdasarkan rumus elastisitas sebagai berikut :

$$Q_{um} = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y}{\sum y^2} \dots\dots\dots(2.7)$$

dimana :

$Q_{um}$  = beban aksial untuk sembarang anggota member tiang (kg)

$V$  = beban vertikal total yang bekerja pada titik pusat kelompok tiang (kg)

$n$  = banyak tiang dalam kelompok

$M_x, M_y$  = momen pada arah y dan x (kg-cm)

$x, y$  = jarak tiang terhadap sumbu  $x$  dan sumbu  $y$  melewati titik pusat kelompok tiang (cm)

$\pm$  = diberikan sehubungan dengan hasil perkalian  $x$  dan  $y$  terhadap sumbu  $x$  dan sumbu  $y$

## 2.6 Penurunan (“Settlement”)

Penurunan (“settlement”) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$S_t = S_i + S_c \dots\dots\dots(2.8)$$

dimana :

$S_t$  = penurunan total (“total settlement”) pondasi tiang (cm)

$S_i$  = penurunan seketika (“immediate settlement”) pondasi tiang (cm)

$S_c$  = penurunan konsolidasi (“consolidation settlement”) pondasi tiang (cm)

Pada lapis tanah berbutir halus (c-soils) penurunan yang dominan terjadi adalah penurunan konsolidasi, walaupun penurunan seketika juga terjadi. Sebaliknya pada tanah berbutir kasar ( $\phi$ -soils), penurunan yang dominan terjadi adalah penurunan seketika, jika tanah betul murni-murni  $\phi$ -soils, penurunan konsolidasi tidak terjadi.

Seperti pada c-soils; tanah c- $\phi$  soils mengalami penurunan seketika dan penurunan konsolidasi.

### 2.6.1 Penurunan Seketika (“Immediate Settlement”) Pondasi Tiang

Penurunan sebuah kelompok tiang yang dibawahnya terdapat lapisan pasir dengan kedalaman tertentu dapat diasumsikan dengan konsep rakit ekuivalen (“equivalent raft”). Rakit ekuivalen ditempatkan pada kedalaman  $2/3 D_b$  pada lapisan pasir dengan kemiringan penyebaran beban sebesar 1:4 dari keliling kelompok tiang tersebut, sedang kemiringan penyebaranbeban 1:2 diasumsikan terjadi dibawah rakit ekuivalen.

Rumus umum untuk menghitung penurunan seketika (rumus didasarkan atas elastisitas tanah) adalah :

$$S_i = \frac{\mu_1 \cdot \mu_o \cdot qn \cdot B}{Eu} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana :

$S_i$  = penurunan seketika pada pusat pondasi kelompok tiang (cm)

$qn$  = tekanan neto pondasi ( $kg/cm^2$ )

$B$  = lebar ekivalen dari bentuk pondasi yang fleksibel (cm)

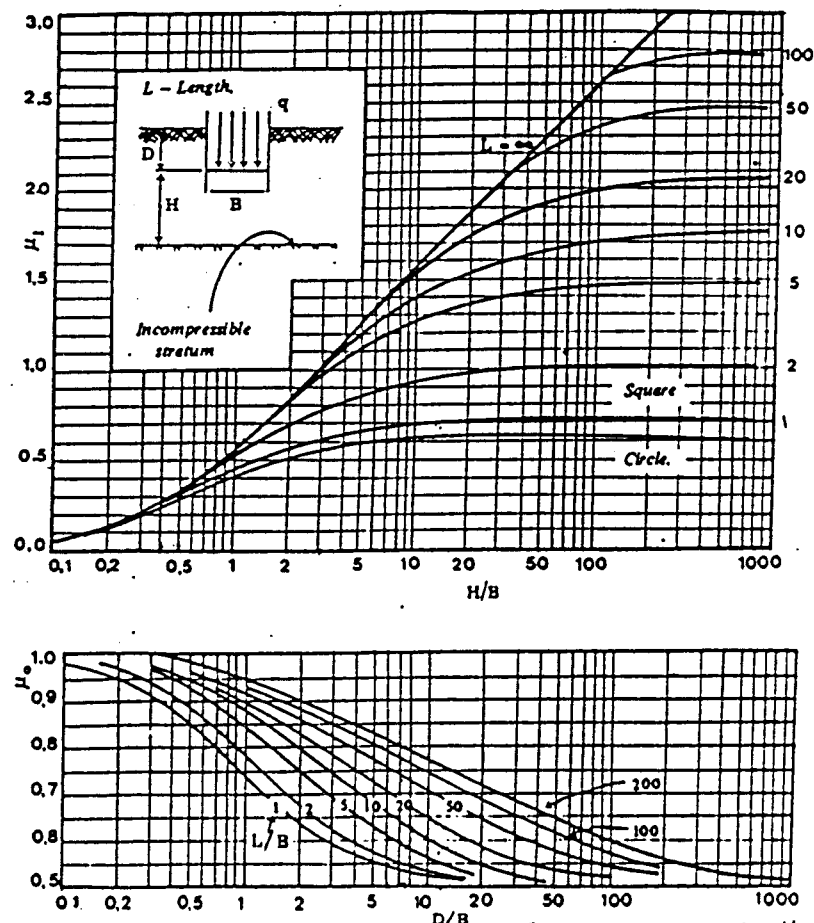
$\mu_1$  = fungsi dari  $\frac{H}{B}$  dan  $\frac{L}{B}$

$\mu_o$  = fungsi dari  $\frac{D}{B}$  dan  $\frac{L}{B}$

dimana  $H$ =kedalaman dari lapisan tanah yang mengalami pemampatan ;

$L$ =panjang dari kelompok tiang

$Eu = Es$  = modulus deformasi yang didapat dari keadaan pembebanan tak berdrainasi (“Undrained loading consolidation”)



Gambar 2.2 Faktor pemampatan untuk penurunan seketika (menurut Janbu, Bjerrum dan Kjaernsli, 1957)

### 2.6.2 Penurunan Konsolidasi (“Consolidation Settlement”) Pondasi Tiang

Penurunan sebuah kelompok tiang yang dibawahnya terdapat lapisan lempung dengan kedalaman tertentu dapat diasumsikan dengan konsep rakit ekuivalen (“equivalent raft”). Rakit ekuivalen ditempatkan pada kedalaman  $2/3 D_b$  pada lapisan lempung dengan kemiringan penyebaran beban sebesar 1:2 dari keliling kelompok tiang tersebut.

Besarnya penurunan konsolidasi yang terjadi didasarkan atas hasil tes konsolidasi yang biasanya dilakukan untuk tanah berbutir halus (c-soils) atau tanah pada umumnya (c- $\phi$  soils).

Rumus penurunan konsolidasi didasarkan atas data Laboratorium yang dibedakan :

- a. Menggunakan besaran  $mv$  (“the coefficient of volume compressibility”) biasanya didapat dalam fungsi  $av$  (“coefficient of compressibility”). Besaran tersebut didapat dari grafik e-p.

Besarnya penurunan konsolidasi dihitung dengan rumus :

$$S_c = \mu_d \cdot \sigma_z \cdot H \cdot mv \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

$$\sigma_z = \frac{q_n}{A} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

$$mv = \frac{e_1 - e_2}{(1 + e_1)p} \quad \dots\dots\dots(2.12)$$

dimana :

$e_1$  = void ratio yang berhubungan dengan effective overburden pressure ( $p_0$ )

$e_2$  = void ratio yang berhubungan dengan kenaikan pertambahan tekanan ( $\Delta p$ )

$p$  = kenaikan/pertambahan tekanan

$S_c$  = penurunan berdasarkan percobaan konsolidasi

$\mu_d$  = faktor kedalaman yang diberikan oleh Fox

$\sigma_z$  = tegangan vertikal rata-rata yang bekerja pada suatu lapis tanah yang didistribusikan oleh tekanan/beban neto pondasi ( $q_n$ )

$H$  = tebal lapis tanah

$\mu_g$  = faktor geologi dari Skempton dan Bjerrun yang dihubungkan dengan koefisien tekanan air pori ("pore pressure coefficient"), didapat dari hasil triaxial test.

b. Menggunakan besaran  $c_c$  ("compression index"). Besaran tersebut didapat dari grafik  $e$ - $\log p$ .

Rumus penurunan kelompok tiang dihitung menggunakan persamaan berikut ini :

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_o} \cdot H \cdot \log \frac{p_o + \Delta p}{p_o} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana :

$C_c$  = Compression index

$e_o$  = void ratio awal

$p_o$  = effective overburden pressure pada kedalaman yang ditinjau

$\Delta p$  = tegangan effective akibat pembebanan pada kedalaman yang ditinjau (kenaikan atau penurunan tekanan)

Terzaghi & Peck (1967) memberikan hubungan angka kompresi  $C_c$  pada tanah "normally consolidated" :

$$C_c = 0,009 \cdot (LL - 10) \dots\dots\dots(2.14)$$

$LL$  = batas cair

## 2.7 Analisis Kapasitas Dukung Tanah menurut Teori Meyerhof

Kapasitas dukung tiang pancang menurut Meyerhof adalah daya dukung ujung ditambah daya dukung friksi, yaitu :

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f \dots\dots\dots(2.15)$$

$$Q_{all} = Q_{ult}/SF \dots\dots\dots(2.16)$$

dimana :

$Q_{ult}$  = Kapasitas dukung ultimit (kg)

$Q_e$  = Kapasitas dukung ujung tiang (kg)

$Q_f$  = Kapasitas dukung friksi (kg)



$Q_{all}$  = Kapasitas dukung tiang pancang ijin (kg)

SF = Faktor keamanan ( "Safety Factor")

**2.7.1 Kapasitas Dukung Ujung**

Menurut Meyerhof kapasitas dukung ujung pondasi tiang pancang dibagi berdasarkan jenis butiran tanah (*Pradoto S., 1988/1989, "BOOKS & MONOGRAPH" TEKNIK PONDASI*) :

1. Kapasitas dukung ujung untuk tanah berbutir halus (c-soils) :

$$Q_e = A_p \cdot c \cdot N_c' \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana :

$N_c'$  = faktor kapasitas dukung yang telah disesuaikan ("Adjusted bearing capacity factor").

Untuk tanah berbutir halus  $N_c' = 9$

$A_p$  = luas penampang tiang pancang (cm<sup>2</sup>)

$c$  = kohesi dari tanah yang terdapat pada ujung tiang pancang (kg/cm<sup>2</sup>).

2. Kapasitas dukung ujung untuk tanah berbutir kasar ( $\phi$ -soils)

Untuk tanah berbutir kasar, rumus kapasitas dukung ujung dibedakan dalam dua hal :

a. Untuk  $\frac{L}{B} < \frac{L_c}{B}$  , maka kapasitas dukung ujung adalah sebagai berikut :

$$Q_e = A_p \cdot \bar{q} \cdot N_q' \dots\dots\dots(2.18)$$

b. Untuk  $\frac{L}{B} > \frac{L_c}{B}$  , maka kapasitas dukung ujung adalah sebagai berikut :

$$Q_e = A_p \cdot \bar{q} \cdot N_q'$$

tetapi harga  $Q_e$  harus lebih kecil dari pada :

$$Q_e = A_p \cdot (50 N_q') \tan (\phi) \dots\dots\dots(2.19)$$

dimana :

$\bar{q}$  = " effective overburden pressures" =  $\sum (\gamma \cdot h_i)$ , dengan i banyak lapis tanah.

$L$  = panjang tiang (m)

$B$  = dimensi penampang tiang (cm)

$\frac{L_c}{B}$  = perbandingan kedalaman kritis ("the critical depth ratio"), didapat dari grafik bearing capacity factor.

$\phi$  = sudut geser dalam (...°)

### 3. Kapasitas dukung ujung untuk tanah pada umumnya (c- $\phi$ soils)

Untuk tanah pada umumnya, kapasitas dukung ujung menurut Meyerhof adalah :

$$Q_c = A_p \cdot (c N_c' + \eta q N_q') \dots\dots\dots(2.20)$$

Dengan memperhitungkan berat pondasi tiangnya, kapasitas dukung ujung menjadi sebagai berikut :

$$Q_c = A_p [c N_c' + \eta \bar{q} (N_q' - 1)] \dots\dots\dots(2.21)$$

dimana :

$N_c'$  dan  $N_q'$  = faktor kapasitas dukung yang telah disesuaikan

$\eta$  = faktor, menurut Meyerhof  $\eta = 1$

$N_c'$  dan  $N_q'$  menurut Meyerhof dibedakan atas :

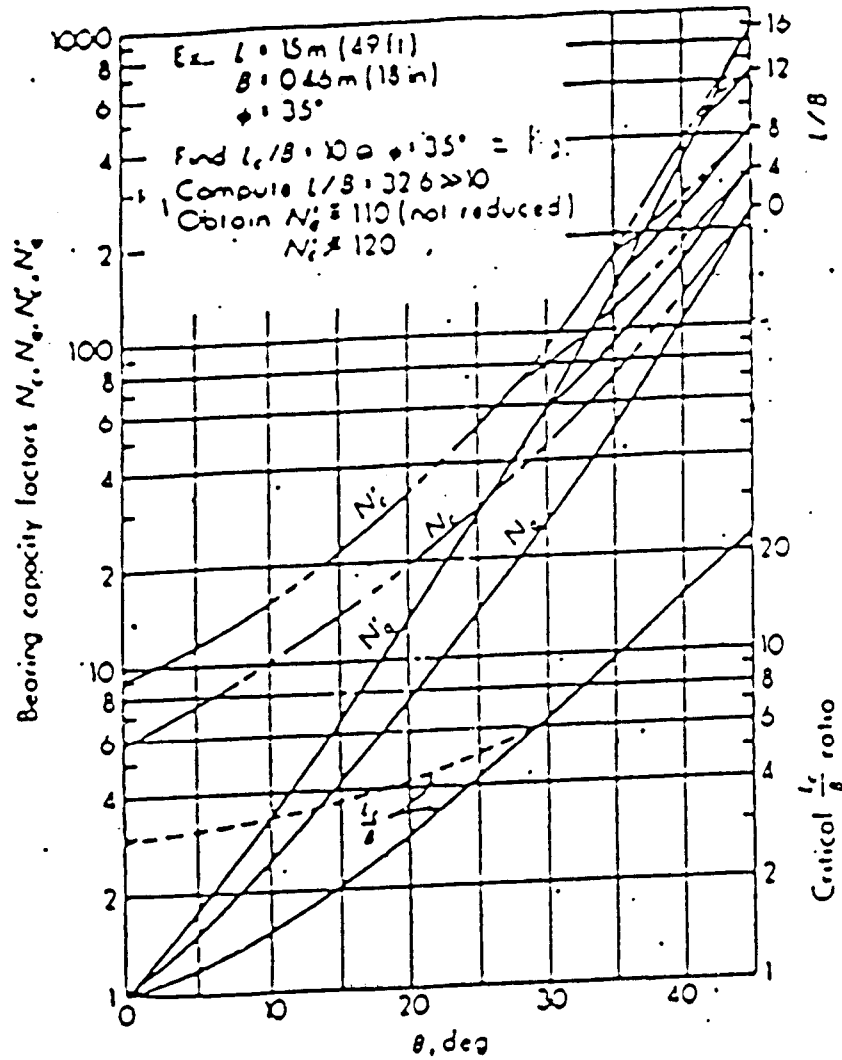
Tiang pendek ("short pile") :  $N_c'$  dan  $N_q'$  didapat dari tabel 2.1

Tiang panjang ("long pile") :  $N_c'$  dan  $N_q'$  didapat dari gambar 2.3

Tabel 2.1 Faktor Kapasitas Dukung menurut Meyerhof

$\phi$ , deg	$N_c$	$N_q$	$N_{\gamma(bd)}$	$N_q/N_c$	$\frac{2 \tan \phi}{(1-\sin\phi)^2}$	$N_{\gamma(bd)}^\circ$
0	5,14	1,0	0	0,19	0	0
5	6,5	1,6	0,1	0,24	0,15	0,1
10	8,3	2,5	0,4	0,30	0,24	0,4
15	11,0	3,9	1,2	0,36	0,29	1,1
20	14,8	6,4	2,9	0,43	0,32	2,9
25	20,7	10,7	6,8	0,51	0,31	6,8
30	30,1	18,4	15,1	0,61	0,29	15,7
35	46,1	33,3	33,9	0,72	0,25	37,1
40	75,3	64,2	79,5	0,85	0,21	93,7
45	133,9	134,9	200,8	1,01	0,17	262,7
50	266,9	319,0	568,5	1,20	0,13	873,7

$N_{\gamma(bd)}$  = Meyerhof value



Gambar 2.3 Penentuan angka kedalaman kritis

**2.7.2 Kapasitas Dukung Friksi**

Menurut Meyerhof (1956;1976) kapasitas dukung friksi pondasi tiang pancang dibagi berdasarkan hasil test dilapangan (Pradoto S., 1988/1989, "BOOKS & MONOGRAPH" TEKNIK PONDASI) :

1. Kapasitas dukung pondasi berdasarkan data SPT :

$$Q_f = A_s \cdot X_m \cdot N \dots\dots\dots(2.22)$$

dimana :

$Q_f$  = kapasitas dukung pondasi (kg)

$A_s$  = luas selimut tiang pancang yang menerima geser (cm<sup>2</sup>)

$X_m$  = koefisien Meyerhof

diambil  $X_m = 2,0$  untuk large displacement piles

$X_m = 1,0$  untuk small displacement piles

$N$  = nilai SPT rata-rata setelah dikoreksi ( $\text{kg/cm}^2$ )

2. Kapasitas dukung pondasi berdasarkan data CPT :

$$Q_f = 0,005 \cdot \bar{q}_c \cdot A_s \dots\dots\dots(2.23)$$

dimana :

$Q_f$  = kapasitas dukung friksi (kg)

$\bar{q}_c$  = nilai data CPT tanah ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A_s$  = Luas selimut tiang pancang yang menerima geser ( $\text{cm}^2$ )

## 2.8 Analisis Kapasitas Dukung menurut Teori Tomlinson

Kapasitas dukung tiang pancang menurut Tomlinson adalah kapasitas dukung ujung ditambah kapasitas dukung friksi, yaitu :

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f \dots\dots\dots(2.24)$$

dimana :

$Q_{ult}$  = kapasitas dukung ultimit ( $\text{kg/cm}^2$ )

$Q_e$  = kapasitas dukung ujung tiang ( $\text{kg/cm}^2$ )

$Q_f$  = kapasitas dukung friksi ( $\text{kg/cm}^2$ )

### 2.8.1 Kapasitas Dukung Ujung

Persamaan kapasitas dukung ujung untuk tanah berbutir halus (c-soils)

$$Q_e = N_c \cdot c \cdot A_p \dots\dots\dots(2.25)$$

dimana :

$Q_e$  = kapasitas dukung ujung yang didapat dari tanah dibawah ujung pondasi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$N_c$  = faktor kapasitas dukung dibawah ujung tiang pancang

$c$  = kohesi yang terdapat pada ujung tiang ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A$  = luas penampang tiang pancang ( $\text{cm}^2$ )

Untuk tanah berbutir kasar ( $\phi$ -soils), Tomlinson memberikan persamaan kapasitas dukung ujung yaitu :

$$Q_e = A_p \cdot \bar{q} \cdot N_q \dots\dots\dots(2.26)$$

dimana :

$Q_e$  = kapasitas dukung ujung yang didapat dari tanah dibawah ujung pondasi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$N_q$  = faktor kapasitas dukung

$\bar{q}$  = effective overburden pressures =  $\sum (\gamma \cdot h_i)$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

Untuk tanah pada umumnya ( c- $\phi$  soils ), Tomlinson memberikan persamaan kapasitas dukung ujung :

$$Q_e = A_p (c \cdot N_c + \bar{q} \cdot N_q) \dots\dots\dots(2.27)$$

dimana :

$Q_e$  = kapasitas dukung ujung yang terdapat dari tanah dibawah ujung pondasi ( $\text{kg/cm}^2$ )

$A_p$  = luas penampang tiang pancang ( $\text{cm}^2$ )

$c$  = kohesi yang terdapat pada ujung tiang pancang ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\bar{q}$  = effective overburden pressures ( $\text{kg/cm}^2$ )

$N_q$  = faktor kapasitas dukung

### 2.8.2 Kapasitas Dukung Friksi

Cara  $\alpha$  dari Tomlinson dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (c-soils), tanah berbutir kasar ( $\phi$ -soils), maupun tanah pada umumnya (c- $\phi$  soils).

Untuk tanah c- $\phi$  soils :

$$Q_f = \alpha c_u \cdot A_s + K \bar{q} \tan (\delta) A_s \dots\dots\dots(2.28)$$

dimana :

$\alpha$  = faktor adhesi yang merupakan fungsi dari kohesi atau hasil undrained shearing strength

$c_u$  = kohesi atau hasil undrained shearing strength ( $\text{kg/cm}^2$ )

$K$  = coefficient of lateral pressure, harganya terletak dari  $K_o$  sampai 1.75 .

Biasanya direncanakan mengambil harga yang mendekati  $K_o$

Harga untuk tiang pancang dihitung sebagai berikut :

$$K_o = (1 - \sin \phi) \sqrt{OCR} \dots\dots\dots(2.29)$$

dimana :

$K_0$  = coefficient at rest condition (koefisien saat kondisi diam)

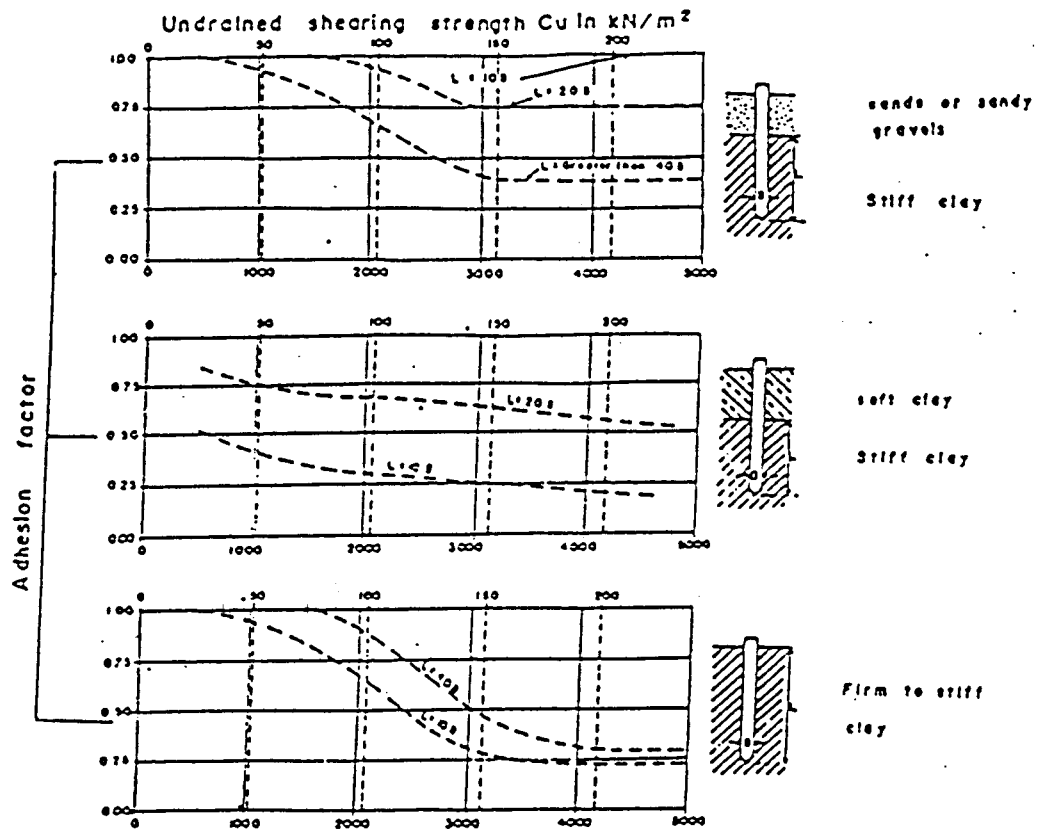
OCR = over consolidation ratio =1

$\phi$  = sudut geser dalam biasanya diambil tegangan efektifnya,  $\phi = \phi'$

$A_s$  = luas selimut tiang pancang yang menerima geser ( $\text{cm}^2$ )

$\delta$  = sudut geser effectif antara tanah dan material tiang, kalau tidak disebutkan

$$\text{dapat diambil } \delta = \frac{2}{3} \phi$$



Gambar 24 Harga  $\alpha$  menurut Tomlinson

Persaman (2.27) apabila digunakan untuk  $\phi$ -soils bagian c-soils hilang, dan sebaliknya jika digunakan untuk c-soils.

## **BAB III**

### **PERENCANAAN KAPASITAS DUKUNG DENGAN METODE MEYERHOF**

#### **3.1 Umum**

Untuk lebih memperjelas uraian yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, berikut akan diberikan suatu aplikasi perhitungan kapasitas dukung pondasi. Perhitungan yang dilakukan meliputi kapasitas dukung ujung dan kapasitas dukung friksi pada pondasi tiang pendek, tiang panjang dan tiang kelompok serta besarnya penurunan yang terjadi akibat pembebanan.

Hasil dari perhitungan dengan metode Meyerhof ini akan dibandingkan dengan hasil perhitungan metode Tomlinson yang akan dibahas pada Bab V, untuk mendapatkan hasil yang optimal dari kedua metode tersebut.

#### **3.2 Data Perencanaan**

##### **3.2.1 Data Karakteristik Tanah**

Data karakteristik tanah pada perencanaan kapasitas dukung pondasi ini menggunakan data tanah pada proyek PLTA Tulis Banjarnegara pada titik 16. Kondisi tanahnya berupa batu lempung sampai kedalaman 24,00 meter, sedangkan pada kedalaman 25,00 meter berupa batu pasir. Modulus elastik tanah ( $E_s$ ) pada kedalaman 15,00 meter adalah  $14,00 \text{ kg/cm}^2$  dan pada kedalaman 25,00 meter adalah  $22,54 \text{ kg/cm}^2$ . Kohesi ( $C$ ) pada kedalaman sampai 5,00 meter adalah  $0,45 \text{ kg/cm}^2$  pada kedalaman 15,00 meter adalah  $0,30 \text{ kg/cm}^2$  dan pada kedalaman 25,00 meter adalah  $0,49 \text{ kg/cm}^2$ . Berat volume tanah pada kedalaman 5,00 meter adalah  $0,00198 \text{ kg/cm}^3$ , pada kedalaman 15,00 meter adalah  $0,00190 \text{ kg/cm}^3$ , dan pada sampai kedalaman 25,00 meter adalah  $0,00106 \text{ kg/cm}^3$ . Sudut geser pada kedalaman 5,00 meter adalah  $18^\circ$ , pada kedalaman 15meter adalah  $18^\circ$ , dan sampai pada kedalaman 25,00 meter adalah  $26^\circ$ .

### 3.2.2 Data Karakteristik Tiang Pancang

Struktur pondasi tiang pancang yang digunakan adalah pondasi dengan diameter 0,50 meter berupa tiang tunggal dan tiang kelompok, kedalaman untuk tiang pendek 7,00 meter dan kedalaman untuk tiang panjang 25,00 meter. Modulus elastik tiang adalah  $2,90 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$ .

### 3.3 Perhitungan Kapasitas Dukung dengan Metode Meyerhof

Perhitungan kapasitas dukung dengan metode Meyerhof dibagi berdasarkan ukuran butiran tanah yang disesuaikan dengan jenis tanah hasil penelitian. Jenis tanah pada proyek PLTA Tulis Banjarnegara dapat dikategorikan sebagai tanah pada umumnya ( $\phi$ -c soils).

#### 3.3.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

Berdasarkan data karakteristik pondasi tiang pancang, diketahui :

Diameter tiang pancang ( $d$ ) = 0,50 m = 50,00 cm

1. Panjang tiang  $L/d > 15$ ;  $L = 25 \text{ m} = 2500 \text{ cm}$ .

*Kapasitas dukung ujung*

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang tiang (A}_p\text{)} &= 1/4 \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= 1/4 \cdot 3,14 \cdot (50)^2 = 1963,4954 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kohesi rata-rata tanah ( $C_r$ ),

$$\begin{aligned} C_r &= \frac{C_1 \cdot L_1 + C_2 \cdot L_2 + C_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3} \\ C_r &= \frac{0,45 \cdot 5 + 0,3 \cdot 10 + 0,49 \cdot 10}{5 + 10 + 10} = 0,406 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Mencari sudut rata-rata ( $\phi_r$ )

$$\begin{aligned} \phi_r &= \text{tg}^{-1} \frac{\text{tg}\phi_1 \cdot L_1 + \text{tg}\phi_2 \cdot L_2 + \text{tg}\phi_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3} \\ \phi_r &= \text{tg}^{-1} \frac{\text{tg}18^\circ \cdot 5 + \text{tg}18^\circ \cdot 10 + \text{tg}26^\circ \cdot 10}{5 + 10 + 10} = 21,31^\circ \end{aligned}$$

Dari gambar 2.3 didapat harga-harga

$$N_q^\gamma = 18$$

$$N_c^\gamma = 40$$



Mencari harga effective overburden pressure ( $\bar{q}$ )

$$\bar{q} = \sum \gamma \cdot h_i$$

$$\begin{aligned}\bar{q} &= \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 \\ &= 0,00198 \cdot 500 + 0,0019 \cdot 1000 + 0,00206 \cdot 1000 \\ &= 4,95 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Kapasitas dukung ujung pondasi  $L/d > 15$  menurut Meyerhof:

$$\begin{aligned}Q_e &= A_p \cdot (c \cdot N_c' + \eta \cdot \bar{q} \cdot (N_q' - 1)) \\ &= 1963,4954 \cdot (0,406 \cdot 40 + 1 \cdot 4,95 \cdot (18 - 1)) \\ &= 197115,3032 \text{ kg}\end{aligned}$$

*Kapasitas dukung friksi*

*Lapisan 1 ( $L = 5,00 \text{ m} = 500,00 \text{ cm}$ )*

$$\begin{aligned}A_s &= 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L \\ &= 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 500 \\ &= 78539,8163 \text{ cm}^2 \\ q_c &= 44 \text{ kg/cm}^2 \text{ (dari data CPT pada lampiran)} \\ Q_{f1} &= 0,005 \cdot q_c \cdot A_s \\ &= 0,005 \cdot 44 \cdot 78539,8163 \\ &= 17278,7596 \text{ kg}\end{aligned}$$

*Lapisan 2 ( $L = 10,00 \text{ m} = 1000,00 \text{ cm}$ )*

$$\begin{aligned}A_s &= 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 1000 \\ &= 157079,6327 \text{ cm}^2 \\ q_c &= 48 \text{ kg/cm}^2 \text{ (dari data CPT pada lampiran)} \\ Q_{f2} &= 0,005 \cdot 48 \cdot 157079,6327 \\ &= 37699,1119 \text{ kg}\end{aligned}$$

*Lapisan 3 ( $L = 10,00 \text{ m} = 1000,00 \text{ cm}$ )*

$$\begin{aligned}A_s &= 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 1000 \\ &= 157079,6327 \text{ cm}^2 \\ q_c &= 200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (dari data CPT pada lampiran)}\end{aligned}$$

$$Q_B = 0,005 \cdot 157079,6327 \cdot 200$$

$$= 157079,6327 \text{ kg}$$

$$Q_f \text{ total} = Q_{f1} + Q_{f2} + Q_B$$

$$= 17278,7596 + 37699,1119 + 157079,6327$$

$$= 212057,5042 \text{ kg}$$

Maka kapasitas dukung ultimit pondasi tiang  $L/d > 15$  adalah :

$$Q_{ult} = Q_e + Q_f$$

$$= 197115,3032 + 212057,5042$$

$$= 409712,8074 \text{ kg}$$

$$Q_{all} = Q_{ult}/SF$$

diambil  $SF = 3$

$$Q_{all} = \frac{418892,1096}{3}$$

$$= 136390,9358 \text{ kg}$$

## 2. Panjang tiang $L/d < 15$ ; $L = 7 \text{ m} = 700 \text{ cm}$

*Kapasitas dukung friksi*

*Lapisan 1 ( $L = 5,00 \text{ m} = 500,00 \text{ cm}$ )*

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot d \cdot L$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 500$$

$$= 78539,8163 \text{ cm}^2$$

$$q_c = 44 \text{ kg/cm}^2 \text{ (dari data CPT pada lampiran)}$$

$$Q_{f1} = 0,005 \cdot q_c \cdot A_s$$

$$= 0,005 \cdot 44 \cdot 78539,8163$$

$$= 17278,7596 \text{ kg}$$

*Lapisan 2 ( $L = 2,00 \text{ m} = 200,00 \text{ cm}$ )*

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 200$$

$$= 31415,9265 \text{ cm}^2$$

$$q_c = 48 \text{ kg/cm}^2 \text{ (dari data CPT pada lampiran)}$$

$$Q_{f2} = 0,005 \cdot 48 \cdot 31415,9265$$

$$= 7539,8224 \text{ kg}$$

$$Q_r \text{ total} = Q_{r1} + Q_{r2}$$

$$= 17278,7596 + 7539,8224$$

$$= 24818,582 \text{ kg}$$

Maka kapasitas dukung ultimit pondasi tiang  $L/d < 15$  adalah :

$$Q_{ult} = Q_r \text{ total}$$

$$= 24818,582$$

$$Q_{all} = Q_{ult}/SF$$

diambil  $SF = 3$

$$Q_{all} = \frac{24818,582}{3}$$

$$= 8272,8607 \text{ kg}$$

### 3.3.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

Berdasarkan data karakteristik pondasi tiang pancang, diketahui :

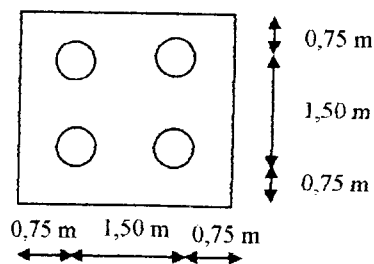
-Diameter tiang ( $d$ ) = 0,50 meter = 50,00 cm

1. Panjang tiang  $L/d > 15$  ;  $L = 25,00 \text{ m} = 2500,00 \text{ cm}$

Tiang kelompok 2x2

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 2}{2+2-2} = 1,57 \text{ m} ; \text{ dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



-Effisiensi kelompok tiang :

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

$$Q = \arctan d/s$$

$$= \arctan(0,5/1,5)$$

$$= 18,4349$$

$$m = 2$$

$$n = 2$$

maka didapat efisiensi kelompok tiang :

$$E_g = 1 - 18,4349 \frac{(2-1).2 \div (2-1).2}{90.2.2}$$

$$= 0,7952$$

Kapasitas dukung untuk tiang kelompok 2x2 :

$$Q_{ug} = Q_{all} \cdot n \cdot E_g$$

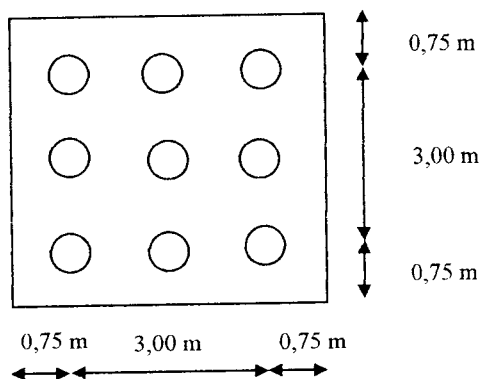
$$Q_{ug} = 136390,9358 \cdot 4 \cdot 0,7952$$

$$= 433832,2886 \text{ kg}$$

*Tiang kelompok 3x3*

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 3}{3+3-2} = 1,7663 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



-Efisiensi kelompok tiang :

$$Q = 18,4349$$

$$m = 3$$

$$n = 3$$

$$E_g = 1 - 18,4349 \frac{(3-1).3 \div (3-1).3}{90.3.3}$$

$$= 0,7269$$

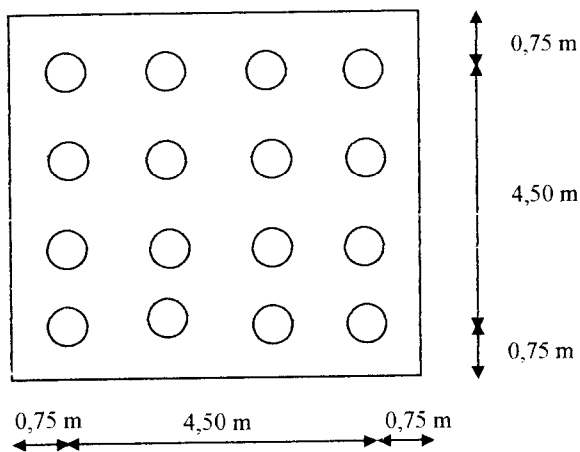
Maka kapasitas dukung untuk kelompok tiang 3x3

$$\begin{aligned} Q_{ug} &= Q_{all} \cdot n \cdot E_g \\ &= 136390,9358 \cdot 9 \cdot 0,7269 \\ &= 892283,1411 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Tiang kelompok 4x4*

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 4}{4+4-2} = 2,093 \text{ m} ; \text{ dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



- Effisiensi kelompok tiang :

$$Q = 18,4349$$

$$m = 4$$

$$n = 4$$

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - 18,4349 \frac{(4-1) \cdot 4 + (4-1) \cdot 4}{90 \cdot 4 \cdot 4} \\ &= 0,6928 \end{aligned}$$

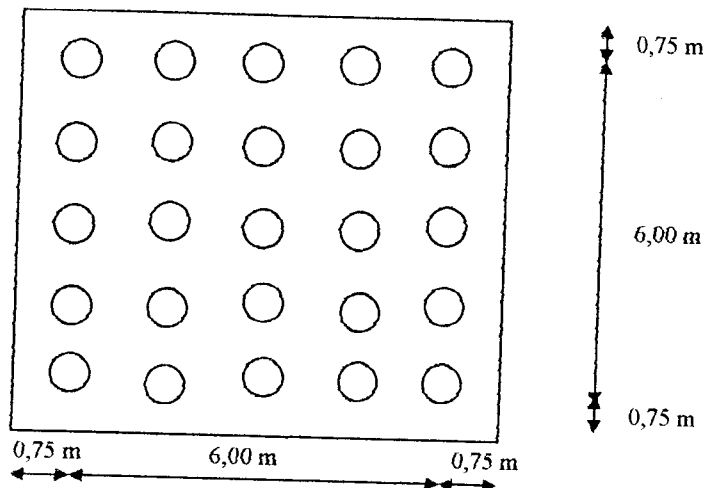
Maka kapasitas dukung kelompok tiang :

$$\begin{aligned} Q_{ug} &= Q_{all} \cdot n \cdot E_g \\ &= 136390,9358 \cdot 16 \cdot 0,6928 \\ &= 1511866,2450 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Tiang kelompok 5x5*

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 5}{5+5-2} = 2,453 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



- Effisiensi kelompok tiang

$$Q = 18,4349$$

$$n = 5$$

$$m = 5$$

$$E_g = 1 - 18,4349 \frac{(5-1)5 + (5-1)5}{90 \cdot 5 \cdot 5}$$

$$= 0,6723$$

Maka kapasitas dukung kelompok tiang 5x5

$$Q_{ug} = Q_{all} \cdot n \cdot E_g$$

$$= 136390,9358 \cdot 25 \cdot 0,6723$$

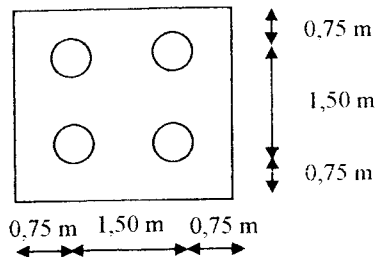
$$= 2292390,6530 \text{ kg}$$

**2. Panjang Tiang  $L/d < 15$  ;  $L = 7,00 \text{ m} = 700,00 \text{ m}$**

*Tiang Kelompok 2x2*

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 2}{2 + 2 - 2} = 1,57 \text{ m} ; \text{ dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



-Effisiensi kelompok tiang :

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

$$\begin{aligned} Q &= \text{arc tg } d/s \\ &= \text{arc tg } 0,5/1,5 \\ &= 18,4349 \end{aligned}$$

$$m = 2$$

$$n = 2$$

maka effisiensi kelompok tiang adalah :

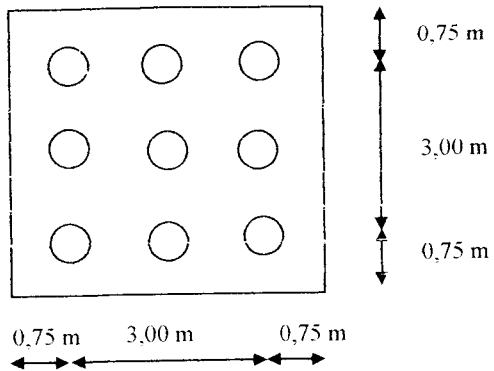
$$\begin{aligned} E_g &= 1 - 18,4349 \frac{(2-1)2 + (2-1)2}{90 \cdot 2 \cdot 2} \\ &= 0,7952 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{ug} &= Q_{all} \cdot n \cdot E_g \\ &= 8272,8607 \cdot 4 \cdot 0,7952 \\ &= 26314,3153 \text{ kg} \end{aligned}$$

*Tiang kelompok 3x3*

$$\text{- Dipakai } S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m + n - 2}$$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 3}{3 + 3 - 2} = 1,7663 \text{ m} ; \text{ dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



$$m = 3$$

$$n = 3$$

$$E_g = 1 - 18,4349 \frac{(3-1)3 + (3-1)3}{90.3.3}$$

$$= 0,7269$$

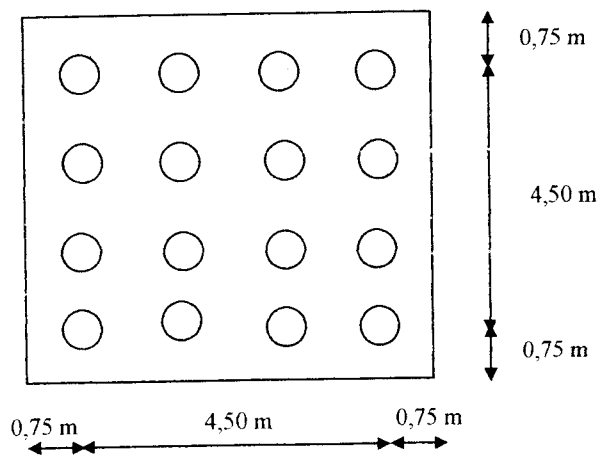
$$Q_{ug} = 8272,8607 \cdot 9 \cdot 0,7269$$

$$= 54121,8819 \text{ kg}$$

*Tiang kelompok 4x4*

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 4}{4+4-2} = 2,093 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



$$m = 4$$

$$n = 4$$

$$E_g = 1 - 18,4349 \frac{(4-1)4 + (4-1)4}{90.4.4}$$



$$= 0,6928 \text{ kg}$$

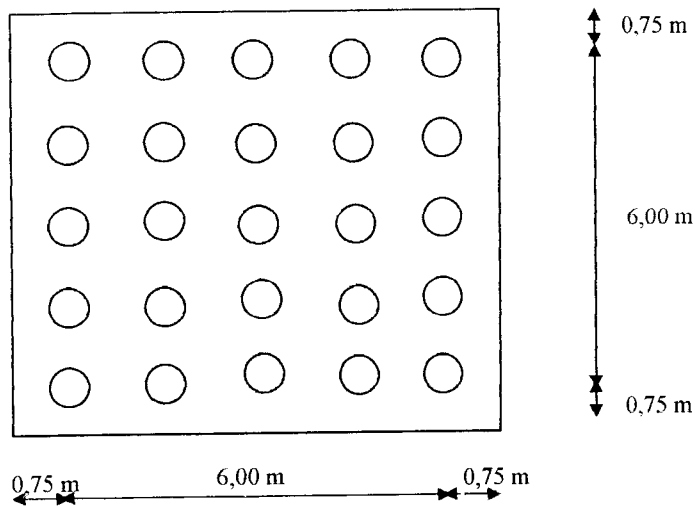
$$Q_{ug} = 8272,8607 \cdot 16 \cdot 0,6928$$

$$= 91703,0063 \text{ kg}$$

Tiang kelompok 5x5

$$\text{- Dipakai } S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 5}{5+5-2} = 2,453 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



$$m = 5$$

$$n = 5$$

$$E_g = 1 - 18,4349 \frac{(5-1)5 + (5-1)5}{90 \cdot 5 \cdot 5}$$

$$= 0,6723$$

$$Q_{ug} = 8272,8607 \cdot 25 \cdot 0,6723$$

$$= 139046,1062 \text{ kg}$$

### 3.4 Perhitungan Penurunan (“Settlement”)

#### 3.4.1 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Tunggal

Perhitungan penurunan pada tiang tunggal dibedakan atas penurunan pada tiang panjang  $L/d > 15$  dan tiang pendek  $L/d < 15$ .

### 1. Penurunan tiang tunggal $L/d > 15$ ; $L = 25,00 \text{ m} = 2500,00 \text{ cm}$

#### Penurunan Seketika

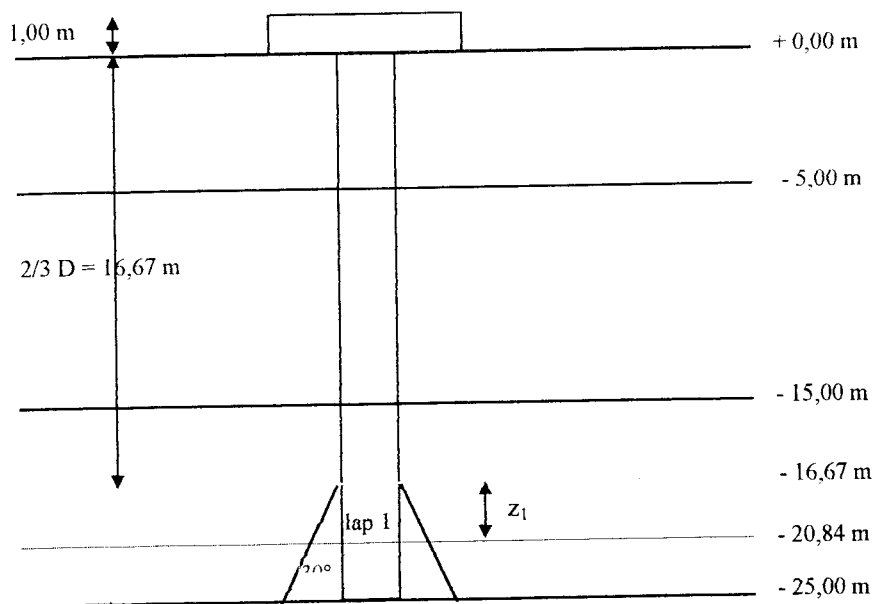
Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 530,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$



Gambar 3.1 Penurunan Tiang Tunggal  $L/D > 15$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 5400$$

$$= 67180,9725 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1}$$

$$= \frac{67180,9725}{530,9742 \cdot 530,9742}$$

$$= 0,2383 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned}
 E' &= 3 \cdot qc \\
 &= 3 \cdot 200 \\
 &= 600 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,7844$$

$$D/B = 3,9248$$

$$\mu_1 = 0,35$$

$$\mu_0 = 0,58$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_i &= \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'} \\
 S_i &= 0,35 \cdot 0,58 \cdot \frac{0,2383.530,9742}{600} \\
 &= 0,0428 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned}
 C_c &= 0,009 (50,10 - 10) \\
 &= 0,3609
 \end{aligned}$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 5400$$

$$= 67180,9725 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206$$

$$= 4,092 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2$$

$$= 281933,6011 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{67180,9725}{281933,6011} = 0,2383 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi adalah

$$S_c = \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,2382}{4,092}$$

$$= 4,8958 \text{ cm}$$

Maka besarnya penurunan tiang tunggal adalah :

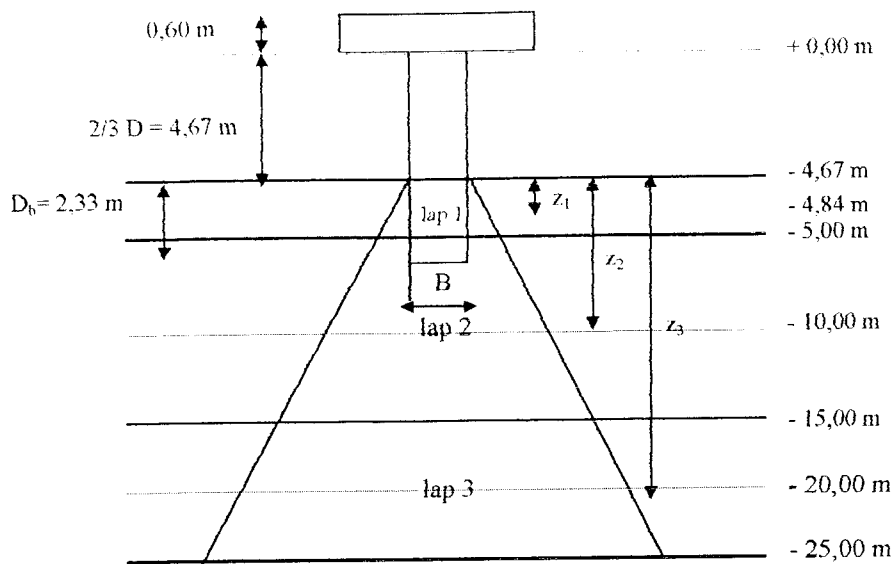
$$S_t = S_i + S_c$$

$$= 0,0482 + 4,8958$$

$$= 4,9386 \text{ cm}$$

## 2. Penurunan Tiang Tunggal dengan $L/d < 15$ ; $L = 7,00 \text{ m} = 700,00 \text{ cm}$

*Penurunan Konsolidasi*



Gambar 3.2 Penurunan Tiang Tunggal  $L/d < 15$

Lapisan 1 (H = -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1 + w)}{1 + e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1 + 0,182)}{1 + e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) \\ &= 0,4635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 3240 \\
 &= 56538,6723 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman -4,835 m

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\
 &= 4768,4825 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{56538,6723}{4768,4825} = 11,8567 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$\begin{aligned}
 S_{c1} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573+11,8567}{0,9573} \\
 &= 11,0606 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lapisan 2 (H = - 5,00 m s/d -15,00 m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1 + 0,1612)}{1 + e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (55,3 - 10) \\ &= 0,4077 \end{aligned}$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$\begin{aligned} &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 3240 \\ &= 56538,6723 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000 - 500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2 \\ &= 442901,4305 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{56538,6723}{442901,4305} = 0,1277 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$\begin{aligned} S_{c2} &= \frac{C_c}{1 + e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4077}{1 + 0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94 + 0,1277}{1,94} = 6,9676 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (50,10 - 10) \\ &= 0,3609 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 3240 \\ &= 56538,6723 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned} P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206 \\ &= 3,92 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2 \\ &= 3313522,671 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$



$$= \frac{56538,6723}{3313522,671} = 0,0171 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$\begin{aligned} S_{c3} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92+0,0171}{3,92} \\ &= 0,4519 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka penurunan pada tiang kelompok 2x2 adalah

$$\begin{aligned} S_c \text{ total} &= S_{c1} + S_{c2} + S_{c3} \\ &= 11,0606 + 6,9676 + 0,4519 \\ &= 18,4801 \text{ cm} \end{aligned}$$

### 3.4.2 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Kelompok

Penurunan seketika pada tiang kelompok dihitung dengan menggunakan konsep rakit ekuivalen, sedangkan penurunan konsolidasi dihitung dengan menggunakan besaran  $C_c$

#### 1. Tiang Kelompok dengan $L/d < 15$ ; $L = 7,00 \text{ m} = 700,00 \text{ cm}$

*Penurunan Konsolidasi*

*Tiang kelompok 2x2*

Lapisan 1 ( $H = -4,67 \text{ m}$  s/d  $-5,00 \text{ m}$ )

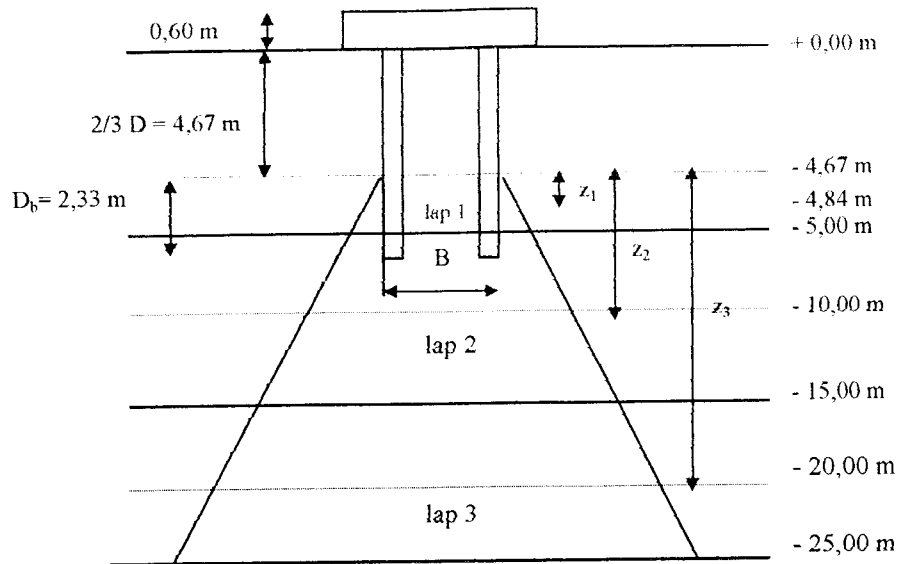
$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$



Gambar 3.3 Penurunan Tiang 2x2

Lapisan 1 (H = -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) \\ &= 0,4635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 500000 \text{ kg} + 60 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 500000 \text{ kg} + 12960 \\
 &= 76154,6892 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman  $-4,835$  m

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\
 &= 47984,7425 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{76154,6892}{47984,7425} = 1,5871 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$\begin{aligned}
 S_{c1} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573 + 1,5871}{0,9573} \\
 &= 4,1679 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lapisan 2 ( $H = -5,00$  m s/d  $-15,00$  m)

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1 + 0,1612)}{1 + e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (55,3 - 10) \\ &= 0,4077 \end{aligned}$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$\begin{aligned} &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 12960 \\ &= 76154,6892 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000 - 500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panajang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2 \\ &= 665053,9505 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{76154,6892}{665053,9505} = 0,1145 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$S_{c2} = \frac{C_c}{1 + e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$



$$= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94+0,1145}{1,94}$$

$$= 6,2676 \text{ cm}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10)$$

$$= 0,3609$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 12960$$

$$= 76154,6892 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206$$

$$= 3,92 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2$$

$$= 38821151910 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{76154,6892}{3882115,1910} = 0,0196 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$S_{c3} = \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92 + 0,0196}{3,92}$$

$$= 0,5179$$

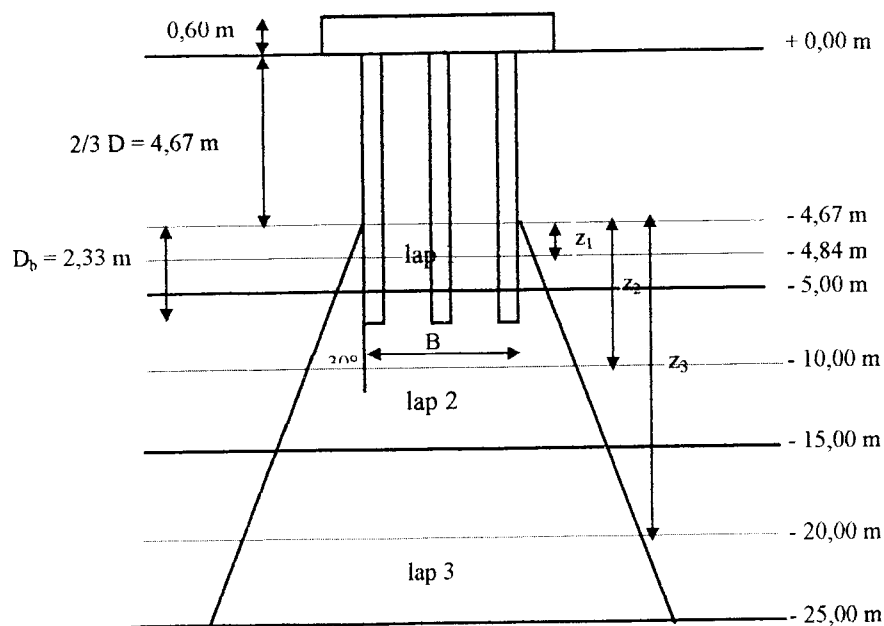
Maka penurunan pada tiang kelompok 2x2 adalah

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

$$= 4,1679 + 6,2676 + 0,5179$$

$$= 10,9534 \text{ cm}$$

*Tiang kelompok 3x3*



Gambar 3.4 Penurunan Tiang 3x3

Lapisan 1 (H= -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1 + w)}{1 + e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1 + 0,182)}{1 + e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) \\ &= 0,4635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 29160 \\ &= 108848,0506 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman  $-4,835 \text{ m}$

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\ &= 136201,0025 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{108848,0506}{136201,0025} = 0,7992 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$\begin{aligned} S_{c1} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573 + 0,7992}{0,9573} \\ &= 2,5879 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan 2 (L = - 5,00 m s/d -15,00 m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (55,3 - 10) \\ &= 0,4077 \end{aligned}$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 500000 \text{ kg} + 60 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 500000 \text{ kg} + 29160$$

$$= 108848,0506 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000-500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$



Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2 \\ &= 932206,4705 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{108848,0506}{932206,4705} = 0,1168 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$\begin{aligned} S_{c2} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94 + 0,1169}{1,94} \\ &= 6,3899 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Kompresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$$\begin{aligned}
P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
&= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024 \\
&= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 29160 \\
&= 108848,0506 \text{ kg}
\end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206 \\
&= 3,92 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $\frac{2}{3}$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$\begin{aligned}
z &= 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm} \\
A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
&= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2 \\
&= 4495707,7110 \text{ cm}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta p &= \frac{P}{A} \\
&= \frac{108848,0506}{4495707,7110} = 0,0242 \text{ kg/cm}^2
\end{aligned}$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$\begin{aligned}
S_{c3} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
&= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92+0,0242}{3,92} \\
&= 0,6390 \text{ cm}
\end{aligned}$$

Maka penurunan pada tiang kelompok 3x3 adalah

$$\begin{aligned}
S_c \text{ total} &= S_{c1} + S_{c2} + S_{c3} \\
&= 2,5879 + 6,3899 + 0,6390 \\
&= 9,6168 \text{ cm}
\end{aligned}$$

*Tiang Kelompok 4x4*

Lapisan 1 (H = -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

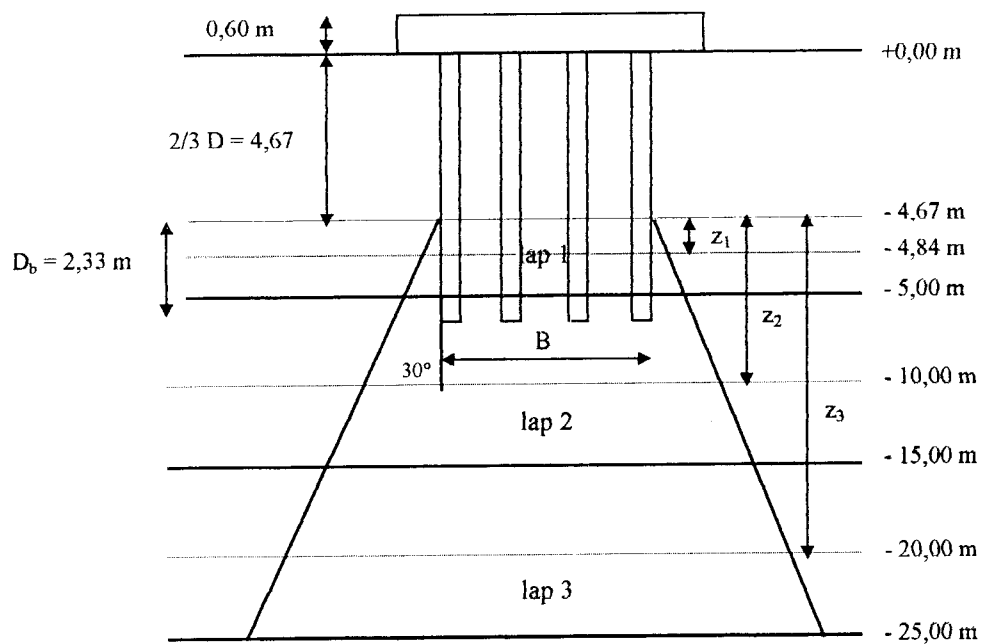
$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$



Gambar 3.5 Penurunan Tiang 4x4

$$LL = 61,50\%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) \\ &= 0,4635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 51840 \\
 &= 154618,7566 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman  $-4,835 \text{ m}$

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\
 &= 269417,2625 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{154618,7566}{269417,2625} = 0,5739 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$\begin{aligned}
 S_{cl} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573+0,5739}{0,9573} \\
 &= 2,0026 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lapisan 2 ( $H = -5,00 \text{ m s/d } -15,00 \text{ m}$ )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (55,3 - 10) \\ &= 0,4077 \end{aligned}$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 51840$$

$$= 154618,7566 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000-500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2$$

$$= 1244358,9900 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{154618,7566}{1244358,9900} = 0,1243 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 15-5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$S_{c2} = \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94+0,1243}{1,94} = 6,7877 \text{ cm}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (50,10 - 10) \\ &= 0,3609 \end{aligned}$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 51840$$

$$= 154618,7566 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned} P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206 \\ &= 3,92 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut 30° dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2$$

$$= 5154300,2310 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{154618,7566}{5154300,2310} = 0,0299 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$S_{c3} = \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,3606}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92 + 0,0299}{3,92}$$

$$= 0,7883 \text{ cm}$$

Maka penurunan pada tiang kelompok 4x4 adalah

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

$$= 2,0026 + 6,7877 + 0,7883$$

$$= 9,5786 \text{ cm}$$

*Tiang kelompok 5x5*

Lapisan 1 (H = -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

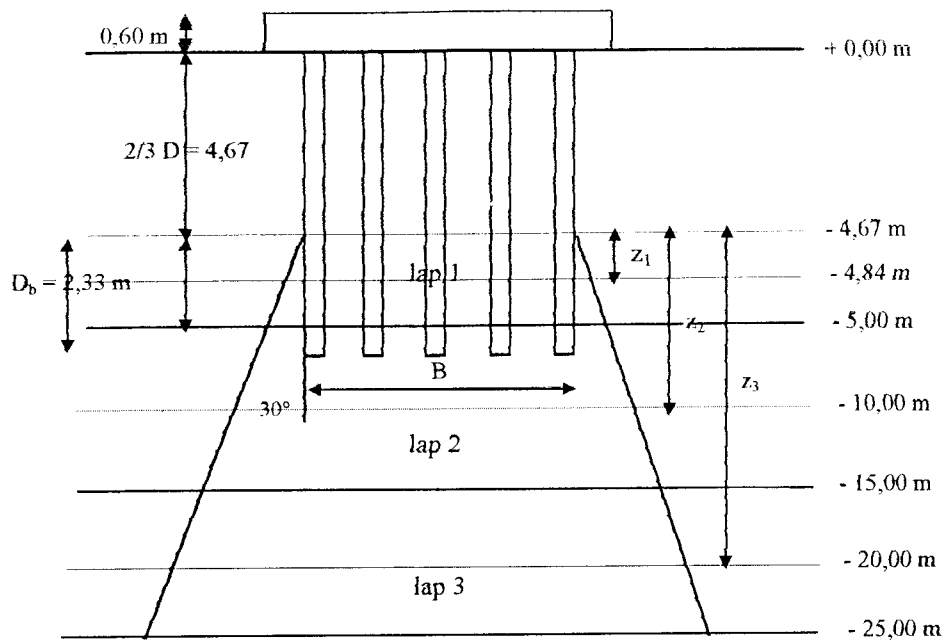
$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$



Gambar 3.6 Penurunan Tiang 5x5

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) \\ &= 0,4635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 81000 \\ &= 213466,8072 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman  $-4,835$  m

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \end{aligned}$$



$$= 447633,5225 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{213466,8072}{447633,5225} = 0,4769 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$S_{ci} = \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573+0,4769}{0,9573}$$

$$= 1,7236 \text{ cm}$$

Lapisan 2 (H = - 5,00 m s/d -15,00 m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (55,3 - 10)$$

$$= 0,4077$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 81000$$

$$= 213466,8072 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_0 = 500 \cdot 0,00198 + (1000-500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2 \\ &= 1601511,5100 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{213466,8072}{1601511,5100} = 0,1333 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$\begin{aligned} S_{c2} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94 + 0,1333}{1,94} \\ &= 7,2632 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 81000 \\
 &= 213466,8072 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
 P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206 \\
 &= 3,92 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2 \\
 &= 5857892,7510 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{213466,8072}{5857892,7510} = 0,0364 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

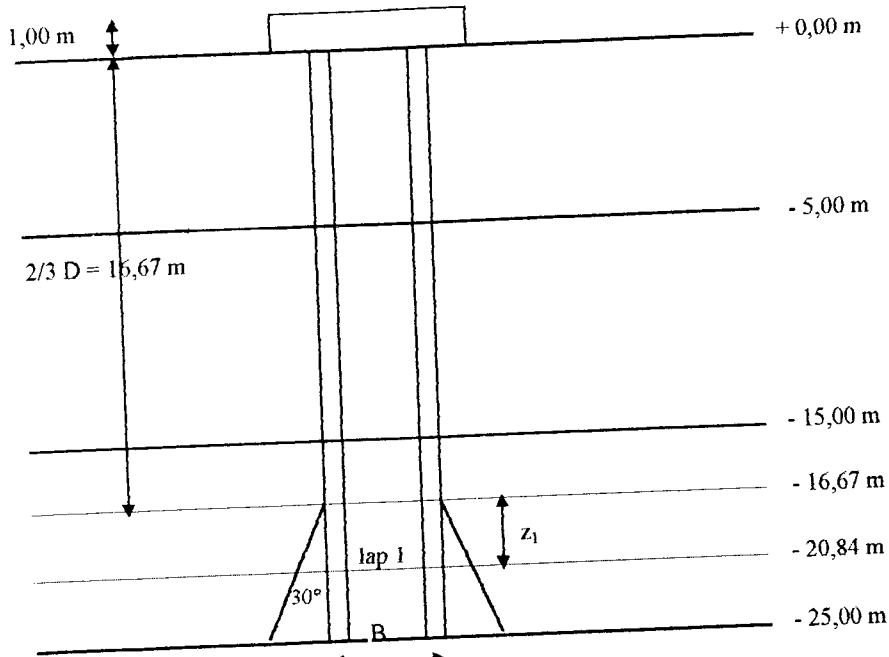
$$\begin{aligned}
 S_{c3} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92+0,0364}{3,92} \\
 &= 0,9597 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka penurunan pada tiang kelompok 5x5 adalah

$$\begin{aligned}
 S_c \text{ total} &= S_{c1} + S_{c2} + S_{c3} \\
 &= 1,7236 + 7,2632 + 0,9579 \\
 &= 9,9447 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## 2. Penurunan Tiang Kelompok dengan $L/d > 15$ ; $L = 25,00$ m

Tiang kelompok 2x2



Gambar 3.7 Penurunan Tiang 2x2

Penurunan Seketika

Lapisan 1

Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 680,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 21600$$

$$= 118723,8898 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1}$$

$$= \frac{118723,8898}{680,9742.680,9742}$$

$$= 0,2560$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$E' = 3 \cdot qc$$

$$= 3 \cdot 200$$

$$= 600 \text{ kg/cm}^2$$

$$H/B = 0,61$$

$$D/B = 3,06$$

$$\mu_1 = 0,32$$

$$\mu_0 = 0,59$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

$$S_i = 0,32 \cdot 0,59 \cdot \frac{0,2560.680,9742}{600}$$

$$S_i = 0,0549 \text{ cm}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normaly consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 21600 \\ &= 118723,8898 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned} P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206 \\ &= 4,092 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut 30° dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 \\ &= 463725,8611 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{118723,8898}{463725,8611} = 0,2560 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

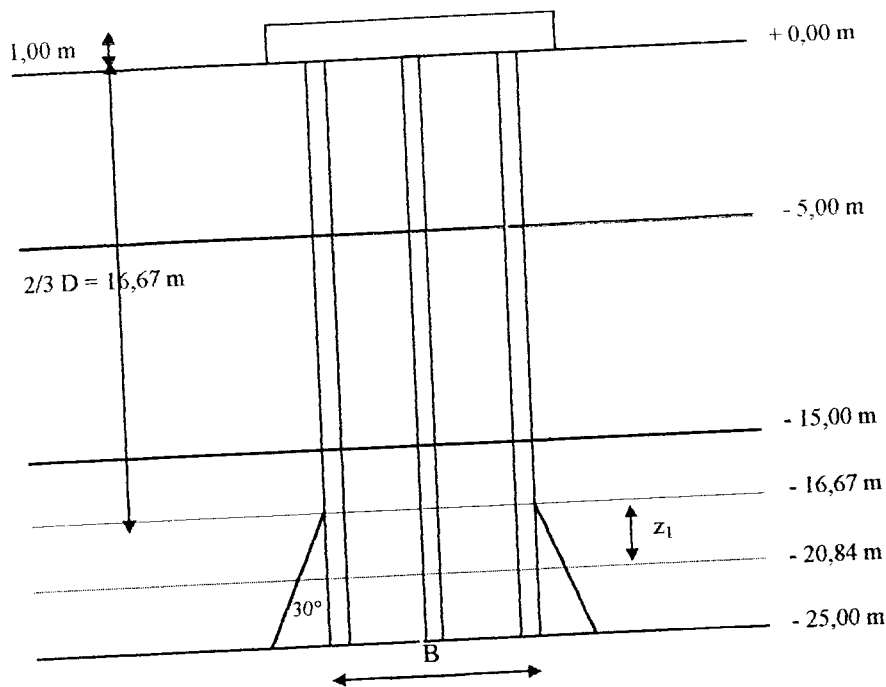
Penurunan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,2560}{4,092} \\ &= 5,2486 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang 2x2 adalah

$$\begin{aligned} S_t &= S_i + S_c \\ &= 0,0549 + 5,2486 = 5,3035 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Tiang Kelompok 3x3



Gambar 3.8 Penurunan Tiang 3x3

### Penurunan Seketika

#### Lapisan 1

Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 830,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 48600$$

$$= 204628,7521 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1}$$

$$= \frac{204628,7521}{830,9742 \cdot 830,9742}$$

$$= 0,2963 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$E' = 3 \cdot qc$$

$$= 3 \cdot 200$$

$$= 600 \text{ kg/cm}^2$$

$$H/B = 0,50$$

$$D/B = 2,51$$

$$\mu_1 = 0,30$$

$$\mu_0 = 0,62$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

$$S_i = 0,30 \cdot 0,62 \cdot \frac{0,2963 \cdot 830,9742}{600}$$

$$S_i = 0,0763 \text{ cm}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normaly consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10)$$

$$= 0,3609$$



$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 48600 \\
 &= 204628,7521 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
 P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206 \\
 &= 4,092 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut 30° dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 \\
 &= 690518,1211 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{204628,7521}{690518,1211} = 0,2963 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,511} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,2963}{4,092} \\
 &= 6,0406 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang kelompok 3x3 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_t &= S_i + S_c \\
 &= 0,0763 + 6,0406 \\
 &= 6,1169 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tiang Kelompok 4x4

Penurunan Seketika

Lapisan 1

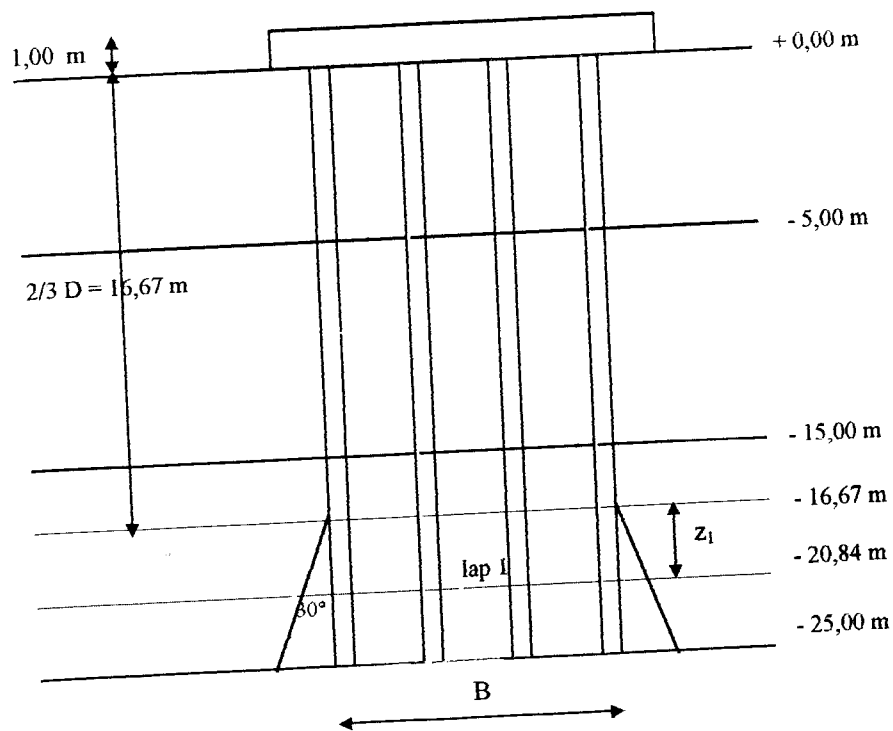
Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 980,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$



Gambar 3.9 Penurunan Tiang 4x4

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 86400$$

$$= 324895,5592 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1}$$

$$= \frac{324895,5592}{980,9742 \cdot 980,9742} = 0,3376 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned} E' &= 3 \cdot qc \\ &= 3 \cdot 200 \\ &= 600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,42$$

$$D/B = 2,12$$

$$\mu_1 = 0,22$$

$$\mu_0 = 0,64$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

$$S_i = 0,22 \cdot 0,64 \cdot \frac{0,3376 \cdot 980,9742}{600}$$

$$S_i = 0,0777 \text{ cm}$$

### *Penurunan konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 86400 \\
 &= 324895,5592 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
 P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206 \\
 &= 4,092 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut 30° dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$\begin{aligned}
 z &= 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm} \\
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 \\
 &= 962310,3811 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{324895,5592}{962310,3811} = 0,3376 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

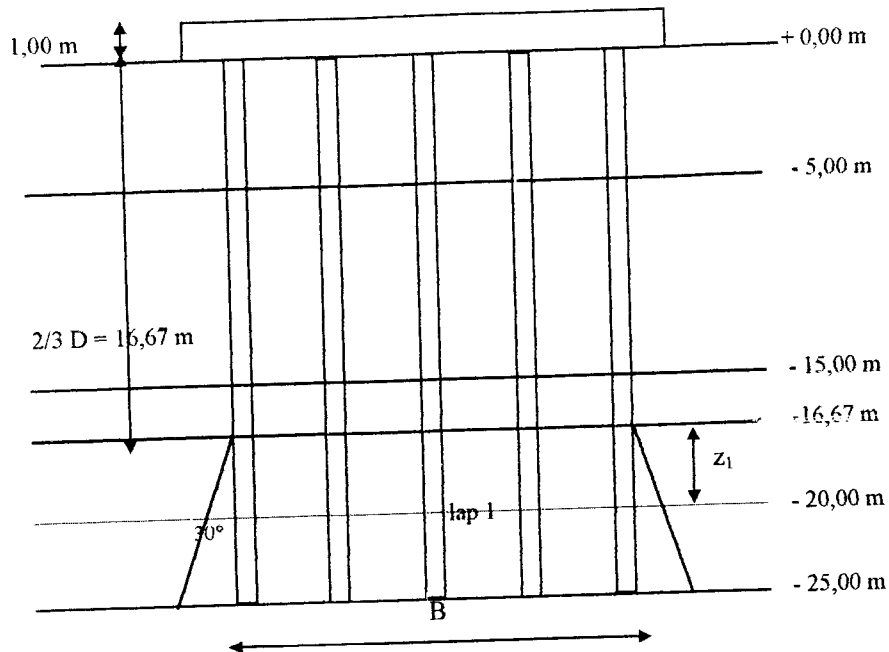
Penurunan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,3376}{4,092} \\
 &= 6,8568 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang kelompok 4x4 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_t &= S_i + S_c \\
 &= 0,0777 + 6,8568 \\
 &= 6,9345 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Tiang Kelompok 5x5



Gambar 3.10 Penurunan Tiang 5x5

### Penurunan Seketika

#### Lapisan 1

Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 1130,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 135000$$

$$= 479524,3113 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 B_1}$$

$$= \frac{479524,9742}{1130,9742 \cdot 1130,9742} = 0,3749 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned} E' &= 3 \cdot qc \\ &= 3 \cdot 200 \\ &= 600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,37$$

$$D/B = 1,84$$

$$\mu_1 = 0,18$$

$$\mu_0 = 0,66$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$\begin{aligned} S_i &= \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'} \\ S_i &= 0,18 \cdot 0,66 \cdot \frac{0,3749 \cdot 1130,9742}{600} \\ S_i &= 0,0840 \text{ cm} \end{aligned}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normaly consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (50,10 - 10) \\ &= 0,3609 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 135000 \\
 &= 479524,3113 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
 P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206 \\
 &= 4,092 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 \\
 &= 1279102,6410 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{479524,3113}{1279102,6410} = 0,3749 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,3749}{4,092} \\
 &= 7,5821 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang kelompok 5x5 adalah

$$\begin{aligned}
 S_t &= S_i + S_c \\
 &= 0,0842 + 7,5821 \\
 &= 7,6661 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## **BAB IV**

### **PERENCANAAN KAPASITAS DUKUNG DENGAN METODE TOMLINSON**

#### **4.1 Umum**

Untuk memperjelas uraian yang telah diberikan pada bab-bab sebelumnya, berikut akan diberikan suatu aplikasi perhitungan kapasitas dukung pondasi. Perhitungan yang dilakukan meliputi kapasitas dukung ujung dan kapasitas dukung friksi pada pondasi tiang pendek, tiang panjang dan tiang kelompok serta besarnya penurunan yang terjadi akibat pembebanan.

#### **4.2 Data Perencanaan**

##### **4.2.1 Data Karakteristik Tanah**

Data karakteristik tanah pada perencanaan kapasitas dukung pondasi ini menggunakan data tanah pada proyek PLTA Tulis Banjarnegara pada titik 16. Kondisi tanahnya berupa batu lempung sampai kedalaman 24,00 meter, sedangkan pada kedalaman 25,00 meter berupa batu pasir. Kohesi (C) pada kedalaman sampai 5,00 meter adalah  $0,45 \text{ kg/cm}^2$  pada kedalaman 15,00 meter adalah  $0,30 \text{ kg/cm}^2$  dan pada kedalaman 25,00 meter adalah  $0,49 \text{ kg/cm}^2$ . Sudut geser yang terjadi pada kedalaman 5,00 meter adalah  $18^\circ$  pada kedalaman 15,00 meter adalah  $18^\circ$  dan pada kedalaman 25,00 meter adalah  $26^\circ$ .

##### **4.2.2 Data Karakteristik Tiang Pancang**

Struktur pondasi tiang pancang yang digunakan adalah pondasi dengan diameter 0,50 meter berupa tiang tunggal dan tiang kelompok, kedalaman untuk tiang pendek 7,00 meter dan kedalaman untuk tiang panjang 25,00 meter. Modulus elastik tiang adalah  $2,90 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$ .



### 4.3 Perhitungan Kapasitas Dukung dengan Metode Tomlinson

Perhitungan kapasitas dukung dengan metode Tomlinson dibagi berdasarkan ukuran butiran tanah yang disesuaikan dengan jenis tanah hasil penelitian. Jenis tanah pada proyek PLTA Tulis Banjarnegara dapat dikategorikan sebagai tanah pada umumnya ( $\phi$ -c soils).

#### 4.3.1 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Tunggal

Berdasarkan data karakteristik pondasi tiang pancang, diketahui :

Diameter tiang pancang ( $d$ ) = 0,50 m = 50,00 cm

1. Panjang tiang  $L/d > 15$  ;  $L = 25$  m = 2500 cm

*Kapasitas dukung ujung*

$$\begin{aligned} \text{Luas penampang tiang } (A_p) &= 1/4 \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot (50)^2 \\ &= 1963,4954 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Kohesi rata-rata tanah ( $C_r$ ),

$$\begin{aligned} C_r &= \frac{C_1 \cdot L_1 + C_2 \cdot L_2 + C_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3} \\ C_r &= \frac{0,45 \cdot 5 + 0,3 \cdot 10 + 0,49 \cdot 10}{5 + 10 + 10} \\ &= 0,406 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

Sudut geser rata-rata ( $\phi_r$ )

$$\begin{aligned} \phi_r &= \text{tg}^{-1} \frac{\text{tg}\phi_1 \cdot L_1 + \text{tg}\phi_2 \cdot L_2 + \text{tg}\phi_3 \cdot L_3}{L_1 + L_2 + L_3} \\ \phi_r &= \text{tg}^{-1} \frac{\text{tg}18^\circ \cdot 5 + \text{tg}18^\circ \cdot 10 + \text{tg}26^\circ \cdot 10}{5 + 10 + 10} \\ &= 21,31^\circ \end{aligned}$$

Dari gambar 2.3 didapat harga-harga

$$N_q = 8$$

$$N_c = 20$$

Harga effective overburden pressure ( $\bar{q}$ ) :

$$\begin{aligned}\bar{q} &= \sum \gamma \cdot h_i \\ &= \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3 \\ &= 0,00198 \cdot 500 + 0,0019 \cdot 1000 + 0,00206 \cdot 1000 \\ &= 4,95 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Kapasitas dukung ujung pondasi tiang tunggal  $L/d > 15$ , menurut Tomlinson adalah :

$$\begin{aligned}Q_e &= A_p (c \cdot N_c + \bar{q} \cdot N_q) \\ &= 1963,4954 (0,406 \cdot 20 + 4,95 \cdot 8) \\ &= 93698,0005 \text{ kg}\end{aligned}$$

*Kapasitas dukung friksi*

*Lapisan 1 ( $L = 5,00 \text{ m} = 500,00 \text{ cm}$ )*

$$c = 0,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 18^\circ ; \phi' = 2/3 \cdot \phi = 12^\circ$$

$$\delta = 2/3 \cdot \phi' = 8^\circ$$

$$\bar{q} = \gamma \cdot h_i = 0,00198 \cdot 500 = 0,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = K_o = (1 - \sin \phi') \sqrt{OCR} ; \text{ nilai OCR diambil } = 1$$

$$= (1 - \sin 12) \sqrt{1}$$

$$= 0,7921^\circ$$

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 500$$

$$= 78539,8163 \text{ cm}^2$$

$$q_u = 1,26 \text{ kg/cm}^2 = 126 \text{ KN/m}^2 \text{ (dari data laboraorium pada lampiran)}$$

$$C_u = 0,5 \cdot q_u = 0,5 \cdot 126 = 63 \text{ KN/m}^2$$

Dari gambar 2.4 didapat harga

$$\alpha = 1$$

$$Q_{\text{f}} = \alpha \cdot c \cdot A_s + K \cdot \bar{q} \cdot \tan \delta \cdot A_s$$

$$= 1 \cdot 0,45 \cdot 78539,8163 + 0,7921 \cdot 0,99 \cdot \tan 8 \cdot 78539,8163$$

$$= 43998,7254 \text{ kg}$$

Lapisan 2 ( $L = 10,00 \text{ m} = 1000,00 \text{ cm}$ )

$$c = 0,30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 18^\circ ; \phi' = 2/3 \cdot \phi = 12^\circ$$

$$\delta = 2/3 \cdot \phi' = 8^\circ$$

$$\bar{q} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 = 0,00198 \cdot 500 + 0,0019 \cdot 1000 = 2,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = K_o = (1 - \sin 12) \sqrt{1}$$

$$= 0,7921$$

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 1000$$

$$= 157079,6327 \text{ cm}^2$$

$$q_u = 0,84 \text{ kg/cm}^2 = 84 \text{ KN/m}^2 \text{ (dari data laboratorium pada lampiran)}$$

$$C_u = 0,5 \cdot q_u = 0,5 \cdot 84 = 42 \text{ KN/m}^2$$

Dari gambar 2.9 didapat harga

$$\alpha = 1$$

$$Q_{R2} = \alpha \cdot c \cdot A_s + K \cdot \bar{q} \cdot \tan \delta \cdot A_s$$

$$= 1 \cdot 0,30 \cdot 157079,6327 + 0,7921 \cdot 2,98 \cdot \tan 8 \cdot 157079,6327$$

$$= 99239,0030 \text{ kg}$$

Lapisan 3 ( $L = 10,00 \text{ m} = 1000,00 \text{ cm}$ )

$$c = 0,49 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 26^\circ ; \phi' = 2/3 \cdot \phi = 17,33^\circ$$

$$\delta = 2/3 \cdot \phi' = 11,55^\circ$$

$$\bar{q} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 + \gamma_3 \cdot h_3$$

$$= 0,00198 \cdot 5000 + 0,0019 \cdot 1000 + 0,00206 \cdot 1000 = 4,95 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = K_o = (1 - \sin 17,33) \sqrt{1}$$

$$= 0,7021$$

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 1000$$

$$= 157079,6327 \text{ cm}^2$$

$$q_u = 1,57 \text{ kg/cm}^2 = 157 \text{ KN/m}^2 \text{ (dari data laboratorium pada lampiran)}$$

$$C_u = 0,5 \cdot q_u = 0,5 \cdot 157 = 78,5 \text{ KN/m}^2$$

Dari gambar 2.4 didapat harga

$$\alpha = 1$$

$$\begin{aligned} Q_{f3} &= \alpha \cdot c \cdot A_s + K \cdot q \cdot \tan \delta \cdot A_s \\ &= 1 \cdot 0,49 \cdot 157079,6327 + 0,7021 \cdot 4,95 \cdot \tan 11,55 \cdot 157079,6327 \\ &= 188516,7492 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_f \text{ total} &= Q_{f1} + Q_{f2} + Q_{f3} \\ &= 43998,7254 + 99239,003 + 188516,7492 \\ &= 331754,4776 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka kapasitas dukung ultimit pondasi tiang pancang  $L/d > 15$  menurut Tomlinson adalah :

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_e + Q_f \\ &= 93698,0005 + 331754,4776 \\ &= 425452,4781 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

nilai SF diambil = 3

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{425452,4781}{3} \\ &= 141817,4927 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 2. Panjang tiang $L/d < 15$ ; $L = 7 \text{ m} = 700 \text{ cm}$

*Kapasitas dukung friksi*

*Lapisan 1 ( $L = 5,00 \text{ m} = 500,00 \text{ cm}$ )*

$$c = 0,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 18^\circ ; \phi' = 2/3 \cdot \phi = 12^\circ$$

$$\delta = 2/3 \cdot \phi' = 8^\circ$$

$$\bar{q} = \gamma \cdot h = 0,00198 \cdot 500 = 0,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} K &= K_o = (1 - \sin \phi') \sqrt{OCR} ; \text{ nilai OCR diambil} = 1 \\ &= (1 - \sin 12) \sqrt{1} = 0,7921 \end{aligned}$$

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 500$$

$$= 78539,8163 \text{ cm}^2$$

$$q_u = 1,26 \text{ kg/cm}^2 = 126 \text{ KN/m}^2 \text{ (dari data laboratorium pada lampiran)}$$

$$C_u = 0,5 \cdot q_u = 0,5 \cdot 126 = 63 \text{ KN/m}^2$$

Dari gambar 2.4 didapat harga

$$\alpha = 0,9$$

$$Q_{f1} = \alpha \cdot c \cdot A_s + K \cdot q \cdot \tan \delta \cdot A_s$$

$$= 0,9 \cdot 0,45 \cdot 78539,8163 + 0,7921 \cdot 0,99 \cdot \tan 8 \cdot 78539,8163$$

$$= 40464,4337 \text{ kg}$$

*Lapisan 2* ( $L = 2,00 \text{ m} = 200,00 \text{ cm}$ )

$$c = 0,30 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi = 18^\circ ; \phi' = 2/3 \cdot \phi = 12^\circ$$

$$\delta = 2/3 \cdot \phi' = 8^\circ$$

$$\bar{q} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 = 0,00198 \cdot 500 + 0,0019 \cdot 200 = 1,37 \text{ kg/cm}^2$$

$$K = K_o = (1 - \sin 12) \sqrt{1}$$

$$= 0,7921$$

$$A_s = 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 200$$

$$= 31415,9265 \text{ cm}^2$$

$$q_u = 0,84 \text{ kg/cm}^2 = 84 \text{ KN/m}^2 \text{ (dari data laboratorium pada lampiran)}$$

$$C_u = 0,5 \cdot q_u = 0,5 \cdot 84 = 42 \text{ KN/m}^2$$

Dari gambar 2.4 didapat harga

$$\alpha = 0,98$$

$$Q_{f2} = \alpha \cdot c \cdot A_s + K \cdot q \cdot \tan \alpha \cdot A_s$$

$$= 0,98 \cdot 0,30 \cdot 31415,9265 + 0,7921 \cdot 1,37 \cdot \tan 8 \cdot 31415,9265$$

$$= 14027,5782 \text{ kg}$$

$$Q_f \text{ total} = Q_{f1} + Q_{f2}$$

$$= 40464,4337 + 14027,5782 = 54492,0119 \text{ kg}$$

Kapasitas dukung ultimit pondasi tiang pancang  $L/d < 15$  adalah

$$Q_{ult} = Q_r \text{ total} \\ = 54492,0119 \text{ kg}$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

nilai SF diambil = 3

$$Q_{all} = \frac{54492,0119}{3} \\ = 18164,0040 \text{ kg}$$

### 4.3.2 Perhitungan Kapasitas Dukung Tiang Kelompok

Berdasarkan data karakteristik pondasi tiang pancang, diketahui :

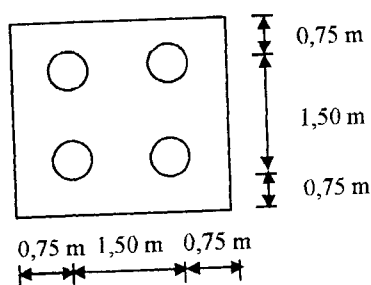
Diameter tiang pancang ( $d$ ) = 0,50 meter = 50,00 cm

**1. Panjang tiang  $L/d > 15$  ;  $L = 25,00 \text{ m} = 2500,00 \text{ cm}$**

*Tiang kelompok 2x2*

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 2}{2+2-2} = 1,57 \text{ m} ; \text{ dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



- Efisiensi kelompok tiang :

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

$$Q = \arctan d/s \\ = \arctan 0,5/1,5 \\ = 18,43495$$

$$n = 2$$

$$m = 2$$

didapat efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(2-1).2 + (2-1).2}{90.2.2}$$

$$= 0,7952$$

$$Q_{all} = 141817,4927 \text{ kg}$$

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

Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok 2x2

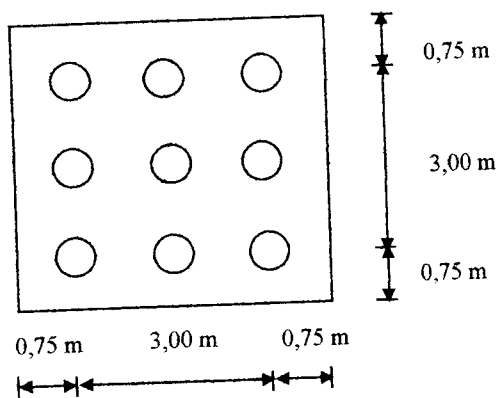
$$Q_{ug} = Q_{all} \cdot n \cdot E_g$$

$$= 141817,4927 \cdot 4 \cdot 0,7952 = 451093,0808 \text{ kg}$$

*Tiang kelompok 3x3*

$$\text{- Dipakai } S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 3}{3+3-2} = 1,7663 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



-Efisiensi kelompok tiang

$$Q = 18,43495$$

$$n = 3$$

$$m = 3$$

didapat efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(3-1).3 + (3-1).3}{90.3.3} = 0,7269$$

$$Q_{\text{all}} = 141817,4927 \text{ kg}$$

$$\text{jumlah tiang (n)} = 9$$

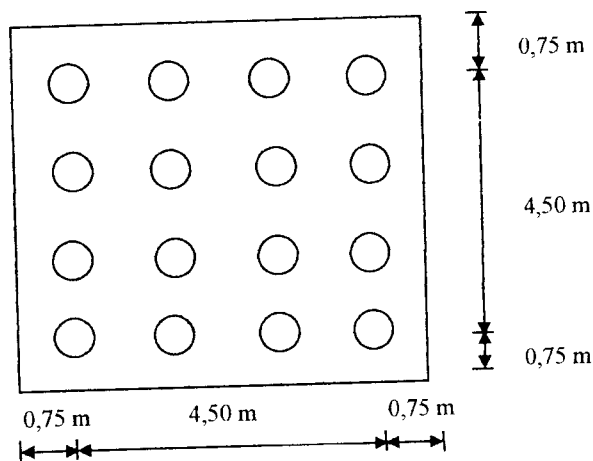
Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok 3x3

$$Q_{\text{ug}} = Q_{\text{all}} \cdot n \cdot E_g \\ = 141817,4927 \cdot 9 \cdot 0,7269 = 927748,2190 \text{ kg}$$

Tiang kelompok 4x4

$$\text{- Dipakai } S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 4}{4+4-2} = 2,093 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



- Effisiensi kelompok tiang

$$Q = 18,43495$$

$$n = 4$$

$$m = 4$$

didapat efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(4-1) \cdot 4 + (4-1) \cdot 4}{90 \cdot 4 \cdot 4} = 0,6928$$

$$Q_{\text{all}} = 141817,4927$$

$$\text{jumlah tiang (n)} = 16$$

Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok 4x4

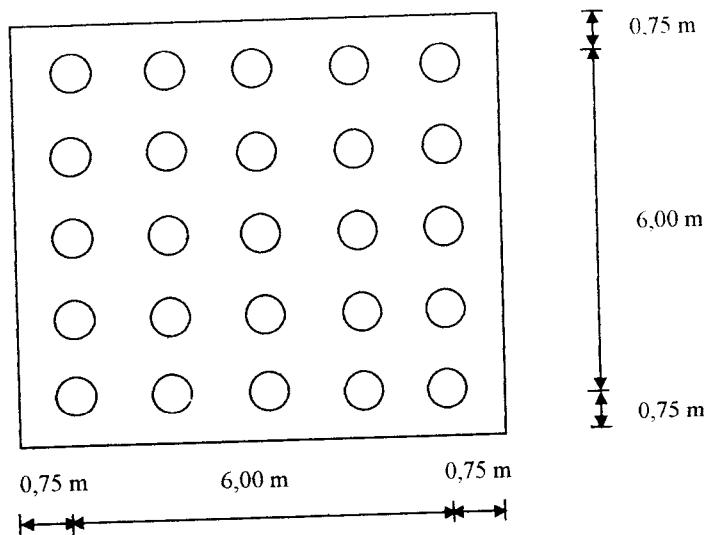
$$Q_{\text{ug}} = Q_{\text{all}} \cdot n \cdot E_g \\ = 141817,4927 \cdot 16 \cdot 0,6928 = 1572018,5430 \text{ kg}$$



### Tiang kelompok 5x5

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 5}{5+5-2} = 2,453 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



### - Effisiensi kelompok tiang

$$Q = 18,43495$$

$$n = 5$$

$$m = 5$$

didapat effisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(5-1) \cdot 5 + (5-1) \cdot 5}{90 \cdot 5,5} = 0,6723$$

$$Q_{\text{all}} = 141817,4927 \text{ kg}$$

$$\text{jumlah tiang } (n) = 25$$

Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok

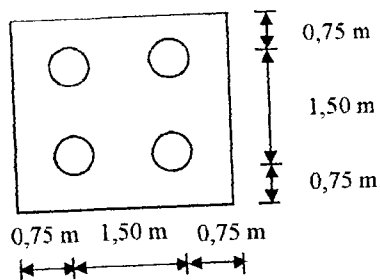
$$\begin{aligned} Q_{\text{ug}} &= Q_{\text{all}} \cdot n \cdot E_g \\ &= 141817,4927 \cdot 25 \cdot 0,6723 \\ &= 2383597,5090 \text{ kg} \end{aligned}$$

## 2. Panjang tiang $L/d < 15$ ; $L = 7,00 \text{ m} = 700,00 \text{ cm}$

Tiang kelompok 2x2

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 2 \cdot 2}{2+2-2} = 1,57 \text{ m} ; \text{ dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



- Effisiensi kelompok tiang

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

$$Q = \text{arc tan } d/s$$

$$= \text{arc tan } 0,5/1,5$$

$$= 18,43495$$

$$n = 2$$

$$m = 2$$

didapat effisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(2-1) \cdot 2 + (2-1) \cdot 2}{90 \cdot 2 \cdot 2}$$

$$= 0,7952$$

$$Q_{\text{all}} = 18164,0040 \text{ kg}$$

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

Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok 2x2

$$Q_{\text{ug}} = Q_{\text{all}} \cdot n \cdot E_g$$

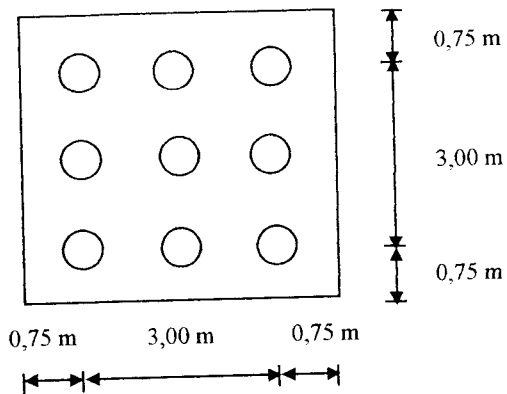
$$= 18164,0040 \cdot 4 \cdot 0,7952$$

$$= 57776,0640 \text{ kg}$$

### Tiang kelompok 3x3

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 3 \cdot 3}{3+3-2} = 1,7663 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



- Effisiensi kelompok tiang

$$Q = 18,43495$$

$$n = 3$$

$$m = 3$$

didapat effisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(3-1) \cdot 3 + (3-1) \cdot 3}{90 \cdot 3 \cdot 3}$$

$$= 0,7269$$

$$Q_{all} = 18164,0040 \text{ kg}$$

$$\text{jumlah tiang } (n) = 9$$

Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok 3x3

$$Q_{ug} = Q_{all} \cdot n \cdot E_g$$

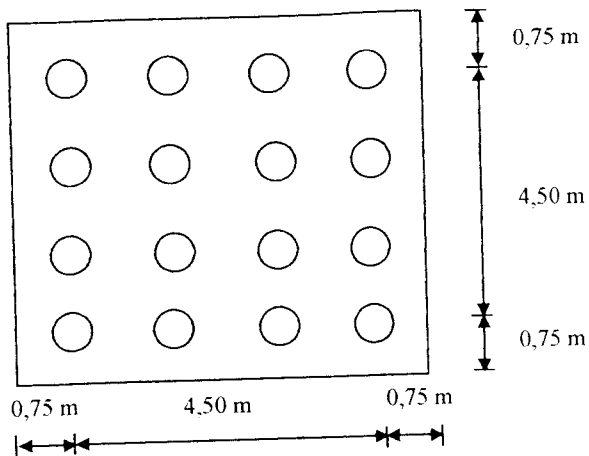
$$= 18164,0040 \cdot 9 \cdot 0,7269$$

$$= 118830,7306 \text{ kg}$$

### Tiang kelompok 4x4

- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 4 \cdot 4}{4+4-2} = 2,093 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$



-Effisiensi kelompok tiang

$$Q = 18,43495$$

$$n = 4$$

$$m = 4$$

didapat efisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(4-1).4 + (4-1).4}{90.4.4} = 0,6928$$

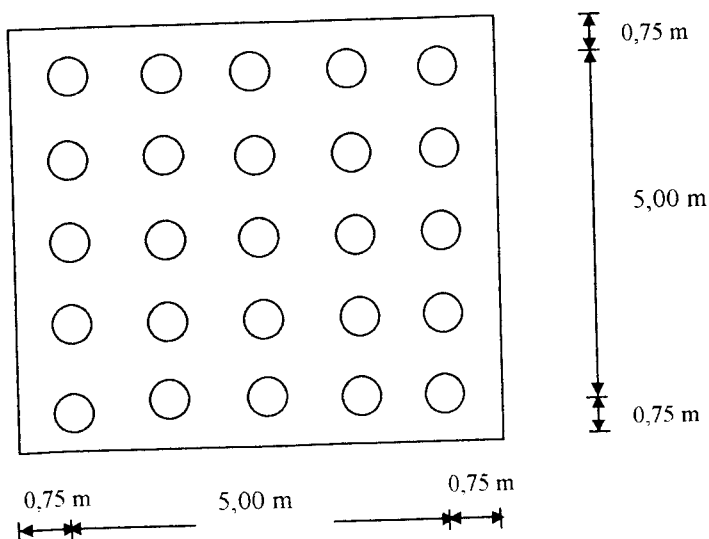
$$Q_{all} = 18164,0040 \text{ kg}$$

$$\text{jumlah tiang (n)} = 16$$

Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok 4x4

$$Q_{ug} = Q_{all} \cdot n \cdot E_g = 18164,004 \cdot 16 \cdot 0,6928 = 201344,3515 \text{ kg}$$

*Tiang kelompok 5x5*



- Dipakai  $S \leq \frac{1,57 \cdot d \cdot m \cdot n}{m+n-2}$

$$S \leq \frac{1,57 \cdot 0,5 \cdot 5 \cdot 5}{5+5-2} = 2,453 \text{ m ; dipakai } S = 1,50 \text{ m} = 150 \text{ cm}$$

- Effisiensi kelompok tiang

$$Q = 18,43495$$

$$n = 5$$

$$m = 5$$

didapat effisiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - 18,43495 \frac{(5-1) \cdot 5 + (5-1) \cdot 5}{90 \cdot 5 \cdot 5}$$

$$= 0,6723$$

$$Q_{\text{all}} = 18164,0040 \text{ kg}$$

$$\text{jumlah tiang (n)} = 25$$

Maka kapasitas dukung pondasi tiang kelompok 5x5

$$Q_{\text{ug}} = Q_{\text{all}} \cdot n \cdot E_g$$

$$= 18164,0040 \cdot 25 \cdot 0,6723$$

$$= 305291,4972 \text{ kg}$$

#### 4.4 Perhitungan Penurunan

##### 4.4.1 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Tunggal

Perhitungan penurunan pada tiang tunggal dibedakan atas penurunan pada tiang panjang  $L/d > 15$  dan tiang pendek  $L/d < 15$ .

##### 1. Penurunan tiang tunggal $L/d > 15$ ; $L = 25,00 \text{ m} = 2500,00 \text{ cm}$

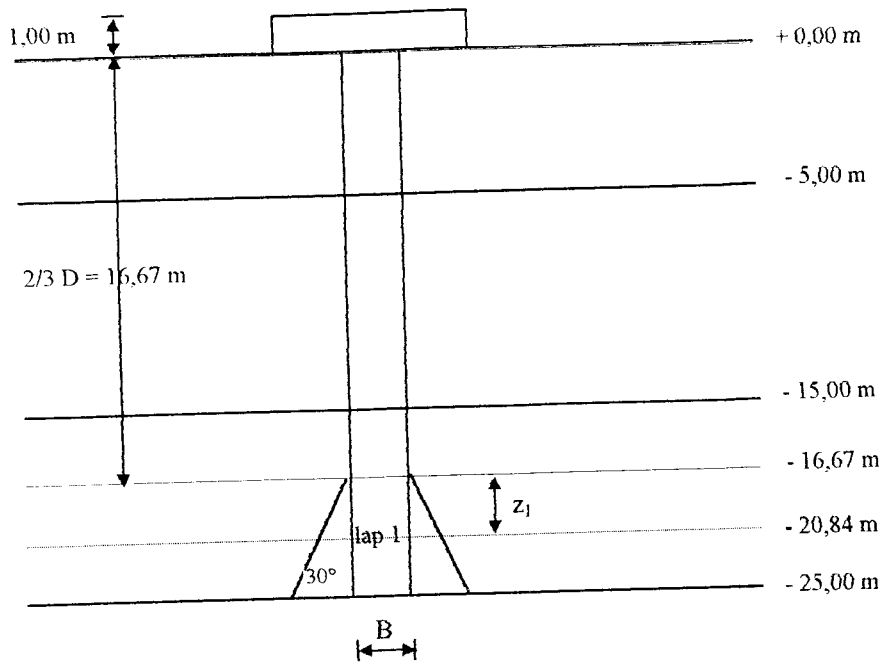
*Penurunan Seketika*

Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 530,9742 \text{ cm}$$



Gambar 4.1 Penurunan Tiang Tunggal  $L/D > 15$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 5400 \\
 &= 67180,9725 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1} \\
 &= \frac{67180,9725}{530,9742 \cdot 530,9742} = 0,2383 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned}
 E' &= 3 \cdot q_c \\
 &= 3 \cdot 200 \\
 &= 600 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,7844$$

$$D/B = 3,9248$$

$$\mu_1 = 0,35$$

$$\mu_0 = 0,58$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

$$S_i = 0,35 \cdot 0,58 \cdot \frac{0,2383.530,9742}{600}$$

$$= 0,0428 \text{ cm}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normaly consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10)$$

$$= 0,3609$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 5400$$

$$= 67180,9725 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206$$

$$= 4,092 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 \\ &= 281933,6011 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{67180,9725}{281933,6011} = 0,2383 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned} S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,2382}{4,092} \\ &= 4,8958 \text{ cm} \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang tunggal adalah :

$$\begin{aligned} S_t &= S_i + S_c \\ &= 0,0482 + 4,8958 \\ &= 4,9386 \text{ cm} \end{aligned}$$

## 2. Penurunan Tiang Tunggal dengan $L/d < 15$ ; $L = 7,00 \text{ m} = 700,00 \text{ cm}$

*Tiang kelompok 2x2*

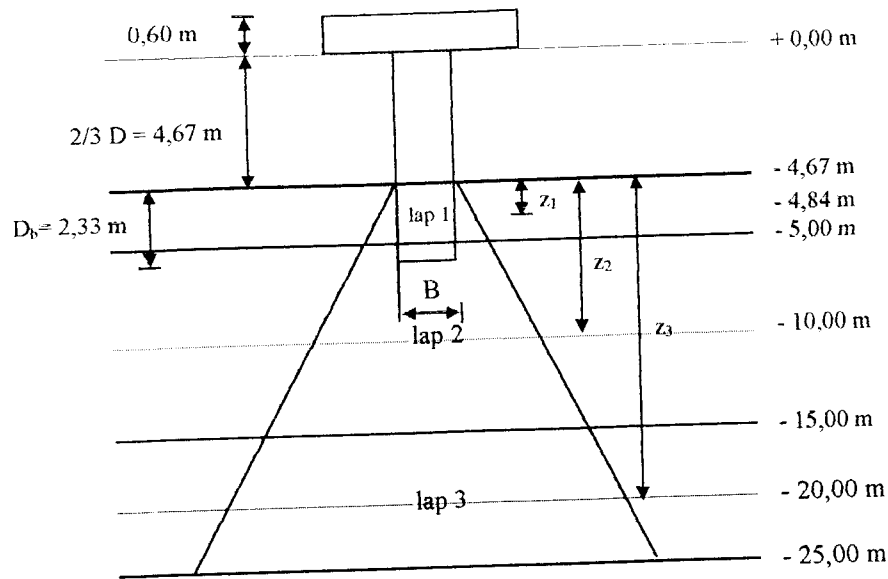
Lapisan 1 ( $H = -4,67 \text{ m}$  s/d  $-5,00 \text{ m}$ )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$





Gambar 4.2 Penurunan Tiang Tunggal  $L/D < 15$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) = 0,4635 \end{aligned}$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 3240$$

$$= 56538,6723 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman -4,835 m

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\ &= 4768,4825 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{56538,6723}{4768,4825} = 11,8567 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$\begin{aligned} S_{cl} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573 + 11,8567}{0,9573} = 11,0606 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan 2 (H = - 5,00 m s/d -15,00 m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Kompresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (55,3 - 10) = 0,4077$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 3240 \\
 &= 56538,6723 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000-500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut 30° dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2 \\
 &= 442901,4305 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{56538,6723}{442901,4305} = 0,1277 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$\begin{aligned}
 S_{c2} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94 + 0,1277}{1,94} = 6,9676 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1 + 0,1690)}{1 + e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 150 \cdot 150 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 3240$$

$$= 56538,6723 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206$$

$$= 3,92 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (50 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2$$

$$= 3313522,671 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{56538,6723}{3313522,671} = 0,0171 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$S_{c3} = \frac{C_c}{1 + e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92+0,0171}{3,92} = 0,4519 \text{ cm}$$

Maka penurunan pada tiang kelompok 2x2 adalah

$$\begin{aligned} S_c \text{ total} &= S_{c1} + S_{c2} + S_{c3} \\ &= 11,0606 + 6,9676 + 0,4519 \\ &= 18,4801 \text{ cm} \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Perhitungan Penurunan untuk Tiang Kelompok

Penurunan seketika pada tiang kelompok dihitung dengan menggunakan konsep rakit ekuivalen, sedangkan penurunan konsolidasi dihitung dengan menggunakan besaran  $C_c$

##### 1. Tiang Kelompok dengan $L/d < 15$ ; $L = 7,00 \text{ m} = 700,00 \text{ cm}$

*Penurunan Konsolidasi*

*Tiang kelompok 2x2*

Lapisan 1 ( $H = -4,67 \text{ m s/d } -5,00 \text{ m}$ )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

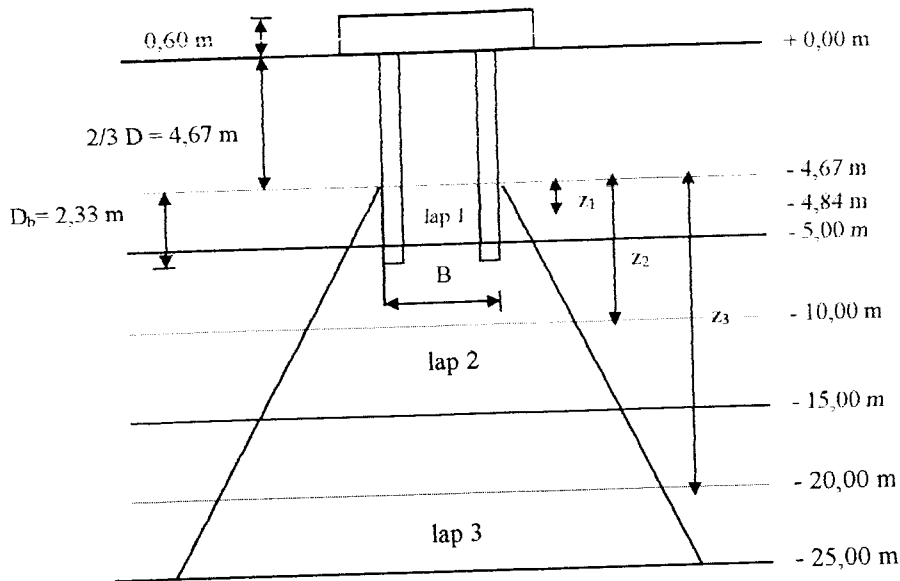
$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) = 0,4635 \end{aligned}$$



Gambar 4.3 Penurunan Tiang 2x2

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 12960 \\
 &= 76154,6892 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_0 = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $\frac{2}{3}$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman -4,835 m

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\
 &= 47984,7425 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{76154,6892}{47984,7425} = 1,5871 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis I adalah

$$\begin{aligned} S_{cl} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573+1,5871}{0,9573} \\ &= 4,1679 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan 2 (H = - 5,00 m s/d -15,00 m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (55,3 - 10) = 0,4077$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 12960$$

$$= 76154,6892 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000-500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2 \\
 &= 665053,9505 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{76154,6892}{665053,9505} = 0,1145 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$\begin{aligned}
 S_{c2} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94 + 0,1145}{1,94} = 6,2676 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 12960$$

$$= 76154,6892 \text{ kg}$$



Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206$$

$$= 3,92 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (200 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2$$

$$= 3882115,1910 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{76154,6892}{3882115,1910} = 0,0196 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$S_{c3} = \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92 + 0,0196}{3,92}$$

$$= 0,5176 \text{ cm}$$

Maka penurunan konsolidasi pada tiang kelompok 2x2 adalah

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

$$= 4,1679 + 6,2676 + 0,5176$$

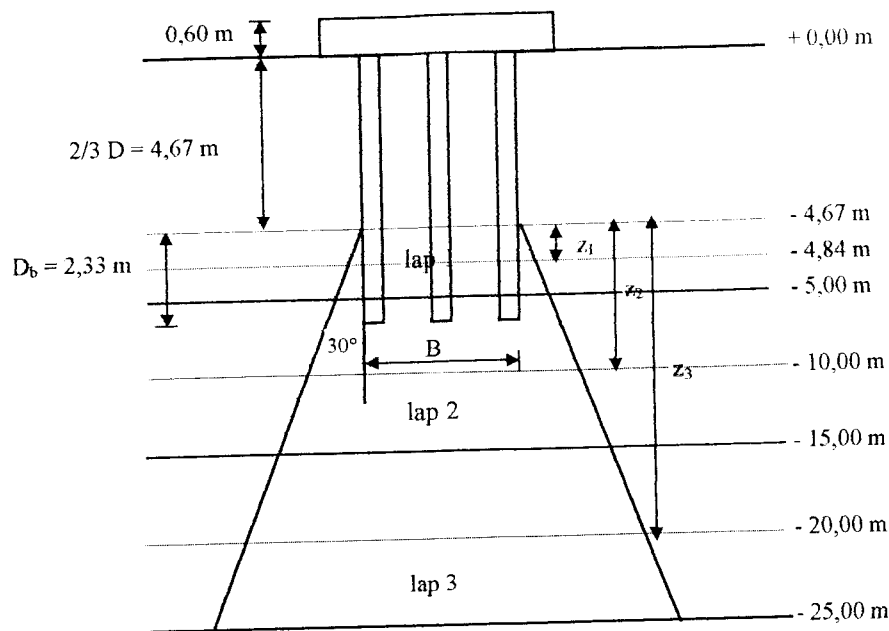
$$= 10,4355 \text{ cm}$$

*Tiang kelompok 3x3*

Lapisan 1 (H = -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$



Gambar 4.4 Penurunan Tiang 3x3

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (LL - 10)$$

$$= 0,009 (61,5 - 10) = 0,4635$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 29160$$

$$= 108848,0506 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman  $-4,835$  m

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\ &= 136201,0025 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{108848,0506}{136201,0025} = 0,7992 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$\begin{aligned} S_{cl} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573+0,7992}{0,9573} \\ &= 2,5879 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan 2 ( $H = -5,00$  m s/d  $-15,00$  m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (55,3 - 10) = 0,4077$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 29160 \\ &= 108848,0506 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000 - 500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2 \\ &= 932206,4705 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{108848,0506}{932206,4705} = 0,1168 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$\begin{aligned} S_{c2} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94 + 0,1169}{1,94} \\ &= 6,3899 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 29160$$

$$= 108848,0506 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206$$

$$= 3,92 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan

bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2$$

$$= 4495707,7110 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{108848,0506}{4495707,7110} = 0,0242 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

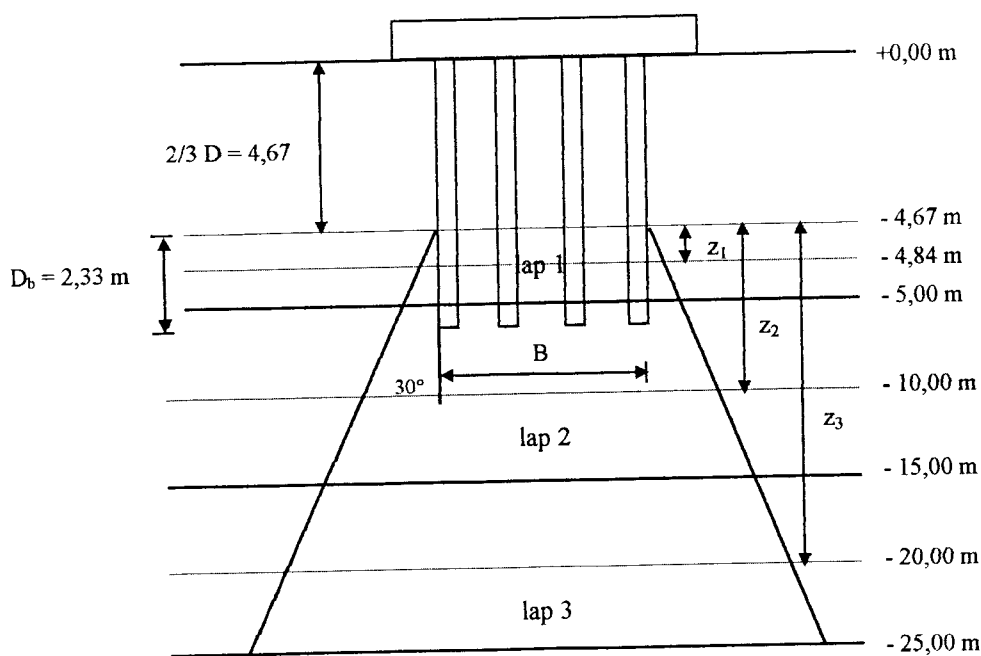
Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$\begin{aligned}
 S_{c3} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92 + 0,0242}{3,92} \\
 &= 6,6390 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka penurunan pada tiang kelompok 3x3 adalah

$$\begin{aligned}
 S_c \text{ total} &= S_{c1} + S_{c2} + S_{c3} \\
 &= 2,5879 + 6,3899 + 0,6390 \\
 &= 9,6168 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

#### Tiang Kelompok 4x4



Gambar 4.5 Penurunan Tiang 4x4

Lapisan 1 (H = -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) = 0,4635 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 51840 \\ &= 154618,7566 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman  $4,835 \text{ m}$

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 \\ &= 269417,2625 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{154618,7566}{269417,2625} = 0,5739 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$S_{cl} = \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573+0,5739}{0,9573} = 2,0026 \text{ cm}$$

Lapisan 2 (H = - 5,00 m s/d -15,00 m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normaly consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (55,3 - 10) = 0,4077$$

$$P = \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer}$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 51840$$

$$= 154618,7566 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1000-500) \cdot 0,0019 = 1,94 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 10,00 m

$$z = 10,00 - 4,67 = 5,33 \text{ m} = 533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 533)^2$$



$$= 1244358,9900 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{154618,7566}{1244358,9900} = 0,1243 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 15 - 5 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 2 adalah

$$\begin{aligned} S_{c2} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4077}{1+0,6200} \cdot 1000 \cdot \log \frac{1,94 + 0,1243}{1,94} = 6,7877 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapis 3 (H = - 15 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 51840$$

$$= 154618,7566 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206$$

$$= 3,92 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$A = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z)$$

$$= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2 = 5154300,2310 \text{ cm}^2$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{154618,7566}{5154300,2310} = 0,0299 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$S_{c3} = \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 1000 \cdot \log \frac{3,92 + 0,0299}{3,92} = 0,7883 \text{ cm}$$

Maka penurunan pada tiang kelompok 4x4 adalah

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

$$= 2,0026 + 6,7877 + 0,7883$$

$$= 9,5786 \text{ cm}$$

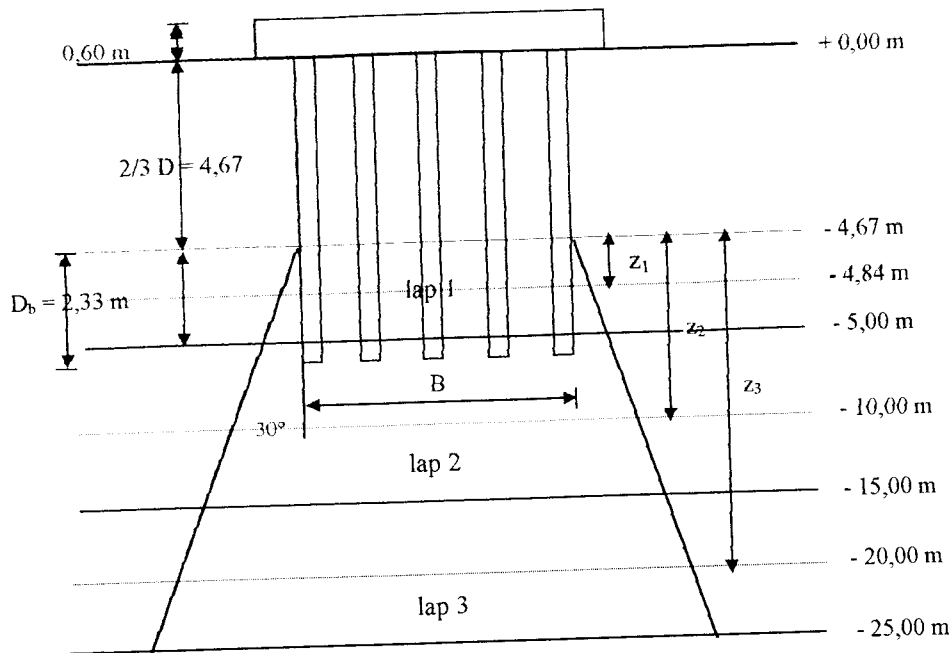
*Tiang kelompok 5x5*

Lapisan 1 (H = -4,67 m s/d -5,00 m )

$$\gamma_b = 1,98 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,61$$

$$\gamma_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$



Gambar 4.6 Penurunan Tiang 5x5

$$w = 0,182$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,98 = \frac{2,61 \cdot (1+0,182)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,558$$

$$LL = 61,50\%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (LL - 10) \\ &= 0,009 (61,5 - 10) = 0,4635 \end{aligned}$$

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 81000$$

$$= 213466,8072 \text{ kg}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$P_o = 483,5 \cdot 0,00198 = 0,95733 \text{ kg/cm}^2$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman -4,835 m

$$z = 4,835 - 4,67 = 0,165 \text{ m} = 16,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 16,5)^2 = 447633,5225 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{213466,8072}{447633,5225} = 0,4769 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 5 - 4,67 = 0,33 \text{ m} = 33 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 1 adalah

$$\begin{aligned} S_{c1} &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\ &= \frac{0,4635}{1+0,558} \cdot 33 \cdot \log \frac{0,9573+0,4769}{0,9573} = 1,7236 \text{ cm} \end{aligned}$$

Lapisan 2 (H = - 5,00 m s/d -15,00 m )

$$\gamma_b = 1,90 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,65$$

$$w = 0,1612$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$1,90 = \frac{2,65 \cdot (1+0,1612)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,6200$$

$$LL = 55,30 \%$$

Diasumsikan tanah “normally consolidate” maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (55,3 - 10) \\ &= 0,4077 \end{aligned}$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1 + 0,1690)}{1 + e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (50,10 - 10) \\ &= 0,3609 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 81000 \\ &= 213466,8072 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned} P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206 \\ &= 3,92 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2 = 5857892,7510 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\Delta p = \frac{P}{A}$$

$$= \frac{213466,8072}{5857892,7510} = 0,0364 \text{ kg/cm}^2$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$S_{c3} = \frac{C_c}{1 + e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1 + 0,1690)}{1 + e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (50,10 - 10) \\ &= 0,3609 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 60 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024 \\ &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 700 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 81000 \\ &= 213466,8072 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned} P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2000 - 1500) \cdot 0,00206 \\ &= 3,92 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,00 m

$$z = 20,00 - 4,67 = 15,33 \text{ m} = 1533 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\ &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 1533)^2 = 5857892,7510 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta p &= \frac{P}{A} \\ &= \frac{213466,8072}{5857892,7510} = 0,0364 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 15 = 10 \text{ m} = 1000 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi pada lapis 3 adalah

$$S_{c3} = \frac{C_c}{1 + e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 21600 \\
 &= 118723,8898 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1} \\
 &= \frac{118723,8898}{680,9742 \cdot 680,9742} = 0,2560
 \end{aligned}$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned}
 E' &= 3 \cdot q_c \\
 &= 3 \cdot 200 \\
 &= 600 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,61$$

$$D/B = 3,06$$

$$\mu_1 = 0,32$$

$$\mu_0 = 0,59$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_i &= \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'} \\
 S_i &= 0,32 \cdot 0,59 \cdot \frac{0,2560 \cdot 680,9742}{600} \\
 S_i &= 0,0549 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 300 \cdot 300 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 4 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 21600 \\
 &= 118723,8898 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_1 &= \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1} \\
 &= \frac{118723,8898}{680,9742 \cdot 680,9742} = 0,2560
 \end{aligned}$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned}
 E' &= 3 \cdot q_c \\
 &= 3 \cdot 200 \\
 &= 600 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,61$$

$$D/B = 3,06$$

$$\mu_1 = 0,32$$

$$\mu_0 = 0,59$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_i &= \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'} \\
 S_i &= 0,32 \cdot 0,59 \cdot \frac{0,2560 \cdot 680,9742}{600} \\
 S_i &= 0,0549 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

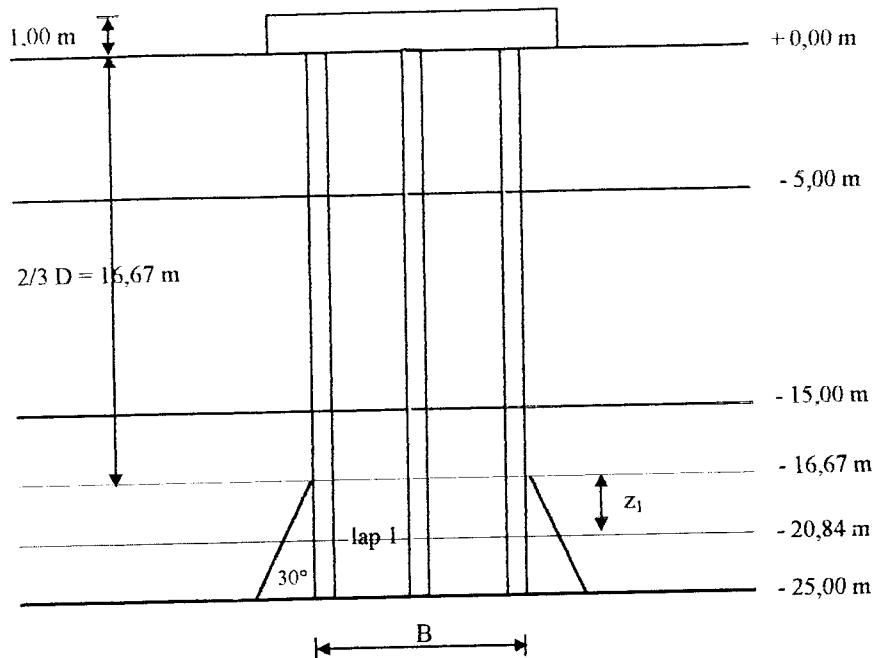


Maka besarnya penurunan tiang kelompok 2x2 adalah :

$$S_1 = S_i + S_c$$

$$= 0,0549 + 5,2486 = 5,3035 \text{ cm}$$

### Tiang Kelompok 3x3



Gambar 4.8 Penurunan Tiang 3x3

### Penurunan Seketika

#### Lapisan 1

Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5) = 830,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 48600$$

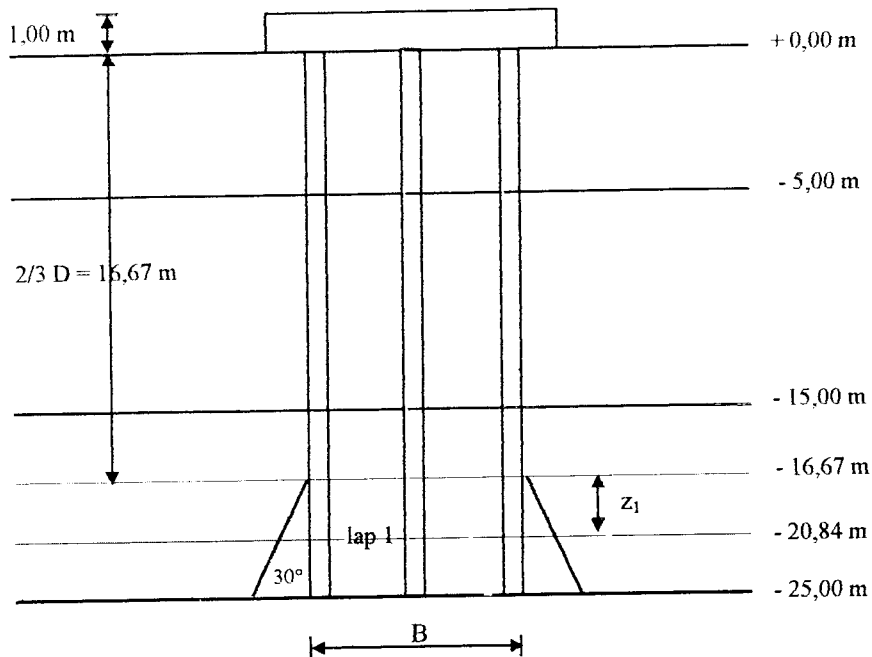
$$= 204628,7521 \text{ kg}$$

Maka besarnya penurunan tiang kelompok 2x2 adalah :

$$S_t = S_i + S_c$$

$$= 0,0549 + 5,2486 = 5,3035 \text{ cm}$$

*Tiang Kelompok 3x3*



Gambar 4.8 Penurunan Tiang 3x3

*Penurunan Seketika*

Lapisan 1

Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5) = 830,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 48600$$

$$= 204628,7521 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{tot}}{B_1 \cdot B_1}$$

$$= \frac{204628,7521}{830,9742 \cdot 830,9742} = 0,2963 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$E' = 3 \cdot qc$$

$$= 3 \cdot 200 = 600 \text{ kg/cm}^2$$

$$H/B = 0,50$$

$$D/B = 2,51$$

$$\mu_1 = 0,30$$

$$\mu_0 = 0,62$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

$$= 0,30 \cdot 0,62 \cdot \frac{0,2963 \cdot 830,9742}{600} = 0,0763 \text{ cm}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normaly consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 450 \cdot 450 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 9 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 48600 \\
 &= 204628,7521 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
 P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206 \\
 &= 4,092 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut 30° dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (350 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 = 690518,1211 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{204628,7521}{690518,1211} = 0,2963 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,2963}{4,092} = 6,0610 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang kelompok 3x3 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_t &= S_i + S_c \\
 &= 0,0763 + 6,0610 \\
 &= 6,1373 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Tiang Kelompok 4x4

#### Penurunan Seketika

Lapisan 1

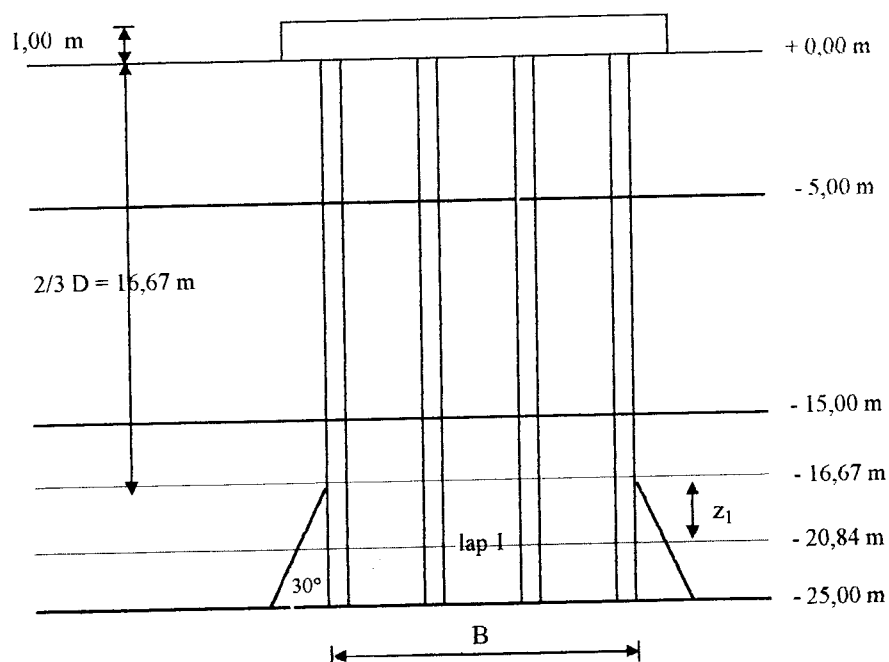
Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 980,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$



Gambar 4.9 Penurunan Tiang 4x4

$P$  = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 86400$$

$$= 324895,5592 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1}$$

$$= \frac{324895,5592}{980,9742 \cdot 980,9742} = 0,3376 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned} E' &= 3 \cdot qc \\ &= 3 \cdot 200 \\ &= 600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,42$$

$$D/B = 2,12$$

$$\mu_1 = 0,22$$

$$\mu_0 = 0,64$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$\begin{aligned} S_i &= \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'} \\ S_i &= 0,22 \cdot 0,64 \cdot \frac{0,3376 \cdot 980,9742}{600} \\ S_i &= 0,0777 \text{ cm} \end{aligned}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normaly consolidate" maka angka Compresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$\begin{aligned} C_c &= 0,009 (50,10 - 10) \\ &= 0,3609 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 600 \cdot 600 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 16 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 86400 \\
 &= 324895,5592 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
 P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206 \\
 &= 4,092 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman  $2/3$  dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (500 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 = 962310,3811 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{324895,5592}{962310,3811} = 0,3376 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi adalah

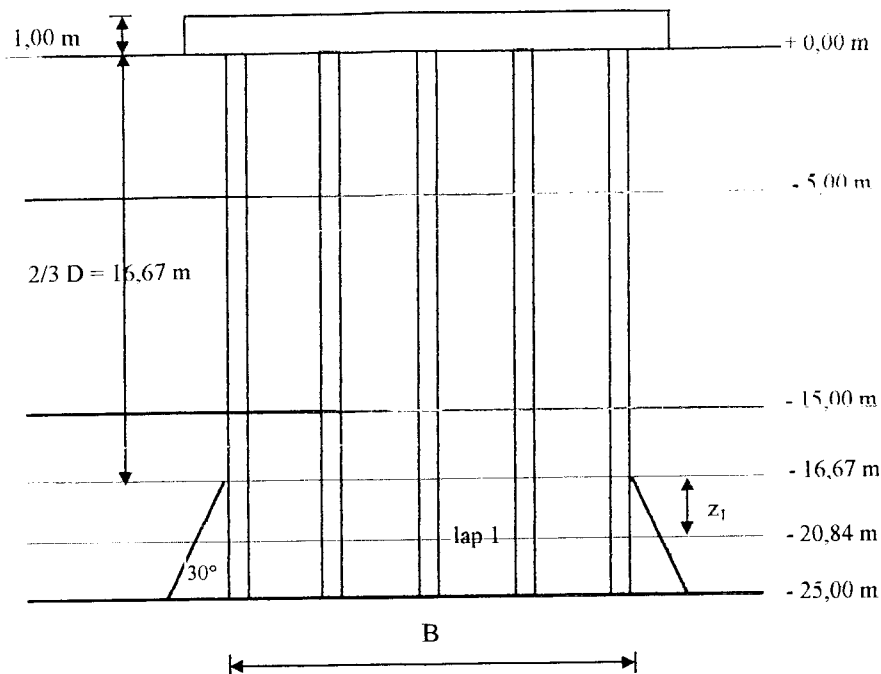
$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,3376}{4,092} = 6,8568 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang kelompok 4x4 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_t &= S_i + S_c \\
 &= 0,0777 + 6,8568 \\
 &= 6,9345 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

### Tiang Kelompok 5x5

#### Penurunan Seketika



Gambar 4.10 Penurunan Tiang 5x5

#### Lapisan 1

Mencari lebar ekuivalen raft tiap lapisan tanah :

$$B_1 = (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$B_1 = (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)$$

$$= 1130,9742 \text{ cm}$$

$$S_i = \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{qn \cdot B}{E'}$$

P = Berat sendiri pondasi + asumsi beban yang bekerja + berat poer

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024$$

$$= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 135000$$

$$= 479524,3113 \text{ kg}$$

$$q_1 = \frac{P_{\text{tot}}}{B_1 \cdot B_1}$$



$$= \frac{479524,9742}{1130,9742 \cdot 1130,9742} = 0,3749 \text{ kg/cm}^2$$

Modulus young's dari data grafik sondir :

$$\begin{aligned} E' &= 3 \cdot q_c \\ &= 3 \cdot 200 \\ &= 600 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$H/B = 0,37$$

$$D/B = 1,84$$

$$\mu_1 = 0,18$$

$$\mu_0 = 0,66$$

Maka besarnya penurunan seketika untuk tiang 2x2 adalah :

$$\begin{aligned} S_i &= \mu_1 \cdot \mu_2 \cdot \frac{q_n \cdot B}{E'} \\ S_i &= 0,18 \cdot 0,66 \cdot \frac{0,3749 \cdot 1130,9742}{600} \\ S_i &= 0,0840 \text{ cm} \end{aligned}$$

### *Penurunan Konsolidasi*

Lapis 1 (H = - 16,67 s/d -25 m)

$$\gamma_b = 2,06 \text{ gr/cm}^3$$

$$G_s = 2,66$$

$$w = 0,1690$$

$$\gamma_b = \frac{G_s \cdot (1+w)}{1+e} \cdot \gamma_w$$

$$2,06 = \frac{2,66 \cdot (1+0,1690)}{1+e} \cdot 1$$

$$e = 0,5095$$

$$LL = 50,10 \%$$

Diasumsikan tanah "normally consolidate" maka angka Kompresi  $C_c$  menurut teori

Terzaghi & Peck (1967) :

$$C_c = 0,009 (50,10 - 10) = 0,3609$$

$$\begin{aligned}
 P &= \text{Berat sendiri pondasi} + \text{asumsi beban yang bekerja} + \text{berat poer} \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot d^2 \cdot n \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} + 50000 \text{ kg} + 100 \cdot 750 \cdot 750 \cdot 0,0024 \\
 &= 1/4 \cdot \pi \cdot 50^2 \cdot 25 \cdot 2500 \cdot 0,0024 + 50000 \text{ kg} + 135000 \\
 &= 479524,3113 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tekanan efektif sebelum ada pondasi :

$$\begin{aligned}
 P_o &= 500 \cdot 0,00198 + (1500 - 500) \cdot 0,0019 + (2083,5 - 1500) \cdot 0,00206 \\
 &= 4,092 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

Penyebaran tekanan dianggap merata pada kedalaman 2/3 dari panjang tiang dan bersudut  $30^\circ$  dengan garis vertikal

Luas penyebaran pada kedalaman - 20,835 m

$$z = 20,835 - 16,67 = 4,165 \text{ m} = 416,5 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 A &= (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) (B + 2 \cdot 0,5774 \cdot z) \\
 &= (650 + 2 \cdot 0,5774 \cdot 416,5)^2 = 1279102,6410 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta p &= \frac{P}{A} \\
 &= \frac{479524,3113}{1279102,6410} = 0,3749 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$H = 25 - 16,67 = 8,33 \text{ m} = 833 \text{ cm}$$

Penurunan yang terjadi adalah

$$\begin{aligned}
 S_c &= \frac{C_c}{1+e} H \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \\
 &= \frac{0,3609}{1+0,5095} \cdot 833 \cdot \log \frac{4,092 + 0,3749}{4,092} = 7,5821 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Maka besarnya penurunan tiang kelompok 5x5 adalah :

$$\begin{aligned}
 S_t &= S_i + S_c \\
 &= 0,0840 + 7,5821 \\
 &= 7,6661 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

## **BAB V PEMBAHASAN**

### **5.1 Umum**

Perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang yang data karakteristik tanahnya diambil dari data tanah Proyek Tulis Banjarnegara pada titik 16 dan data karakteristik pondasi tiang pancangnya ditentukan dengan pengasumsian, telah dihitung dengan menggunakan metode Meyerhof dan Tomlinson. Kedua metode ini meliputi perhitungan kapasitas dukung pondasi tunggal dengan  $L/d > 15$  dan  $L/d < 15$ , pondasi kelompok dengan  $L/d > 15$  dan  $L/d < 15$ , penurunan pondasi tiang tunggal dengan  $L/d > 15$  dan  $L/d < 15$ , pondasi tiang kelompok dengan  $L/d > 15$  dan  $L/d < 15$ .

### **5.2 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Meyerhof**

Kondisi tanah pada lokasi pemancangan sangat berpengaruh untuk menentukan pemakaian rumus yang akan digunakan untuk perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada metode Meyerhof. Untuk kapasitas dukung ujung semakin besar nilai kohesi ( $c$ ), sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan berat volume tanah ( $\gamma$ ) maka harga kapasitas dukung ujung pondasi tiang pancang akan bertambah besar, sedangkan untuk kapasitas dukung friksi dipengaruhi oleh besarnya data CPT tanah.

Hasil yang didapat dari perhitungan kapasitas dukung ujung dan friksi pondasi tiang pancang adalah :

#### 1. Tiang tunggal

$$Q_{\text{tiang}} (L/d > 15) = 136390,9358 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (L/d < 15) = 8272,8607 \text{ kg}$$

## 2. Tiang kelompok

-  $L/d > 15$ 

$$Q_{\text{tiang}} (2 \times 2) = 433832,2886 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (3 \times 3) = 892283,1411 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (4 \times 4) = 1511866,2450 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (5 \times 5) = 2292390,6530 \text{ kg}$$

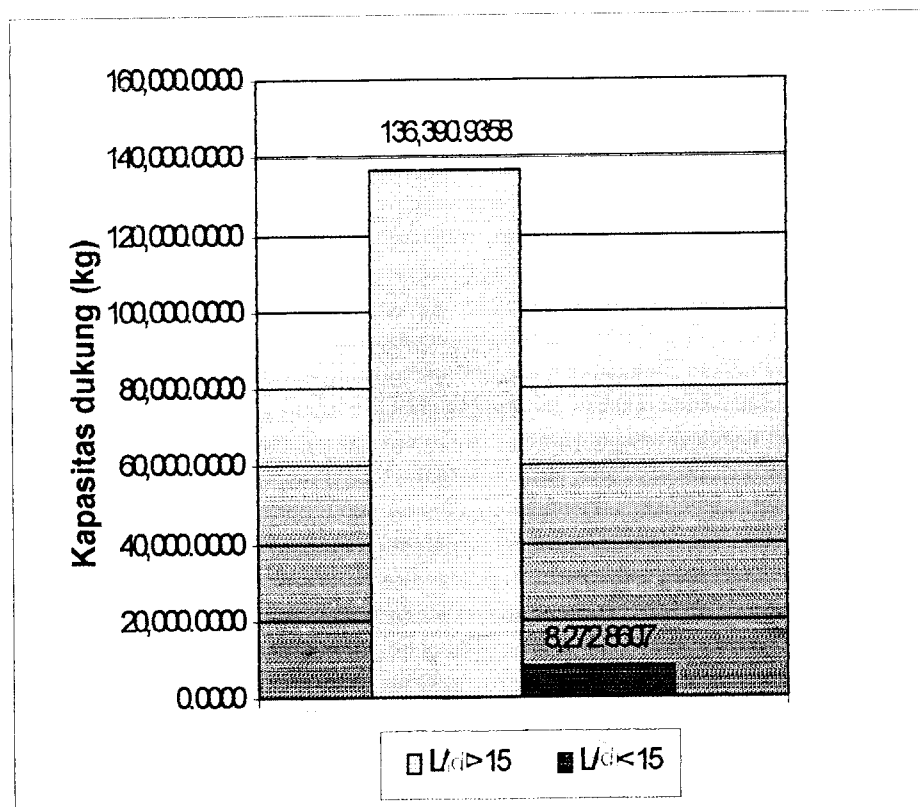
-  $L/d < 15$ 

$$Q_{\text{tiang}} (2 \times 2) = 26314,3153 \text{ kg}$$

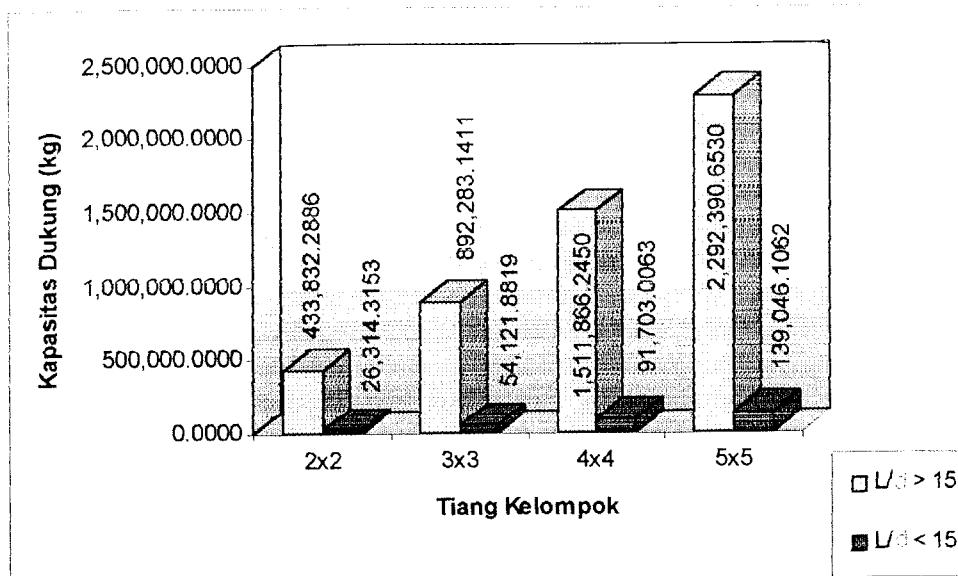
$$Q_{\text{tiang}} (3 \times 3) = 54121,8819 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (4 \times 4) = 91703,0063 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (5 \times 5) = 139046,1062 \text{ kg}$$



Gambar 5.1 Grafik Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dengan Metode Meyerhof



Gambar 5.2 Grafik Kapasitas Dukung Tiang Kelompok dengan Metode Meyerhof

### 5.3 Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang dengan Metode Tomlinson

Kondisi tanah pada lokasi pemancangan juga berpengaruh dalam pemakaian rumus yang akan digunakan untuk perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang pada Tomlinson. Untuk perhitungan kapasitas dukung ujung semakin besar nilai kohesi ( $c$ ), sudut geser dalam ( $\phi$ ) dan berat volume tanah ( $\gamma$ ) maka kapasitas dukung pondasi tiang pancang semakin besar, sedangkan untuk kapasitas dukung friksi dipengaruhi oleh besarnya nilai sudut geser dalam ( $\phi$ ) efektif, faktor adhesi ( $\alpha$ ), faktor tekanan lateral ( $K$ ), kohesi tanah ( $c$ ) dan berat volume tanah ( $\gamma$ ).

Hasil yang didapat dari perhitungan kapasitas dukung ujung dan friksi pondasi tiang pancang adalah :

#### 1. Tiang tunggal

$$Q_{\text{tiang}} (L/d > 15) = 141817,4927 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (L/d < 15) = 18164,0040 \text{ kg}$$

#### 2. Tiang kelompok

-  $L/d > 15$

$$Q_{\text{tiang}} (2 \times 2) = 451093,0808 \text{ kg}$$

$$Q_{\text{tiang}} (3 \times 3) = 927748,2190 \text{ kg}$$

$Q_{\text{tiang}} (4 \times 4) = 1572018,5430 \text{ kg}$

$Q_{\text{tiang}} (5 \times 5) = 2383597,5090 \text{ kg}$

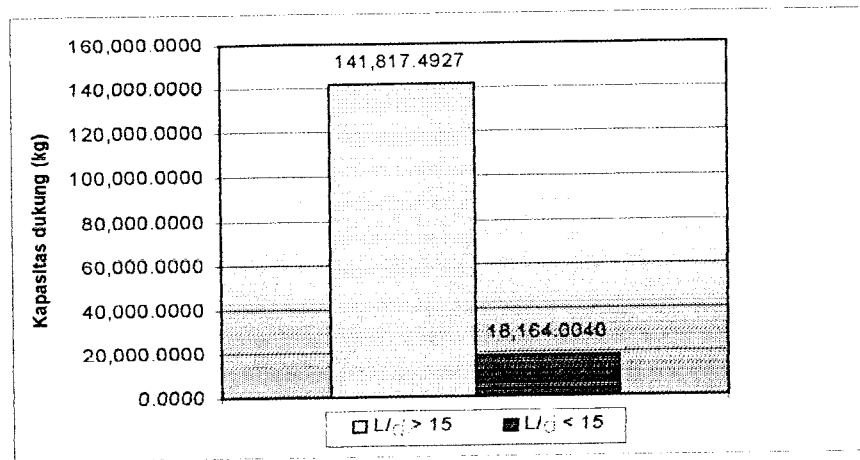
-  $L/d < 15$

$Q_{\text{tiang}} (2 \times 2) = 57776,0640 \text{ kg}$

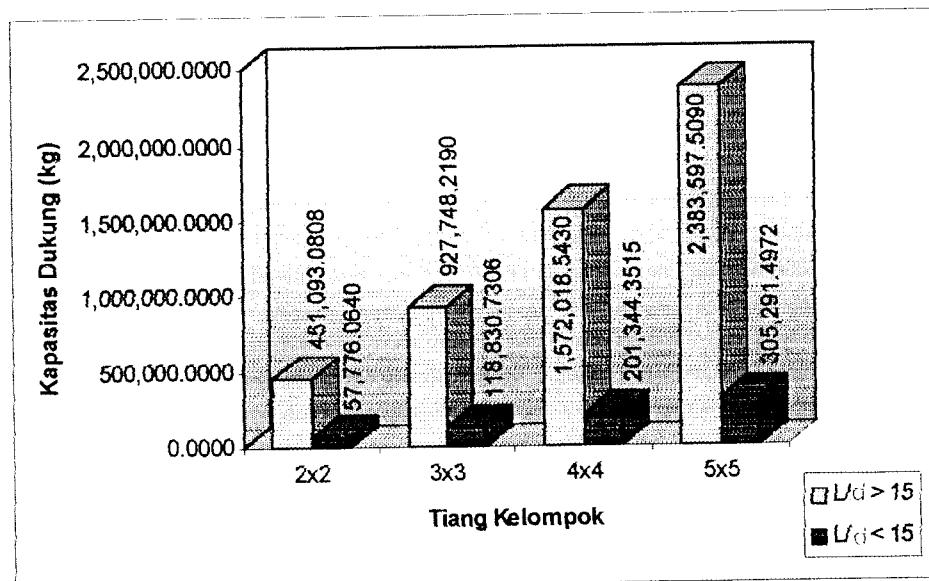
$Q_{\text{tiang}} (3 \times 3) = 118830,7306 \text{ kg}$

$Q_{\text{tiang}} (4 \times 4) = 201344,3515 \text{ kg}$

$Q_{\text{tiang}} (5 \times 5) = 305291,4972 \text{ kg}$



Gambar 5.3 Grafik Kapasitas Dukung Tiang Tunggal dengan Metode Tomlinson



Gambar 5.4 Grafik Kapasitas Dukung Tiang Kelompok dengan Metode Tomlinson

### 5.4 Penurunan Pondasi Tiang Pancang

Untuk pondasi tiang tunggal dan pondasi tiang kelompok, penurunan seketika menggunakan konsep rakit ekuivalen yang dipengaruhi oleh berat sendiri pondasi + beban asumsi yang bekerja pada pondasi, data sondir masing-masing lapisan tanah dan kedalaman pondasi. Penurunan konsolidasi juga menggunakan konsep rakit ekuivalen yang dipengaruhi oleh angka pori ( $e$ ), batas cair (konsolidasi normal), berat sendiri + beban asumsi yang bekerja, berat volume tanah ( $\gamma$ ) dan tegangan efektif akibat pembebanan.

Hasil yang didapat dari perhitungan penurunan seketika dan konsolidasi pondasi tiang pancang adalah :

#### 1. Tiang tunggal

$$S_t (L/d > 15) = 4,9386 \text{ cm}$$

$$S_t (L/d < 15) = 18,4801 \text{ cm}$$

#### 2. Tiang kelompok

-  $L/d > 15$

$$S_{t_{\text{tiang}}} (2 \times 2) = 5,3035 \text{ cm}$$

$$S_{t_{\text{tiang}}} (3 \times 3) = 6,1169 \text{ cm}$$

$$S_{t_{\text{tiang}}} (4 \times 4) = 6,9345 \text{ cm}$$

$$S_{t_{\text{tiang}}} (5 \times 5) = 7,6661 \text{ cm}$$

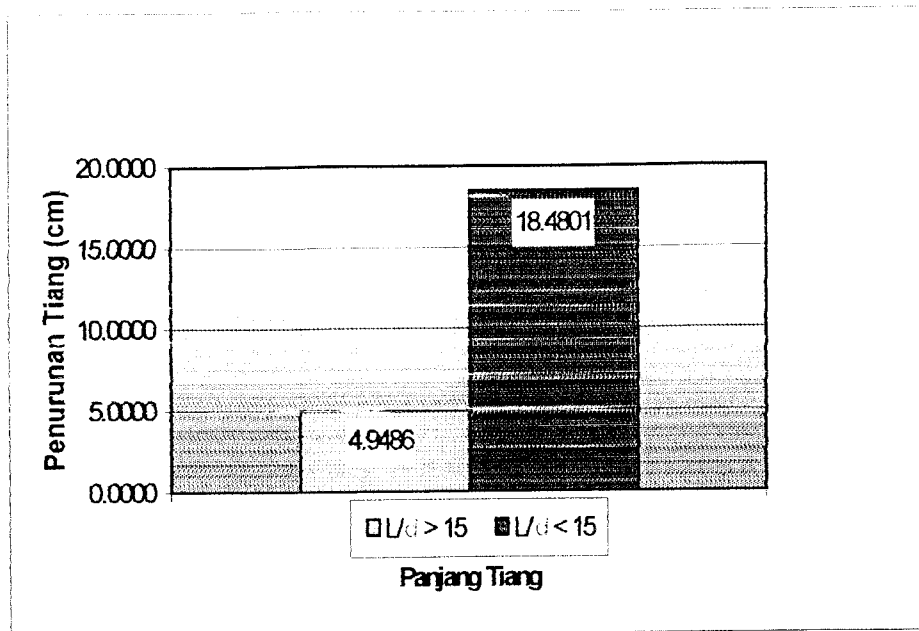
-  $L/d < 15$

$$S_{t_{\text{tiang}}} (2 \times 2) = 10,4355 \text{ cm}$$

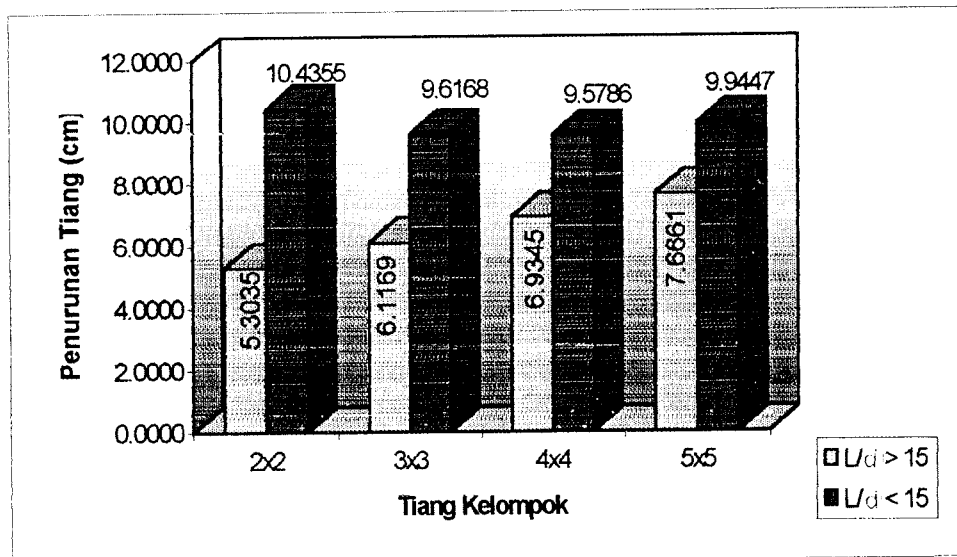
$$S_{t_{\text{tiang}}} (3 \times 3) = 9,6168 \text{ cm}$$

$$S_{t_{\text{tiang}}} (4 \times 4) = 9,5786 \text{ cm}$$

$$S_{t_{\text{tiang}}} (5 \times 5) = 9,9447 \text{ cm}$$



Gambar 5.5 Penurunan Tiang Tunggal



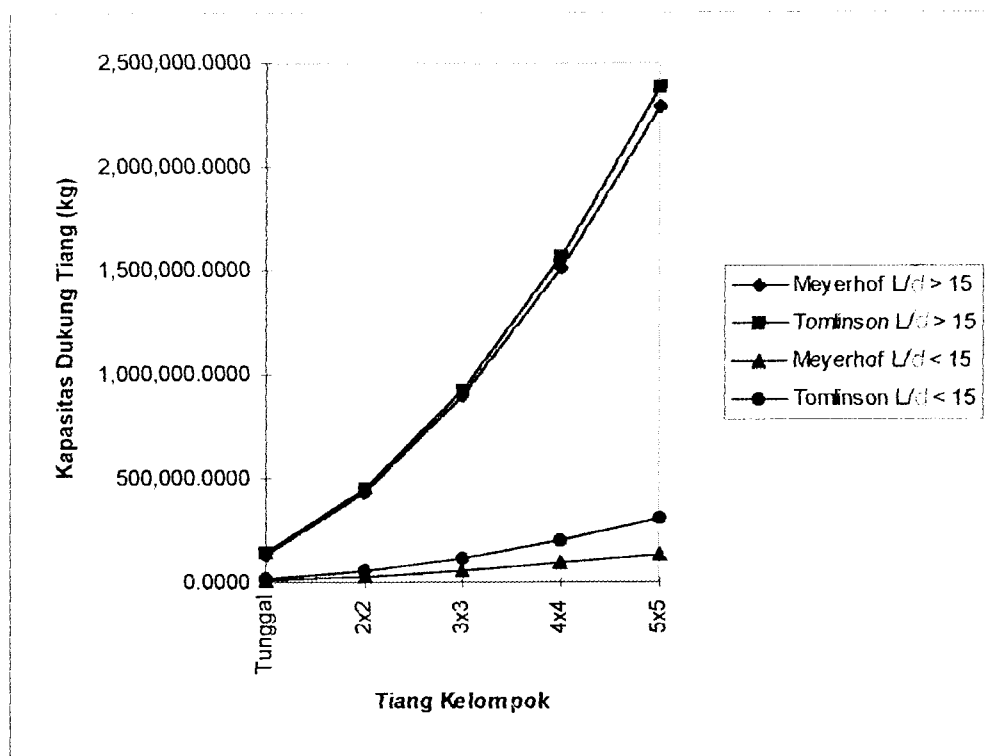
Gambar 5.6 Penurunan Tiang Kelompok



### 5.5 Komparasi Hasil Perhitungan

Dari perhitungan yang telah dilakukan ternyata kapasitas dukung pondasi tiang pancang dengan menggunakan metode Tomlinson menghasilkan kapasitas dukung yang lebih besar dibandingkan kapasitas dukung dengan metode Meyerhof, yaitu sebesar :

$$Q_{\text{tiang}} = 141817,4927 \text{ kg}$$



Gambar 5.7 Grafik Komparasi Hasil Perhitungan Metode Meyerhof dengan Metode Tomlinson

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil studi literatur mengenai komparasi kapasitas dukung tiang pancang antara metode Meyerhof dan Tomlinson dapat disimpulkan sebagai berikut ini :

1. Dalam metode Meyerhof, kapasitas dukung ujung pondasi tiang pancang dibagi berdasarkan jenis butiran tanah, sedangkan kapasitas dukung friksi berdasarkan hasil test dilapangan.
2. Kapasitas dukung friksi menurut Tomlinson dipengaruhi oleh faktor adhesi ( $\alpha$ ) yang merupakan fungsi dari kuat geser tak terdrainasi ( $C_u$ )
3. Dari hasil perhitungan daya dukung ultimit dengan menggunakan metode Meyerhof dan Tomlinson dengan bertambahnya kedalaman tiang (mendekati tanah keras) semakin besar kapasitas dukung yang terjadi.
4. Penurunan yang terjadi pada tiang tunggal  $L/d < 15$  lebih besar 78,9 % dari penurunan pada tiang tunggal  $L/d > 15$ .
5. Semakin banyak jumlah baris dan kolom dalam kelompok tiang akan semakin kecil efisiensi kelompoknya.
6. Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang  $L/d < 15$  semakin kecil dengan bertambahnya jumlah tiang.
7. Penurunan yang terjadi pada kelompok tiang  $L/d > 15$  semakin besar dengan bertambahnya jumlah tiang.
8. Dari hasil perhitungan kapasitas dukung pondasi tiang pancang  $L/d > 15$ , metode Tomlinson menghasilkan kapasitas dukung yang lebih optimal 3,83 % dibandingkan dengan Meyerhof. Tiang pancang  $L/d < 15$  dengan metode

## **6.2 Saran-saran**

1. Perlu diadakan perhitungan yang lebih teliti untuk kondisi tanah dan bentuk tiang yang lebih bervariasi, sebagai pembandingan atas perhitungan yang sudah dilakukan.
2. Perlu adanya penggunaan program komputer untuk mempercepat dan mempermudah proses perhitungan.
3. Untuk perhitungan selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan jenis tiang yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bowles J. E., 1991, *ANALISIS DAN DESAIN PONDASI*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Das M. Braja., 1988, *MEKANIKA TANAH* ( Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis), Penerbit Erlangga, Jakarta.
3. Hardiyatmo H. C., 1994, *MEKANIKA TANAH I*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
4. Hardiyatmo H. C., 1994, *MEKANIKA TANAH II*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
5. Hardiyatmo H. C., 1996, *TEKNIK PONDASI I*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
6. Peck R. B., Hanson W. E., Thornburn T. H., 1986, *TEKNIK PONDASI*, Edisi Kedua, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
7. Pradoto S., 1988/1989, "*BOOKS & MONOGRAPH*" *TEKNIK PONDASI*, Bagian Keempat Pondasi Tiang Pancang, Laboratorium Geoteknik Pusat Antar Universitas - Ilmu Rekayasa Institut Teknologi Bandung, Bandung.
8. Sardjono H. S., 1988 *PONDASI TIANG PANCANG I*, Sinar Wijaya, Surabaya
9. Sardjono H. S., 1988, *PONDASI TIANG PANCANG II*, Sinar Wijaya, Surabaya
10. Suryolelono K. B., 1991, *TEKNIK PONDASI BAGIAN II*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
11. Tomlinson M. J., 1977, "*PILE DESIGN and CONSTRUCTION PRACTICE*", The Garden City Press Limited Letchworth, London.
12. Wesley L. D., 1977, *MEKANIKA TANAH*, Cetakan ke VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

12. Wesley L. D., 1977, MEKANIKA TANAH, Cetakan ke VI, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

# ***LAMPIRAN***

---

TABEL:

Pemeriksaan Kadar Air

Proyek : PLTA : JULIS ..... Tanggal : JUNI 1991  
 No. conth : ..... Petugas : .....  
 No. bor : 16 .....  
 Kedalaman : 5,00 m .....

1	No. cawan timbang		-	-
2	Berat cawan kosong	$W_1$ gram	18,34	18,40
3	Berat cawan + tanah basah	$W_2$ gram	56,54	58,41
4	Berat cawan + tanah kering	$W_3$ gram	50,62	52,29
5	Berat air	$(W_2 - W_3)$ gr.	5,92	6,12
6	Berat tanah kering	$(W_3 - W_1)$ gr.	32,28	33,89
7	Kadar air	$\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	18,34	18,05
8	Kadar air rata-rata		18,20	

TABEL:

PEMERIKSAAN KADAR AIR

Proyek : PLTA TULIS ..... Tanggal : JUNI 1991 .....

No. conth : ..... Petugas : .....

No. bor : 16 .....

Kedalaman : 15,00 m .....

1	No. cawan timbang		-	-
2	Berat cawan kosong	$W_1$ gram	18,38	18,30
3	Berat cawan + tanah basah	$W_2$ gram	66,63	65,53
4	Berat cawan + tanah kering	$W_3$ gram	60,04	58,87
5	Berat air	$(W_2 - W_3)$ gr.	6,59	6,666
6	Berat tanah kering	$(W_3 - W_1)$ gr.	4,66	40,57
7	Kadar air	$\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	15,82	16,42
8	Kadar air rata-rata		16,12	



TABEL:

PEMERIKSAAN KADAR AIR

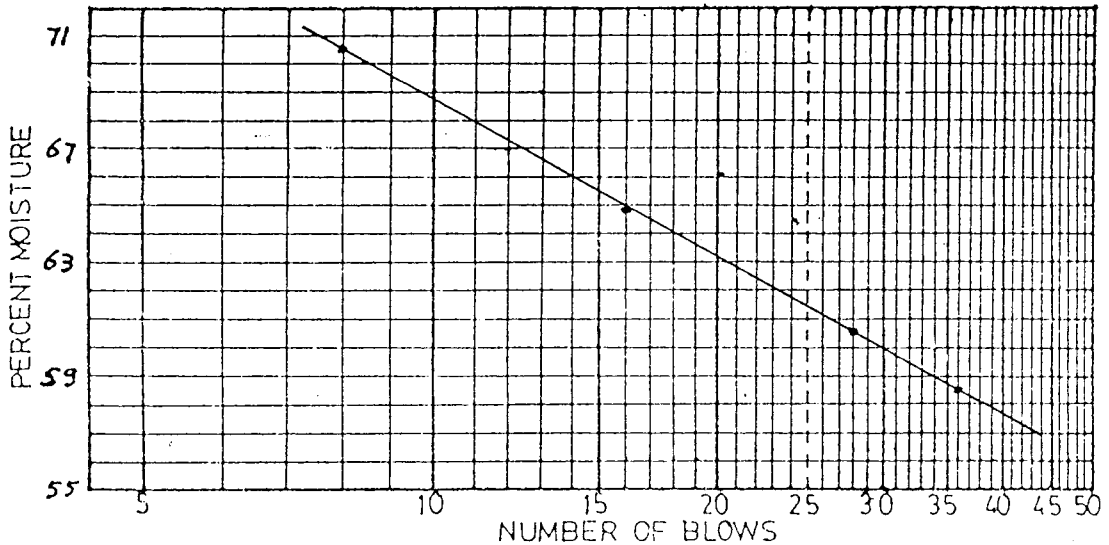
Proyek : PLTA TULIS ..... Tanggal : 14/11/91 ...  
No. conth : ..... Petugas : .....  
No. bor : 16 .....  
Kedalaman : 17,60 m .....

1	No. cawan timbang		-	-
2	Berat cawan kosong	$W_1$ gram	18,68	18,36
3	Berat cawan + tanah basah	$W_2$ gram	66,61	73,79
4	Berat cawan + tanah kering	$W_3$ gram	59,68	65,78
5	Berat air	$(W_2 - W_3)$ gr.	6,93	8,01
6	Berat tanah kering	$(W_3 - W_1)$ gr.	41,00	47,42
7	Kadar air	$\frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100\%$	16,90	16,89
8	Kadar air rata-rata		16,90	

## ATTERBERG LIMITS

Project PLTA - TULIS Location \_\_\_\_\_  
 Test/Boring No. 16 Date Juni. 1991  
 Depth 5,00 m. Made by \_\_\_\_\_

	PLASTIC LIMIT		LIQUID LIMIT			
	1	2	1	2	3	4
TRIAL NO.						
DISH NO.	—	—	—	—	—	—
NO. OF BLOWS	<del>8</del>	<del>16</del>	8	16	28	36
1 WT. DISH+WET SOIL	25.89	26.68	39.03	32.47	33.94	27.16
2 WT. DISH+DRY SOIL	24.45	25.05	30.40	26.88	27.93	21.25
3 WT. OF DISH	18.26	18.20	18.18	18.27	18.02	5.9
4 WT. OF WATER (1-2)	1.44	1.63	8.63	5.59	6.01	5.91
5 WT. OF DRY SOIL (2-3)	6.19	6.85	12.22	8.61	9.91	10.09
6 % MOISTURE (4/5 × 100)	23.26	23.79	70.62	64.92	60.64	58.57
AVERAGE PLASTIC LIMIT	23.52					



LIQUID LIMIT WL	<u>61.50%</u>	PLASTIC LIMIT WP	<u>23.52%</u>	PLASTICITY INDEX Ip = WL - WP	<u>37.12</u>
--------------------	---------------	---------------------	---------------	----------------------------------	--------------

### SHRINKAGE LIMIT

1	DISH NO	—	8	WT OF MERCURY DISPLACED BY DRY SOIL PAT	48.78
2	WT. DISH+DRY SOIL PAT	24.89	9	VOLUME OF DRY SOIL PAT $V_d = (8) / 13.6$	3.586
3	WT. OF DISH	17.71			
4	WT. OF DRY SOIL PAT (W <sub>d</sub> )	7.18	10	SPECIFIC GRAVITY OF SOIL (G)	2.61
5	EVAPORATING DISH NO.	—			
6	WT. MERCURY DISPLACED BY DRY SOIL PAT + EV. DISH	65.88	11	SHRINKAGE LIMIT $w_s = \left( \frac{V_d}{W_d} - \frac{1}{G} \right) 100$	11.63
7	WT. OF EVAPORATING DISH	17.10			

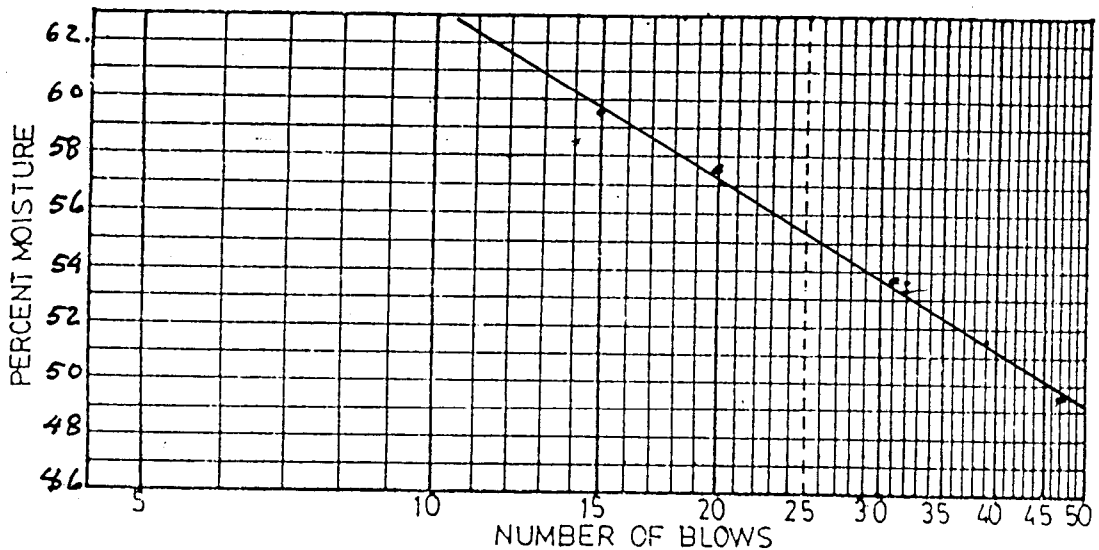
NOTE : WT. IN GRAM

soil mechanics laboratory  
gadjah mada university

## ATTERBERG LIMITS

Project PLTA. TULIS Location \_\_\_\_\_  
 Test/Boring No. 16 Date JUNI. 1991  
 Depth 15,00 m. Made by \_\_\_\_\_

TRIAL NO.	PLASTIC LIMIT		LIQUID LIMIT			
	1	2	1	2	3	4
DISH NO.	-	-	-	-	-	-
NO. OF BLOWS	<del>X</del>	<del>X</del>	15	20	31	49
1 WT. DISH+WET SOIL	19,98.	19,86	27,86	26,24	27,19	27,80
2 WT. DISH+DRY SOIL	18,40	18,40	22,12	20,66	22,12	22,76
3 WT. OF DISH	10,84	11,26	12,48	10,97	12,70	12,57
4 WT. OF WATER (1-2)	1,58	1,46	5,74	5,58	5,07	5,04
5 WT. OF DRY SOIL (2-3)	7,56	7,14	9,64.	9,69.	9,42	10,19
6 % MOISTURE (4/5 × 100)	20,90	20,45	59,54.	57,58.	53,82	49,46
AVERAGE PLASTIC LIMIT	20,67 %					



LIQUID LIMIT WL	<u>55,30%</u>	PLASTIC LIMIT WP	<u>20,67%</u>	PLASTICITY INDEX Ip = WL - WP	<u>34.</u>
--------------------	---------------	---------------------	---------------	----------------------------------	------------

### SHRINKAGE LIMIT

1	DISH NO	-	8	WT OF MERCURY DISPLACED BY DRY SOIL PAT	121,98
2	WT. DISH+DRY SOIL PAT	34,08	9	VOLUME OF DRY SOIL PAT $V_d = (8) / 13.6$	8,969
3	WT. OF DISH	16,43			
4	WT. OF DRY SOIL PAT (W <sub>d</sub> )	17,65	10	SPECIFIC GRAVITY OF SOIL (G)	2,65
5	EVAPORATING DISH NO.	-			
6	WT. MERCURY DISPLACED BY DRY SOIL PAT + EV. DISH	139,08	11	SHRINKAGE LIMIT $w_s = \left( \frac{V_d}{W_d} - \frac{1}{G} \right) 100$	13,08
7	WT OF EVAPORATING DISH	17,10			

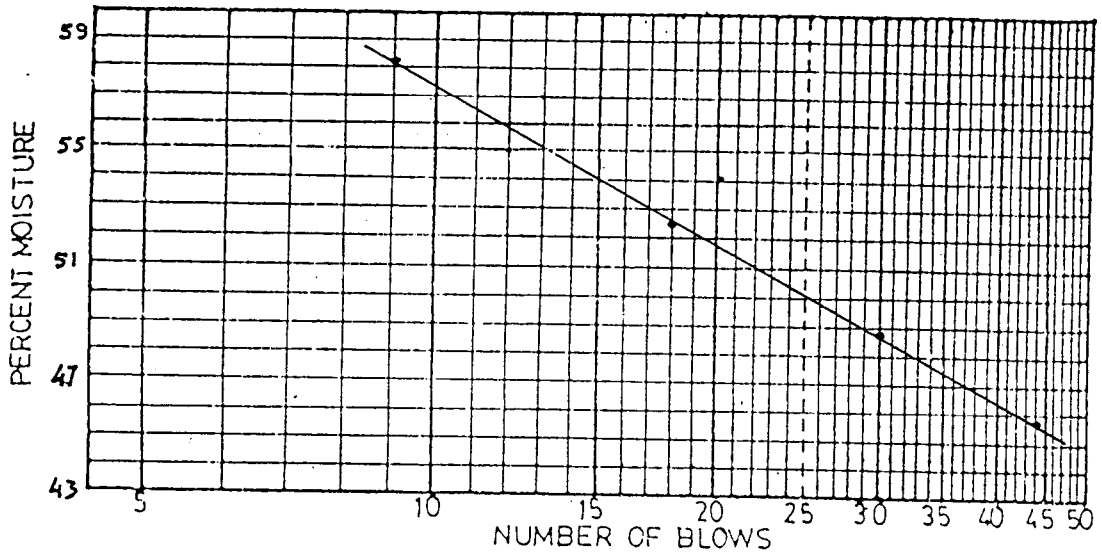
NOTE : WT. IN GRAM

soil mechanics laboratory  
gadjah mada university

## ATTERBERG LIMITS

Project PLTA, TULIS Location \_\_\_\_\_  
 Test/Boring No. 16 Date JUNI. 1991.  
 Depth 17,60 m. Made by \_\_\_\_\_

TRIAL NO.	PLASTIC LIMIT		LIQUID LIMIT			
	1	2	1	2	3	4
DISH NO.	-	-	-	-	-	-
NO. OF BLOWS	<del>9</del>	<del>18</del>	9	18	30	44
1 WT. DISH+WET SOIL	28,36	26,90	34,98	34,14	30,25	36,64
2 WT. DISH+DRY SOIL	26,65	25,36	28,75	28,78	23,96	30,76
3 WT. OF DISH	18,27	18,21	18,03	18,57	11,07	17,91
4 WT. OF WATER (1-2)	1,71	1,54	6,23	5,36	6,29	5,88
5 WT. OF DRY SOIL (2-3)	8,38	7,15	10,72	10,21	12,87	12,85
6 % MOISTURE (4/5 × 100)	20,40	21,54	58,11	52,49	48,87	45,76
AVERAGE PLASTIC LIMIT	20,97					



LIQUID LIMIT WL	<u>50.10%</u>	PLASTIC LIMIT WP	<u>20.97</u>	PLASTICITY INDEX Ip = WL - WP	<u>29.13</u>
--------------------	---------------	---------------------	--------------	----------------------------------	--------------

### SHRINKAGE LIMIT

1	DISH NO	-	8	WT OF MERCURY DISPLACED BY DRY SOIL PAT	57,47
2	WT. DISH+DRY SOIL PAT	25,81	9	VOLUME OF DRY SOIL PAT $V_d = (8) / 13.6$	4,225
3	WT. OF DISH	17,71			
4	WT. OF DRY SOIL PAT ( $W_d$ )	8,10	10	SPECIFIC GRAVITY OF SOIL (G)	2,66
5	EVAPORATING DISH NO.	-			
6	WT. MERCURY DISPLACED BY DRY SOIL PAT + EV. DISH	74,57	11	SHRINKAGE LIMIT $w_s = \left( \frac{V_d}{W_d} - \frac{1}{G} \right) 100$	14,56
7	WT OF EVAPORATING DISH	17,10			

NOTE : WT. IN GRAM

soil mechanics laboratory  
gadjah mada university

# LABORATORY TEST RESULTS

Project : PLTA. TULIS      soil mechanics laboratory  
 Location : KAB. BANJARNEGARA      gadich medauniversity

Boring No.	Depth m	INDEX PROPERTIES												UNCONS. COMP. TEST			TRIAxIAL TEST		PERMEABILITY k cm/dt
		w <sub>N</sub> %	γ <sub>b</sub> g/cm <sup>3</sup>	γ <sub>d</sub> g/cm <sup>3</sup>	w <sub>L</sub> %	w <sub>P</sub> %	I <sub>P</sub> %	w <sub>S</sub> %	G	e	n %	MODULUS ELASTIS E	% passing sieve No. 200	q <sub>u</sub> kg/cm <sup>2</sup>	D	c	p	c	
14	5,00	15,63	2,05	1,77	43,50	21,22	22	15,66	2,70	-	6,30	-	0,44	18	0,16	17,10	0,25	-	
	20,00	26,65	2,04	1,61	51,40	22,27	25	11,85	2,60	-	0,93	83,50	0,16	6	0,07	5,52	0,25	7,35	
15	5,00	24,16	1,99	1,60	67,00	21,97	45	11,80	2,64	-	2,51	-	0,30	8	0,13	7,43	0,15	-	
	15,00	17,79	1,95	1,65	53,00	23,81	29	12,89	2,66	-	14,97	-	0,89	18	0,65	15,94	0,40	-	
	17,60	18,55	2,01	1,69	57,70	22,54	35	12,09	2,62	-	14,83	-	0,89	18	0,32	15,52	0,40	-	
16	5,00	18,20	1,98	1,67	61,50	23,52	37	11,63	2,61	-	14,08	-	1,26	18	0,45	15,25	0,40	-	
	15,00	16,12	1,90	1,63	55,30	20,67	34	13,08	2,65	-	14,10	-	0,84	18	0,30	14,93	0,35	-	
	17,60	16,90	2,06	1,76	50,10	20,97	29	14,56	2,66	-	22,54	-	1,57	26	0,49	20,85	0,40	-	
17	5,00	20,99	2,09	1,72	36,83	19,09	17	11,67	2,64	-	4,50	-	0,09	8	0,04	5,71	0,23	-	
	15,00	23,49	2,08	1,68	41,90	20,45	21	11,59	2,62	-	1,09	-	0,12	10	0,05	9,00	0,20	-	

NOTE:

## GRAFIK SONDIR

Proyek : PLTA Tulis, Banjarnegara  
 Nomer Titik : 16  
 Lokasi : Bulu Kuning, Pagetan, Banjarnegara

