

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI LITERATUR**  
**ANALISIS PERHITUNGAN KAPASITAS TARIK**  
**TIANG BOR TUNGGAL DENGAN PEMBESARAN UJUNG**  
**DAN**  
**TIANG PANCANG KELOMPOK**



**Cholis Rafiqi**  
**No. Mhs. 94 310 156**  
**Nirm. 940051013114120155**

**Rio Bahtianan Sakti**  
**No. Mhs. 94 310 217**  
**Nirm. 940051013114120211**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**1999**

**TUGAS AKHIR**  
**STUDI LITERATUR**  
**ANALISIS PERHITUNGAN KAPASITAS TARIK**  
**TIANG BOR TUNGGAL DENGAN PEMBESARAN UJUNG**  
**DAN**  
**TIANG PANCANG KELOMPOK**

*Diajukan kepada Universitas Islam Indonesia  
untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh  
Derajat Sarjana Teknik Sipil*

**Cholis Rafi'i**  
**No. Mhs. 94 310 156**  
**Nirm. 940051013114120155**

**Rio Bahtianan Sakti**  
**No. Mhs. 94 310 217**  
**Nirm. 940051013114120211**

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

1999

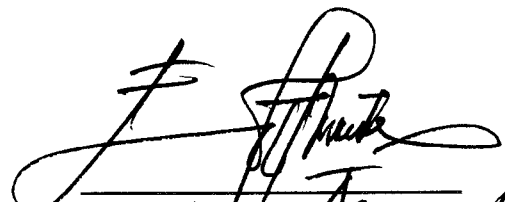
**TUGAS AKHIR**  
**STUDI LITERATUR**  
**ANALISIS PERHITUNGAN KAPASITAS TARIK**  
**TIANG BOR TUNGGAL DENGAN PEMBESARAN UJUNG**  
**DAN**  
**TIANG PANCANG KELOMPOK**

Cholis Raffi  
No. Mhs. 94 310 156  
Nirm. 940051013114120155


Rio Bahtianan Sakti  
No. Mhs. 94 310 217  
Nirm. 940051013114120211

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

DR. Ir. Edy Purwanto, CES, DEA  
Dosen Pembimbing I

  
Tanggal: 17 Agustus 1999

Ir. Ibnu Sudarmadji, MS  
Dosen Pembimbing II

  
Tanggal: 18/8/99

## PRAKATA

*Assalamu'alaikum Wr. Wb.*

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas berkah, rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan. Shalawat serta salam semoga tetap terlimpahkan pada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat dan umatnya yang senantiasa menegakkan Islam di muka bumi ini.

Tugas akhir kami dengan judul “ Studi Literatur Analisis Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal Dengan Pembesaran Ujung Dan Tiang Pancang Kelompok”, disusun dan diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh derajat sarjana (S1) teknik sipil, pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Banyak pihak yang dengan tulus membantu, baik moral atau secara langsung dan tidak langsung terlibat, memberi saran ataupun kritik mulai dari ide sampai penulisan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu pada kesempatan ini sebagai rasa hormat, disampaikan ucapan terima kasih khususnya kepada :

1. Bapak Ir. Widodo, MSCE, PhD, selaku dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Tadjuddin BMA, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Edy Purwanto, CES DEA, selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran dan pengarahan dalam penyelesaian Tugas Akhir.

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR NOTASI.....	xxv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
INTISARI.....	xxix
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Keaslian .....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Metodologi.....	4
1.7 Batasan Masalah.....	4

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum.....	6
2.2 Kapasitas Tarik ( <i>Pullout Resistance</i> ).....	7
2.3 Pembahasan Penulis Terdahulu.....	8

## BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Umum.....	10
3.2 Pondasi Tiang.....	12
3.2.1. Pemakaian Pondasi Tiang.....	12
3.2.2. Jenis Pondasi Tiang.....	12
3.3 Tiang Bor.....	19
3.3.1 Macam Tiang Bor.....	19
3.3.2 Keuntungan dan Kekurangan Tiang Bor.....	21
3.4 Daya Dukung Tiang Pancang.....	22
3.4.1 Perubahan Sifat Tanah pada Proses Konstruksi Tiang Pancang.....	22
3.4.2 Daya Dukung Ultimit dan Ijin.....	24
3.4.3 Daya Dukung Tiang Tahanan Ujung ( $Q_p$ ) .....	27
3.4.4 Daya Dukung Tiang Gesekan Kulit ( $Q_s$ ).....	30
3.4.5 Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang.....	33
3.5 Daya Dukung Tiang Bor.....	34
3.5.1 Daya Dukung Tiang Bor pada Tanah Pasir.....	34
3.5.2 Daya Dukung Tiang Bor pada Tanah Lempung.....	39
3.5.3 Desain Awal ( <i>Preliminary Design</i> ) Tiang Bor.....	41

3.6 Kapasitas Tarik Tiang ( <i>Pullout Resistance</i> ).....	43
3.6.1 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Tunggal.....	43
3.6.2 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok.....	46
3.6.3 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal.....	48

## BAB IV ANALISIS PERHITUNGAN PONDASI TIANG

### BOR TUNGGAL

4.1 Umum.....	54
4.2 Data Tanah Campuran.....	54
4.3 Desain dan Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Tunggal.....	56
4.3.1 Penentuan Nilai-Nilai Faktor Daya Dukung Berdasarkan Data Tanah.....	56
4.3.2 Desain Tiang Bor Tunggal.....	61
4.4 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Campuran.....	67
4.5 Perhitungan Tiang Bor Tunggal pada Tanah Pasir Homogen.....	71
4.5.1 Data Tanah Pasir Homogen.....	71
4.5.2 Desain Tiang Bor Tunggal pada Tanah Pasir.....	72
4.5.3 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Pasir.....	74
4.6 Perhitungan Tiang Bor Tunggal pada Tanah Lempung Homogen.....	77

4.6.1 Data Tanah Lempung Homogen.....	77
4.6.2 Desain Tiang Bor Tunggal pada Tanah Lempung	77
4.6.3 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Lempung.....	79

## **BAB V ANALISIS PERHITUNGAN PONDASI TIANG**

### **PANCANG KELOMPOK**

5.1 Umum.....	101
5.2 Data Tanah Campuran.....	101
5.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang pada Tanah Campuran.....	103
5.3.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Individu.....	103
5.3.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	108
5.4 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Pancang pada Tanah Campuran .....	108
5.5 Data Tanah Pasir Homogen.....	130
5.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang pada Tanah Pasir.....	131
5.6.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Individu.....	131
5.6.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	133



5.7 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Pancang pada Tanah Pasir.....	133
5.8 Data Tanah Lempung Homogen.....	151
5.9 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang pada Tanah Lempung.....	151
5.9.1 Daya Dukung Tiang Pancang Individu.....	152
5.9.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok.....	154
5.10 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Pancang pada Tanah Lempung.....	154

## BAB VI PEMBAHASAN

6.1 Kapasitas Daya Dukung dan Kapasitas Tarik Tiang Bor	168
6.2 Tahap-Tahap Perhitungan dan Faktor-Faktor yang Berpengaruh.....	168
6.2.1 Tahap Desain Tiang Bor.....	168
6.2.2 Faktor Gesekan Kulit ( $Q_s$ ).....	169
6.2.3 Faktor Tahanan Ujung ( $Q_p$ ).....	170
6.3 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal.....	170
6.4 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok.....	171
6.4.1 Pengaruh Jumlah Tiang Terhadap Kapasitas Tarik.....	171
6.4.2 Pengaruh Luasan Tiang Pancang Individu terhadap Kapasitas Tarik.....	172

6.4.3 Pengaruh Keliling Tiang Individu terhadap Kapasitas Tarik.....	172
<b>BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
7.1 Kesimpulan.....	181
7.2 Saran.....	182
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Pondasi Telapak
- Gambar 3.2 Pondasi Sumuran
- Gambar 3.3 Pondasi Tiang
- Gambar 3.4 Tipe Tiang Berdasarkan Cara Meneruskan Beban
- Gambar 3.5 Berbagai Jenis Tiang Pancang Berdasar Cara Pembuatan Tiang Di Tempat (*Cast In Place*)
- Gambar 3.6 Macam Tiang bor Berdasarkan Desain Bentuknya Dalam Transfer Beban
- Gambar 3.7 Efek Penyeretan (*Dragdown*) Pada Tanah Kohesif
- Gambar 3.8 Mekanisme Transfer Beban Tiang ke Tanah
- Gambar 3.9 Mekanisme Transfer Beban Pada *Point Bearing*
- Gambar 3.10 Grafik Variasi nilai ( $N_c^*$  dan  $N_q^*$ ) Terhadap nilai  $\phi$  (After Meyerhof, 1976)
- Gambar 3.11 Variasi Unit Tahanan Ujung pada Tanah Pasir Homogen
- Gambar 3.12 Grafik Hubungan  $(L_b/D)_cr$  Dengan  $\phi$
- Gambar 3.13 Pengambilan nilai  $\sigma_v'$  pada Tanah Pasir
- Gambar 3.14 Nilai  $\alpha$  berdasarkan nilai  $S_u$
- Gambar 3.15 Variasi Nilai  $N_c^*$  Terhadap Nilai  $(L_g/B_g)$
- Gambar 3.16 Faktor Daya Dukung ( $N_q^*$ ) Menurut Vesic Yang Dipakai Pada Tiang Bor (Rekomendasi dari Das)
- Gambar 3.17 Korelasi Nilai SPT Terkoreksi Terhadap Nilai  $\phi$

- Gambar 3.18 Nilai  $C_a$  Pada Tiang Pancang
- Gambar 3.19 Gambar Prisma Tahanan Tarik
- Gambar 3.20 *Uplift Coefficient* ( $K_u$ )
- Gambar 3.21 Nilai *Breakout Factor* ( $B_g$ ) pada Pasir
- Gambar 3.22 Variasi Nilai  $(L/D_b)_{cr}$  dan  $\delta/\phi$  Terhadap *Relative Density*
- Gambar 4.1 Sketsa Lapisan Tanah Campuran
- Gambar 4.2 Pengambilan Nilai  $\sigma_v'$  Untuk Perhitungan Daya Dukung pada Tanah Campuran (Tidak Homogen)
- Gambar 4.3 Penentuan Nilai  $\sigma_v'$  pada Kapasitas Tarik Tiang Bor
- Gambar 4.4 Dimensi Tiang Bor Tunggal
- Gambar 4.5 Perhitungan Nilai Tegangan Efektif pada Tanah Campuran (Tiang Bor Diameter 0,75 m)
- Gambar 4.6 Dimensi Tiang Bor Tunggal Terpakai
- Gambar 4.7 Sketsa Lapisan Tanah Pasir Homogen
- Gambar 4.8 Pengambilan Nilai  $\sigma_v'$  pada Lapisan Tanah Pasir Homogen
- Gambar 4.9 Dimensi Tiang Bor Tunggal Terpakai
- Gambar 4.10 Sketsa Lapisan Tanah Lempung Homogen
- Gambar 4.11 Dimensi Tiang Bor Tunggal Terpakai pada Tanah Lempung Homogen
- Gambar 5.1 Sketsa Lapisan Tanah Campuran
- Gambar 5.2 Pengambilan Nilai Tegangan Vertikal Efektif ( $\sigma_v'$ )
- Gambar 5.3 Gambar Prisma Tahanan Tarik pada Tanah Campuran
- Gambar 5.4 Sketsa Lapisan Tanah Pasir Homogen

- Gambar 5.5 Gambar Prisma Tahanan Tarik pada Tanah Pasir Homogen
- Gambar 5.6 Sketsa Lapisan Tanah Lempung Homogen
- Gambar 6.1 Grafik Kapasitas Tarik Tiang Bor Pada Tanah Campuran
- Gambar 6.2 Grafik Kapasitas Tarik Tiang Bor pada Tanah Pasir
- Gambar 6.3 Grafik Kapasitas Tarik Tiang Bor pada Tanah Lempung
- Gambar 6.4 Grafik Kapasitas Tarik Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Pasir
- Gambar 6.5 Grafik Jumlah Tiang Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Pasir
- Gambar 6.6 Grafik Luasan Tiang Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Pasir
- Gambar 6.7 Grafik Keliling Tiang Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Pasir
- Gambar 6.8 Grafik Pengaruh Jumlah Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Lempung
- Gambar 6.9 Grafik Pengaruh Luasan Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Lempung
- Gambar 6.10 Grafik Pengaruh Keliling Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Lempung
- Gambar 6.11 Grafik Kapasitas Tarik Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Lempung
- Gambar 6.12 Grafik Jumlah Tiang Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Lempung

Gambar 6.13 Grafik Pengaruh Jumlah Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Lempung

Gambar 6.14 Grafik Pengaruh Luasan Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Lempung

Gambar 6.15 Grafik Pengaruh Keliling Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Lempung

Gambar 6.16 Grafik Kapasitas Tarik Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Campuran

Gambar 6.17 Grafik Jumlah Tiang Pada Tiang Pancang Kelompok Untuk Tanah Campuran

Gambar 6.18 Grafik Pengaruh Jumlah Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Campuran

Gambar 6.19 Grafik Pengaruh Luasan Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Campuran

Gambar 6.20 Grafik Pengaruh Keliling Tiang Terhadap Kapasitas Tarik Pada Tanah Campuran

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Faktor Keamanan Tipikal Pada Desain Pondasi Dalam Untuk Beban Ke bawah
Tabel 3.2	Nilai Sudut Gesek dari Macam-Macam Permukaan Tiang dengan J Jenis Tanah
Tabel 3.3	Rasio Koefisien Tekanan Lateral Tanah Pasca-Konstruksi dengan Sebelum Konstruksi
Tabel 3.4	Rasio Koefisien Tekanan Lateral Tanah Pasca-Konstruksi dengan Sebelum Konstruksi untuk Desain Tiang Bor
Tabel 3.5	Rasio Koefisien Tekanan Lateral Tanah Pasca-Konstruksi dengan Sebelum Konstruksi untuk Desain Tiang Bor
Tabel 3.6	Nilai $K_s$ untuk Berbagai Tipe Tiang pada Tanah Pasir
Tabel 3.7	Koefisien <i>Shape Factor</i>
Tabel 3.8	Konsistensi Tanah Pasir terhadap <i>Relative Density</i>
Tabel 4.1	Tabel Perhitungan Gesekan Kulit ( $Q_s$ ) Bor Tunggal Diameter =0,75 m pada Tanah Campuran
Tabel 4.2	Perhitungan Gesekan Kulit ( $\sum f_s \cdot A_s$ ) Tiap Lapis, Tiang dengan $D_s=0,75\text{m}$ & $D_b = 2,8 \text{ m}$
Tabel 4.3	Perhitungan Dimensi Ujung ( $D_b$ )
Tabel 4.4	Tabel Hitungan Gesekan Kulit Tanah Pasir Homogen Tiang Bor $D_s = 0.75 \text{ m}$

- Tabel 4.5 Perhitungan Dimensi Ujung ( $D_b$ ) untuk Tanah Lempung dengan Diameter Badan  $D_s=0,75$  m
- Tabel 4.6 Tabel Hitungan Gesekan Kulit Tanah pada Tarik Lempung Homogen Tiang Bor  $D_s=0,75$  m
- Tabel 4.7 Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=0,75$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.8 Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.9 Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1,25$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.10 Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1,50$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.11 Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1,75$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.12 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=0,75$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.13 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,00$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.14 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,25$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.15 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,50$  m pada Tanah Campuran



- Tabel 4.16 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,75$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 4.17 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 0,75$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.18 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,00$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.19 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,25$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.20 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,50$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.21 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,75$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.22 Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s= 0,75$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.23 Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s= 1,0$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.24 Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s= 1,25$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.25 Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s= 1,50$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.26 Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s= 1,75$  m pada Tanah Pasir
- Tabel 4.27 Desain Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s= 0,75$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.28 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,00$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.29 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,25$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.30 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,50$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.31 Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s= 1,75$  m pada Tanah Lempung

- Tabel 4.32 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s = 0,75$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.33 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,00$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.34 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,25$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.35 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,50$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 4.36 Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,75$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D = 16'' = 0,4064$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D = 20'' = 0,508$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.3 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D = 24'' = 0,6096$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.4 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga  $D = 16'' = 0,4064$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.5 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga  $D = 20'' = 0,508$  m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.6 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga  $D = 24'' = 0,6096$  m pada Tanah Campuran

- Tabel 5.7 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 16"= 0,4064 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.8 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 20"= 0,508 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.9 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 24"= 0,6096 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.10 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 16"= 0,4064 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.11 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 20"= 0,508 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.12 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 24"= 0,6096 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.13 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga D= 16"= 0,4064 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.14 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga D= 20"= 0,508 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.15 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga D= 24"= 0,508 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.16 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 16"= 0,4064 m pada Tanah Campuran
- Tabel 5.17 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 20"= 0,508 m pada Tanah Campuran

Tabel 5.18	Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 24" = 0,6096 m pada Tanah Campuran
Tabel 5.19	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 16" = 0,4064 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.20	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 20" = 0,508 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.21	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 24" = 0,6096 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.22	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D= 16" = 0,4064 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.23	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D= 20" = 0,508 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.24	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D= 24" = 0,6096 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.25	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 16" = 0,4064 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.26	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat D= 20" = 0,508 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.27	Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 24" = 0,6096 m pada Tanah Pasir
Tabel 5.28	Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 16" = 0,4064 m pada Tanah Pasir

- Tabel 5.29 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 20''=$   
0,508 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.30 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 24''=$   
0,6096 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.31 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=$   
16''= 0,4064 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.32 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=$   
20''= 0,508 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.33 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=$   
24''= 0,6096 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.34 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=$   
16''= 0,4064 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.35 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=$   
20''= 0,508 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.36 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=$   
24''= 0,6096 m pada Tanah Pasir
- Tabel 5.37 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 16''=$   
0,4064 m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.38 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 20''=$   
0,508 m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.39 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 24''=$   
0,6096m pada Tanah Lempung

- Tabel 5.40 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga  $D= 16''=$   
0,4064 m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.41 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga  $D= 20''=$   
0,508 m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.42 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga  $D= 24''=$   
0,6096 m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.43 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat  $D=$   
 $16''= 0,4064$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.44 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat  $D=$   
 $20''= 0,508$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.45 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat  $D=$   
 $24''= 0,6096$  m pada Tanah Lempung
- Tabel 5.46 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 16''=$   
0,4064 m Pada Tanah Lempung
- Tabel 5.47 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 20''=$   
0,508 m Pada Tanah Lempung
- Tabel 5.48 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 24''=$   
0,6096 m Pada Tanah Lempung
- Tabel 5.49 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=$   
 $16''= 0,4064$  m Pada Tanah Lempung
- Tabel 5.50 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=$   
 $20''= 0,508$  m Pada Tanah Lempung

- Tabel 5.51 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=24"$  = 0,6096 m Pada Tanah Lempung
- Tabel 5.52 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=16"$  = 0,4064 m Pada Tanah Lempung
- Tabel 5.53 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=20"$  = 0,508 m Pada Tanah Lempung
- Tabel 5.54 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=24"$  = 0,6096 m Pada Tanah Lempung

## DAFTAR NOTASI

$\lambda$	= Koefisien kapasitas friksi berdasarkan kedalaman pembenaman
$\gamma$	= Berat volume tanah
$\alpha$	= <i>Adhesion factor</i> tiang pancang dari grafik berdasarkan nilai $S_u$
$\alpha^*$	= <i>Adhesion factor</i> tiang bor dari grafik berdasarkan nilai $S_u$
$\alpha'$	= <i>Adhesion factor</i> tiang bor pada perhitungan tarik dari grafik berdasarkan nilai $S_u$
$\phi$	= Sudut gesek tanah
$\Delta L$	= Unit panjang tiang
$\sigma_v'$	= Tegangan efektif dengan memperhitungkan kedalaman maksimum
$\delta$	= Sudut gesek antara tiang dengan tanah
$A_p$	= Luas penampang ujung tiang
$A_1$	= Luas permukaan tanah pada perhitungan berat prisma tahanan tarik
$A_2$	= Luas kelompok tiang pancang
$B_g$	= Lebar formasi kelompok ( <i>group</i> ) tiang
$B_q$	= <i>Breakout factor</i>
$c_a$	= Adhesi tiang-tanah
$c_u$	= <i>undrained cohesion</i>
$D_b$	= Diameter ujung tiang
$D_s$	= Diameter badan ( <i>shaft</i> ) pada tiang bor
$E_g$	= Efisiensi kelompok tiang ( <i>group</i> )



$f_c'$	= Kuat tekan beton 28 hari
$f_s$	= Unit tahanan friksi
F	= Angka aman
h	= Kedalaman lapisan tanah
K	= Koefisien tekanan tanah
$K_0$	= Koefisien tekanan tanah pada kondisi diam
$K_s$	= Koefisien tekanan tanah pada tiang pancang
$L'$	= Kedalaman batas tegangan maksimum
$L_b$	= Kedalaman penetrasi aktual tiang
$L_{cr}$	= Kedalaman kritis pada tanah pasir
$L_e$	= Panjang efektif tiang
$L_g$	= Panjang formasi kelompok ( <i>group</i> ) tiang
n	= Jumlah tiang
$N_c^*$	= Faktor daya dukung untuk kohesi tanah
$N_q^*$	= Faktor daya dukung untuk tegangan tanah
$N_u$	= Nilai <i>breakout factor</i>
P	<i>Perimeter</i> ( keliling tiang )
$P_{all}$	= Kapasitas tarik yang diijinkan
$P_{gall}$	= Kapasitas tarik tiang pancang kelompok yang diijinkan
$P_{au}$	= Kapasitas tarik tiang bor yang diijinkan ( <i>pullout capacity</i> )
$P_{ub}$	= Kontribusi ujung tiang bor pada kapasitas tarik
$q'$	= Tegangan efektif tanah
$Q_{allowable}$	= Beban maksimum yang diijinkan

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Susunan Tiang Pancang Kelompok
- Lampiran 2 Data tanah Proyek Perkantoran Bank Indonesia Gedung C Jakarta
- Lampiran 3 Data Tanah Proyek Pengembangan Kampus “ISI” Yogyakarta
- Lampiran 4 Data Tanah Rencana Kampus “USM” Semarang

## INTISARI

Pondasi dari suatu gedung ataupun struktur yang lain umumnya mempunyai fungsi utama untuk menahan beban dari berat sendiri bangunan dengan meneruskan beban tersebut ke tanah. Pada struktur tertentu, seperti gedung dengan lantai *basement* berada di bawah muka air tanah, terdapat tambahan beban gaya hidrostatis yang arahnya ke atas (*uplift*) dan juga pada bangunan menara transmisi yang menderita gaya tarik akibat penarikan kabel.

Gaya angkat (*uplift*) arahnya berlawanan dengan gaya akibat beban dari berat sendiri bangunan. Gaya angkat (*uplift*) menjadi sangat dominan apabila beban dari berat sendiri masih relatif kecil, yaitu pada saat pembangunan struktur atasnya sedang berlangsung. Dalam kondisi tersebut pondasi harus mampu menahan gaya angkat gedung, sehingga kapasitas tarik dari pondasi sangat perlu untuk diketahui.

Pondasi dalam yang digunakan secara umum adalah tiang pancang dan tiang bor. Tiang pancang dipakai secara kelompok (*group*), sedangkan tiang bor bisa dipakai secara tunggal. Tugas akhir ini akan menganalisis perhitungan antara keduanya dalam tinjauan terhadap kapasitas tariknya, yaitu antara penggunaan tiang pancang kelompok dan penggunaan tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung. Hal tersebut dilakukan dengan dasar bahwa jenis tersebut mempunyai kelebihan masing-masing dalam menahan tarik. Pengaruh jenis tanah juga dipertimbangkan, dalam hal ini dilakukan perhitungan pada kondisi tanah pasir, lempung dan tanah campuran.

Kapasitas tarik tiang bor dengan pembesaran ujung, secara umum, tergantung dari tahanan kulit, berat tiang dan kontribusi pembesaran ujungnya. Pada tanah pasir, kontribusi ujungnya lebih besar dibandingkan dengan berat tiang sehingga dapat disimpulkan kapasitas tariknya ditentukan oleh kontribusi pembesaran ujungnya (hingga sekitar 80 %). Pada tanah lempung, kapasitas tariknya dipengaruhi oleh ketiga faktor secara bersama-sama yaitu : berat tiang ( $W_t$ ), gesekan kulit/adhesi ( $Q_s$ ) dan kontribusi pembesaran ujung ( $P_{ub}$ ). Tiang Bor dengan dimensi yang sama, kontribusi ujungnya lebih kecil dibandingkan pada tanah pasir.

Pada pemakaian tiang pancang kelompok, kapasitas tarik terbesar adalah tiang bentuk segiempat dibandingkan bentuk lain dengan ukuran yang sama. Hal tersebut dikarenakan keliling penampangnya lebih besar dibandingkan bentuk yang lainnya.

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pondasi berfungsi untuk menyalurkan beban yang bekerja pada struktur bangunan yang didukungnya ke lapisan tanah pendukung. Hal-hal yang penting untuk diperhatikan dari suatu sistem pondasi adalah gaya-gaya yang bekerja, kapasitas struktur pondasi terhadap gaya yang bekerja maupun daya dukung tanah terhadap gaya yang disalurkan dari pondasi.

Pondasi tiang adalah suatu elemen yang terbuat dari baja, beton atau kayu yang berfungsi untuk meneruskan beban struktur di atasnya ke dalam tanah dengan mekanisme interaksi berupa tahanan ujung dan atau tahanan gesek permukaan.

Pondasi tiang dipergunakan untuk pondasi suatu bangunan apabila tanah di bawah bangunan tidak mempunyai daya dukung yang kuat untuk menahan berat bangunan dan bebannya, serta tanah baik berada pada kedalaman yang cukup dalam.

Pondasi suatu gedung mempunyai fungsi utama untuk menahan seluruh berat struktur. Pada gedung yang mempunyai lantai *basement* berada di bawah muka air tanah, terdapat suatu gaya angkat ke atas akibat adanya gaya hidrostatik. Setelah seluruh struktur atasnya selesai dibangun (total bangunan terbentuk),

gaya hidrostatik yang timbul menjadi tidak dominan karena adanya berat sendiri yang berlawanan arah dengan gaya hidrostatik tersebut. Pondasi melaksanakan fungsi utamanya sebagai penahan berat sendiri bangunan yang meneruskan beban tersebut ke tanah.

Pada tahap pelaksanaan, pembangunan gedung dilakukan secara bertahap. Pada tahapan tersebut berat sendiri bangunan masih relatif kecil, sehingga gaya hidrostatik menjadi lebih dominan. Pondasi tiang yang semula didesain untuk menahan beban akibat berat sendiri bangunan (tiang menahan desak) berubah fungsi menjadi menahan tarik akibat gaya angkat dari gaya hidrostatik, sehingga pondasi harus diketahui juga kapasitas tariknya (*pullout/uplift resistance*).

Menara transmisi juga menderita gaya angkat ke atas. Pada tahap awal yaitu kabel belum dipasang, pondasi menara transmisi masih menahan beban desak dari berat sendiri. Tetapi pada saat kabel dipasang terjadi penarikan kabel, maka pondasi akan menahan gaya tarik.

Dengan latar belakang permasalahan di atas, maka penulis mencoba untuk mempelajari, menganalisis tentang faktor-faktor berpengaruh di dalam pemakaian pondasi yang menahan tarik dan desak.

## 1.2. Permasalahan

Pemilihan pondasi yang tepat berdasarkan kapasitas tarik yang maksimal dengan kapasitas dukung yang maksimal pula.

Jenis pondasi yang dianggap mempunyai kapasitas tarik yang tinggi antara lain adalah : tiang bor dengan pembesaran ujung dan kelompok tiang pancang. Kapasitas tarik masing-masing pondasi tersebut perlu diketahui untuk

dibandingkan, sehingga pemilihan jenis pondasi dapat dilakukan secara menyeluruh berdasarkan kapasitas tarik maupun daya dukungnya.

### **1.3 Keaslian**

Analisis kapasitas tarik tiang belum pernah dibahas dalam Tugas Akhir di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

### **1.4 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Dapat diketahui cara perhitungan kapasitas tarik (*pullout resistance*) antara dua jenis pondasi (tiang bor tunggal dan kelompok tiang pancang)
2. Dapat memberikan masukan tentang faktor-faktor yang berpengaruh pada perhitungan kapasitas tarik pondasi tiang.

### **1.5 Tujuan**

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh bentuk tampang tiang pancang, jumlah tiang pancang, dimensi tiang pancang terhadap kapasitas tariknya untuk beban desak yang sama (akibat berat sendiri bangunan),
2. Mengetahui pengaruh dimensi badan dan dimensi ujung tiang bor terhadap kapasitas tariknya.
3. Mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas tarik pada tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung (*belled pier*) dan tiang pancang kelompok pada jenis tanah homogen maupun tanah campuran.

Tiang pancang pracetak umumnya dibuat di tempat lain atau dibuat di pabrik (*pre-fabricated pile*), hanya saja panjang tiang terbatas sesuai dengan alat transportasi yang ada. Pada pemakaian dengan kedalaman yang cukup besar, diperlukan penyambungan. Jenis tiang beton pracetak akan dapat dipancang sesuai dengan umur beton setelah  $\pm$  28 hari (untuk beton konvensional), sedangkan yang menggunakan bahan tambah (*additive*) waktunya dapat dipersingkat. (Suryolelono, 1994).

## 2.2 Kapasitas Tarik (*Pullout Resistance*)

Pondasi tiang digunakan untuk beberapa fungsi, salah satunya adalah untuk mengangkurkan struktur yang mendapat gaya tekan ke atas akibat tekanan hidrostatis, disebut juga dengan tiang tarik atau tiang *uplift*. (Teng, 1965).

Tiang tarik biasanya digunakan untuk menahan momen pada struktur yang tinggi (seperti menara transmisi) dan pada struktur yang mendapat gaya tekan ke atas seperti gedung dengan *basement* di bawah muka air tanah atau tangki yang terpendam di dalam tanah. (Prakash dan Sharma, 1990)

Tiang dengan diameter yang sama pada tanah pasir, kapasitas tarik ultimitnya terdiri dari tahanan gesek permukaan dan berat dari *pile* itu sendiri. Gesekan permukaan pada pembebanan vertikal ke atas tidak sama dengan pembebanan vertikal ke bawah. Kapasitas tarik pada pembebanan yang tetap lebih kecil dibandingkan pada pembebanan sementara. (Prakash dan Sharma, 1990).

Pondasi pada beberapa struktur seperti menara transmisi, *platforms* lepas pantai dan *basement* di bawah muka air tanah akan mendapat gaya angkat. Pondasi tiang tersebut biasanya digunakan untuk menahan gaya tarik. (Das, 1990).

### 2.3. Pembahasan Penulis Terdahulu

Penulis terdahulu umumnya membahas tentang daya dukung tiang, baik tiang bor maupun tiang pancang, dalam menahan beban statis. Hal lain yang ditinjau juga hanya pada kombinasi jumlah tiang, jenis tanah, kombinasi bentuk serta pengaruh kemiringan tiang.

Penelitian yang dilakukan oleh **Azis Saleh dan Bagus Masfianto (1998)** mengenai tiang bor dengan judul “ Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Dengan Pembesaran Ujung Bawah dan Selimut Pasir pada Tanah Lempung“ berkesimpulan bahwa pembesaran dimensi pada ujung tiang dan tebal selimut pasir mempertinggi daya dukung tiang dari analisis yang didasarkan pada kemampuan tiang menahan beban, pembesaran dimensi berbanding lurus dengan besarnya daya dukung pondasi.

Adapun penelitian tentang tiang pancang miring yang dilakukan oleh **Sriwijono dan Joko Imam Santoso (1997)** berjudul : “Pengaruh Formasi Kemiringan Tiang Pancang Terhadap Kemampuan Daya Dukung pada Tanah Non Kohesif “, dalam pembahasannya membandingkan antara tiang dimensi bulat dengan segiempat yang dihitung berdasarkan beban statis terhadap kemiringan tiang. Kesimpulannya bahwa tiang dengan dimensi segiempat yang miring mempunyai daya dukung terbesar.

Penelitian tentang tiang bor telah dilakukan oleh **Ahmad Junaedi Latief dan Wawan Isdianto (1995)** dengan judul : “ Tinjauan Pemakaian Tiang Barrete Sebagai Alternatif Pondasi Dalam “, berkesimpulan bahwa pondasi tiang Barrete lebih cocok digunakan pada lahan yang sempit pada saat pembangunan, tiang



tersebut mengandalkan gesekan pada dinding untuk menahan beban statis dan tiang Barrete mampu menahan beban lebih besar dibanding tiang bor biasa.

Bahasan tentang kapasitas tarik belum pernah diungkap sebelumnya oleh para penulis terdahulu.

## BAB III

### LANDASAN TEORI

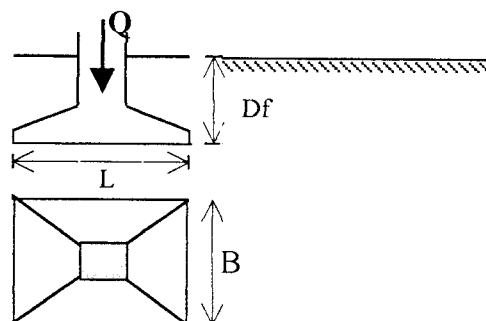
#### 3.1 Umum

Struktur bangunan berdasarkan letaknya terhadap muka tanah dibagi menjadi dua bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur yang terletak di bawah muka tanah disebut pondasi yang berfungsi meneruskan beban dari struktur atas serta berat sendiri pondasi.

Klasifikasi pondasi berdasarkan kedalaman tanah baik, secara umum adalah sebagai berikut ini.

#### 1. Pondasi Telapak ( Pondasi Dangkal, *Shallow Foundation, Spread Foundation*)

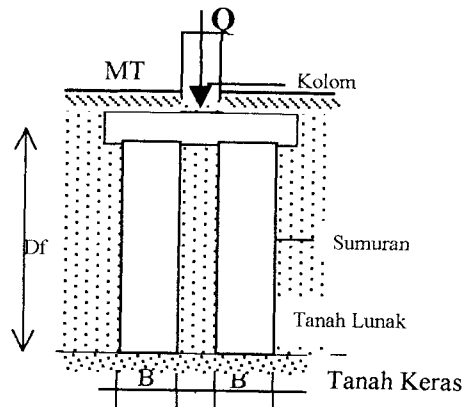
Pondasi telapak dipakai jika tanah dengan daya dukung yang tinggi (tanah baik) relatif dangkal  $< 2,00$  m. Pondasi tersebut digunakan jika  $D_f / B < 4$  dengan  $D_f$  adalah kedalaman dasar pondasi dan  $B$  adalah lebar tersempit dari pondasi. (Suryolelono,1994)



**Gambar 3.1** Pondasi Telapak

## 2. Pondasi Agak Dalam (Pondasi Sumuran)

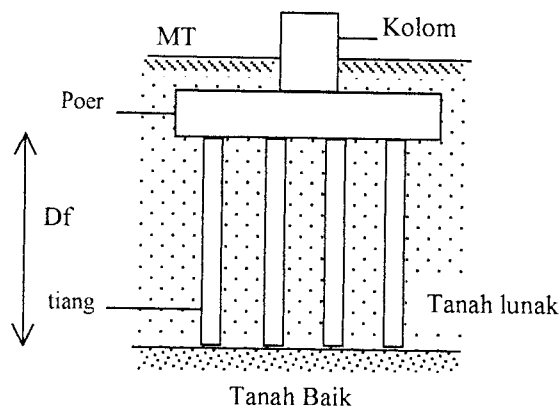
Pondasi tersebut digunakan bila beban yang bekerja cukup berat dan letak tanah dengan daya dukung tinggi terletak pada kedalaman relatif dalam. Biasanya dinyatakan dengan hubungan  $4 \leq D_f / B < 10$  .(Suryolelono,1994)



**Gambar 3.2** Pondasi Sumuran

## 3. Pondasi Dalam (Pondasi Tiang)

Pondasi tersebut digunakan apabila letak tanah baik sangat dalam ( $D_f / B \geq 10$ ) dan di atasnya adalah lapisan tanah dengan daya dukung yang rendah (tanah lunak, tanah humus ataupun tanah organik). Pondasi tersebut selain mendukung beban yang bekerja, juga harus mampu menahan beban lentur dan tarik pada struktur tiangnya. (Suryolelono, 1994)



**Gambar 3.3** Pondasi Tiang

## **3.2 Pondasi Tiang**

### **3.2.1 Pemakaian Pondasi Tiang**

Secara umum pondasi tiang digunakan bila dijumpai kondisi sebagai berikut ini.

1. Kondisi tanah dasar pondasi yang mempunyai daya dukung tinggi terletak pada kedalaman yang cukup dalam ( $D_f / B \geq 10$ ), sedangkan tanah di atas tanah baik tersebut kurang mampu mendukung beban yang bekerja atau merupakan tanah lunak.
2. Dasar pondasi sering mengalami erosi akibat gerusan air, seperti pada pondasi pilar jembatan. Apabila menggunakan pondasi dangkal, dasar pondasi perlu ditempatkan lebih dalam dari pengaruh gerusan yang paling dalam, akan tetapi kemungkinan mengakibatkan biaya membengkak. Kondisi tersebut dapat diatasi dengan dua kemungkinan yaitu pondasi tiang ataupun pondasi sumuran.
3. Suatu konstruksi menerima beban horisontal ataupun tarik yang cukup besar. Contoh: Konstruksi dermaga, pemecah gelombang, tanggul pelabuhan, pondasi tangki minyak dan sebagainya.

Berdasarkan pemakaian pondasi tiang tersebut mengakibatkan munculnya berbagai macam tiang yang digunakan sesuai dengan beban yang bekerja, bahan tiang maupun cara pelaksanaan pemancangannya. (Suryolelono, 1994)

### **3.2.2 Jenis Pondasi Tiang**

Jenis tiang yang dipakai dalam suatu konstruksi, secara umum tergantung pada beban yang bekerja, ketersediaan bahan yang ada di sekitar lokasi bangunan,

juga cara pemasangannya (instalasi). Jenis-jenis tiang dapat diklasifikasikan sebagai berikut ini.

**1. Cara Tiang Meneruskan Beban.** Jenis tiang berdasarkan cara tiang meneruskan beban ke tanah dasar pondasi, tergantung pada jenis tanah dasar yang akan menerima beban yang akan bekerja.

a. *Point bearing pile (end bearing pile)*

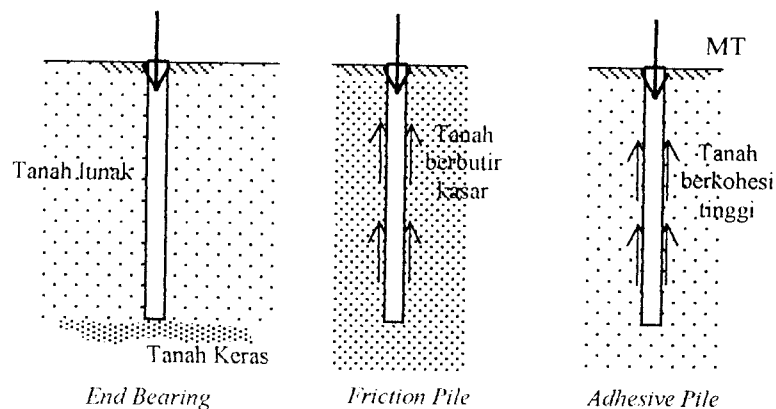
Penerusan beban terjadi jika ujung tiang mencapai tanah keras, maka beban yang diterima tiang akan diteruskan ke tanah dasar pondasi melalui tahanan ujung tiang.

b. *Friction pile.*

Penerusan beban terjadi apabila tanahnya mempunyai nilai kuat gesek tinggi (jenis tanah pasir), maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan berdasarkan gesekan antara tanah sekeliling tiang dengan tiangnya.

c. *Adhesive pile.*

Tiang dipancang pada tanah yang mempunyai nilai kohesi tinggi, maka beban yang diterima oleh tiang akan ditahan oleh pelekatan antara tanah sekitar dan permukaan tiang



**Gambar 3.4** Tipe tiang berdasarkan cara meneruskan beban

dibanding jenis tiang lain maka lebih mudah masuk ke dalam tanah akibat beratnya sendiri,

- Mudah disambung, jika diperlukan panjang tiang yang cukup besar untuk mencapai kedalaman tiang yang diinginkan. Sistem sambungan dapat berupa sambungan las atau baut sesuai dengan kebutuhan,
- Untuk menembus jenis-jenis tanah keras ujung tiang diperkuat dengan memberi sepatu agar tidak mudah rusak,
- Masalah utama yang dihadapi untuk jenis tiang baja adalah masalah korosi yang disebabkan proses ionisasi tanah yang bersifat asam (daerah rawa-rawa, tanah organik) atau tanah yang mengandung bahan-bahan lain yang bersifat korosif.

#### c. Tiang Beton

Jenis tiang beton mulai dikembangkan setelah teknologi bahan beton bertulang mengalami perkembangan pesat, mulai jenis tiang dengan konstruksi beton bertulang yang dibuat secara konvensional sampai dengan konstruksi beton bertulang *prestress* ataupun *post tension*. Tujuannya adalah meningkatkan kemampuan bahan tiang beton.. Penampang tiang beton biasanya berbentuk lingkaran, persegi empat dan *oktagonal*. Pada proses pembuatannya tiang beton dapat dicor terlebih dahulu, cor di tempat atau dari konstruksi gabungan. (Suryolelono, 1994)

#### d. Tiang Komposit

Tiang komposit adalah tiang yang bagian atas dan bawahnya terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan

satu tiang. Sebagai contoh, tiang pancang yang terbuat dari baja dan beton atau kayu dan beton.

Tiang komposit baja beton terdiri dari baja pada bagian bawah dan beton "*cast in place*" pada bagian atasnya. Tipe tiang komposit adalah salah satu jenis yang biasa digunakan bila panjang tiang yang dibutuhkan untuk mencapai daya dukung yang kapasitasnya melebihi tiang pancang beton "*cast in place*".

Tiang komposit kayu beton biasanya terdiri dari tiang pancang kayu untuk bagian yang berada di bawah permukaan air tanah sedang bagian atas adalah beton. Dalam beberapa kasus terjadi kesulitan penyambungan yang baik antara dua material yang berbeda, sehingga tiang komposit tidak dipergunakan secara luas. (Das, 1990)

**3. Cara Pembuatan Tiang.** Berdasarkan cara pembuatan tiang diperoleh berbagai jenis tiang yang digunakan. Dua metode dalam pembuatan tiang yang memberikan perbedaan dalam cara pelaksanaan pemancangan tiang, yaitu *precast pile* (tiang dibuat di tempat lain) dan tiang *cast in place* (tiang dibuat di tempat). Penjelasan kedua metode tersebut akan diterangkan sebagai berikut ini.

*a. Precast pile*

Jenis tiang *precast* dibuat di tempat lain atau dibuat di pabrik (*prefabricated pile*), hanya saja panjang tiang terbatas sesuai dengan alat transportasi yang ada, sehingga untuk kedalaman yang cukup besar biasanya diperlukan sambungan.

Jenis tiang beton *precast* baru dipancang setelah unur  $\pm 28$  hari dari waktu pembuatan (untuk beton konvensional), sedangkan untuk beton yang menggunakan bahan tambah (*additive*) waktu dapat dipersingkat.

*b. Cast in place pile*

Pada prinsipnya adalah membuat lubang di dalam tanah dan mengisinya dengan beton. Ada beberapa jenis tiang yang dibuat dengan metode *cast in place*, antara lain adalah sebagai berikut ini.

1) Tiang beton tanpa *casing*

- Jenis tanah pondasi tidak mudah runtuh. Dilakukan dengan cara membuat lubang ke dalam tanah dan tanah dikeluarkan dari lubang tersebut, kemudian tulangan dimasukkan dan selanjutnya dilakukan pengecoran.
- Jenis tanah dasar mudah runtuh. Digunakan pipa baja yang terbuka ujungnya dan dipancang ke dalam tanah. Tanah dalam pipa dikeluarkan dan selanjutnya tulangan dimasukkan, kemudian dicor. Bersamaan dengan pelaksanaan pengecoran beton, pipa baja dicabut.

2) Tiang beton dengan *casing*

Jenis tiang tersebut tidak tergantung pada jenis tanah pondasi. Pipa baja yang bekerja sebagai tiang atau bekerja sebagai tulangan luar nantinya masuk ke dalam tanah, berbagai metode pelaksanaan jenis tiang tersebut antara lain :



### 3.3 Tiang Bor

Penggunaan istilah *pier*, *drilled shaft* maupun *drilled pier* sering digunakan dalam teknik pondasi. Masing-masing istilah tersebut menunjukkan pada suatu elemen pondasi yang sama, yaitu suatu tiang *cast in place* yang umumnya mempunyai diameter  $\pm 750$  mm ( $\approx 2,5$  ft) atau lebih, baik dengan penulangan ataupun tanpa tulangan, baik dengan pembesaran ujung ataupun tanpa pembesaran ujung. (Das, 1990)

Istilah tiang bor digunakan apabila sebuah lubang dibuat dengan cara membor tanah kemudian mengisinya dengan beton. Berdasarkan jenis tanahnya, *casing* akan digunakan untuk menanggulangi atau menahan dinding lobang dari keruntuhan selama masa konstruksi. Diameter tiang bor umumnya cukup besar untuk dimasuki orang untuk kepentingan pemeriksaan/inspeksi. (Das, 1990)

#### 3.3.1 Macam Tiang Bor

Tiang bor dapat diklasifikasikan berdasarkan desainnya dalam meneruskan beban ke lapisan bawahnya (Das, 1990). Macam tiang bor berdasarkan hal tersebut adalah :

##### 1. Tiang Bor Lurus

Tiang tersebut menerus melewati tanah jelek dengan ujungnya terletak pada tanah baik ataupun cadas (*rock*). Kulit tiang tersebut dibuat dengan *casing* dari pipa baja apabila diperlukan. Tahanan terhadap beban yang bekerja terdiri dari tahanan ujung serta gesekan antara permukaan kulit tiang dengan tanah. (Gambar 3.6.a )

### 3.3.2 Keuntungan dan Kekurangan Tiang Bor

Penggunaan tiang bor mempunyai beberapa keuntungan (Das, 1990), yang antara lain :

1. Tiang bor dapat dipakai secara individu/tunggal untuk menggantikan tiang pancang kelompok dan *pile capnya*,
2. Suatu pekerjaan pondasi pada lapisan tanah pasir yang padat (*dense sand*), akan lebih mudah membuat tiang bor daripada pondasi dengan tiang pancang,
3. Pada saat tiang pancang dipancang dengan *hammer*, getaran tanah dapat merusakkan struktur di dekatnya, sedangkan pada tiang bor tidak akan timbul bahaya tersebut,
4. Disebabkan karena ujung tiang bor yang dapat diperbesar, tiang bor akan menghasilkan tahanan yang cukup besar pada beban *uplift*,
5. Tiang yang dipancang pada tanah lempung dapat menimbulkan pengangkatan tanah (*ground heaving*) serta dapat mengakibatkan pergerakan kesamping (*lateral*) dari tiang sekitarnya yang telah dipancang sebelumnya. Kondisi tersebut tidak terjadi pada pembuatan tiang bor,
6. Pada pelaksanaan pembuatan tiang bor, tidak ada polusi suara dari *hammer* seperti pada tiang pancang,
7. Permukaan tanah pada dasar lobang sebagai ujung dari tiang bor dapat dikontrol/dilihat secara *visual*,
8. Tiang bor mempunyai tahanan yang cukup besar terhadap beban lateral.

b. Peningkatan tekanan air pori,

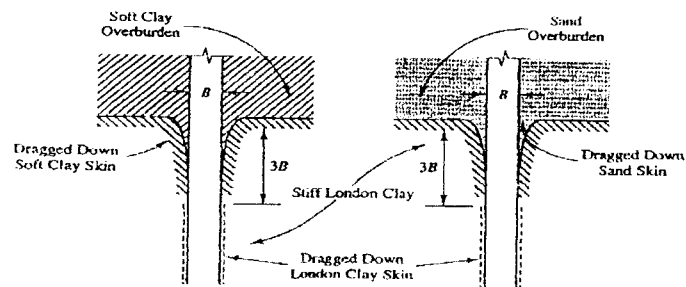
Pada saat tiang dipancangkan pada tanah lempung jenuh, akan terjadi tekanan (kompresi) yang akan meningkatkan tekanan air pori. Tekanan air pori tersebut dapat mencapai 1,5 sampai 2 kali dari tekanan tanah efektif dari kondisi semula pada tanah di sekitar tiang, sedangkan pada ujung tiang dapat mencapai 3 hingga 4 kali lipat lebih besar. Hal tersebut dapat mengurangi kekuatan geser tanah (*shear strength*) sehingga tiang menjadi mudah dipancangkan karena berkurangnya daya dukung. Hal tersebut hanya terjadi sementara (*temporarily*).

c. Hilangnya kontak antara tiang dan tanah,

Tiang bergoyang-goyang pada saat dipancangkan, hal tersebut akan menimbulkan celah antara tiang dengan tanah. Pada tanah lempung lunak, akan terjadi penutupan kembali celah tersebut, akan tetapi pada lempung kaku (*stiff clay*) hal tersebut tidak terjadi. Tomlinson (1987) menyatakan bahwa celah tersebut menerus hingga kedalaman 8 sampai 16 kali diameter di bawah permukaan tanah, sehingga gesekan kulit (*skin friction*) pada daerah tersebut tidak bisa diandalkan (*unreliable*).

d. Timbulnya efek penyeretan (*dragdown*) tanah

Hal tersebut terjadi pada tanah lempung berlapis. Pada saat dipancangkan, tanah lapisan bagian atas dapat terseret dan masuk ke lapisan bawahnya, kurang lebih sampai kedalaman 3 kali diameter tiang. Hal tersebut akan mengurangi besarnya adhesi tiang khususnya apabila lapisan bagian atasnya adalah lebih lunak dari lapisan bawah.



**Gambar 3.7** Efek Penyeretan (*Dragdown*) pada tanah Kohesif

( sumber : Coduto, 1994 )

## 2. Perubahan pada Tanah Non-kohesif

Tekanan pada tanah akibat pemancangan tiang mengakibatkan peningkatan tekanan air pori pada pasir lepas yang jenuh, sehingga akan mengurangi kuat geser tanah yang mengakibatkan tiang mudah untuk dipancangkan. Hal tersebut akan terjadi secara singkat, sehingga daya dukung tiang akan sepenuhnya terbentuk dalam waktu yang lebih singkat dibandingkan pada tanah lempung. Proses pemancangan tiang pada tanah pasir, terjadi juga perubahan yang permanen dari sifat tanah yaitu kepadatan (*density*) tanah..

### 3.4.2 Daya Dukung Ultimit dan Ijin

Daya dukung tiang adalah jumlah dari dukungan pada ujung (*point bearing*) dengan tahanan gesek total (*skin friction*) antara selimut tiang dengan tanah. (Das, 1990).

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (3.1)$$

$Q_u$  = Daya dukung ultimit tiang

$Q_p$  = Tahanan ujung tiang (*point bearing*)

$Q_s$  = Tahanan gesek selimut tiang (*skin friction*)

$Q_{ultimit}$  setelah dibagi dengan angka keamanan (SF) maka akan didapat nilai beban yang diijinkan ( $Q_{allowable}$ ).

$$Q_{all} = Q_{ult} / (SF) \quad (3.2)$$

Angka aman tergantung dari beberapa faktor, nilai yang dipilih diambil dari tabel berikut :

**Tabel 3.1** Faktor Keamanan Tipikal Pada Desain Pondasi Dalam Untuk Beban Ke bawah

Klasifikasi Struktur	Kegagalan yang bisa diterima	Faktor Keamanan Untuk Desain (SF)			
		Pengawasan Baik	Pengawasan Normal	Pengawasan Buruk	Pengawasan Sangat Buruk
Monumental	$10^{-5}$	2,3	3,0	3,5	4,0
Permanen	$10^{-4}$	2,0	2,5	2,8	3,4
Sementara	$10^{-2}$	1,4	2,0	2,3	2,8

Dikembangkan oleh Reese dan O'Neill, 1989

Sumber : *Foundation Design*, Donald P. Coduto, 1994

Dalam praktik disarankan untuk menggunakan nilai angka aman yang lebih besar pada saat analisis beban *uplift*, karena kegagalannya berlangsung seketika dan merupakan bencana besar. Kebanyakan perencana menggunakan nilainya dengan dikalikan 1,5 sampai 2. (Coduto, 1994).

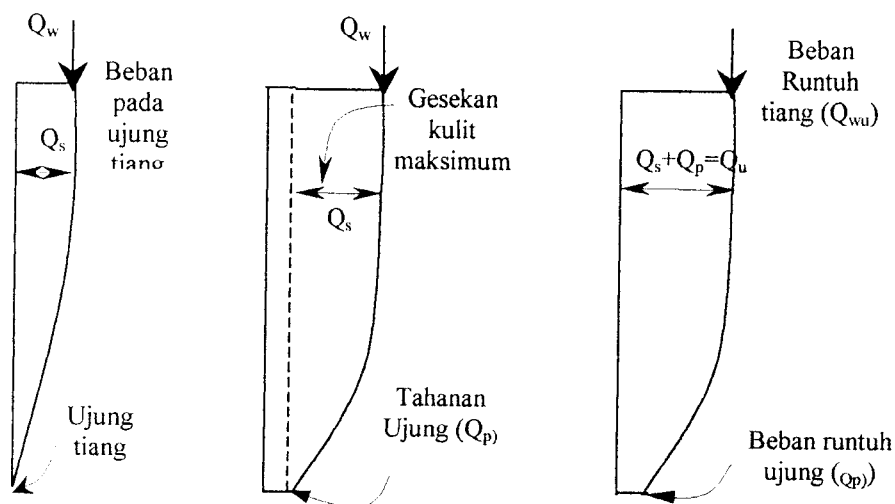
Mekanisme transfer beban dari tiang ke tanah sangat kompleks, akan tetapi secara umum adalah sebagai berikut ini.

1. Apabila ada beban luar aksial tekan ( $Q_w$ ) pada permukaan tanah yang berangsur-angsur meningkat mulai dari nol ( $Q_w=0$ ), akan timbul juga tahanan berupa gesekan permukaan sepanjang tiang ( $Q_s$ ),
2. Apabila beban luar ( $Q_w$ ) meningkat terus, tahanan berupa gesekan permukaan sepanjang tiang ( $Q_s$ ) akan termobilisasi penuh atau

mencapai maksimum apabila telah terjadi *displacement* sebesar 5-10 mm.

3. Apabila masih terjadi peningkatan beban, timbul tahanan berupa tahanan ujung ( $Q_p$ ). Tahanan ujung tersebut termobilisasi penuh jika telah terjadi *displacement* sebesar 10-25 % lebar atau diameter tiang. (Das, 1990).

Pada teorinya, menurut Coduto (1994), bahwa kegagalan pondasi membutuhkan mobilisasi penuh dari gesekan kulit dan tahanan ujungnya. Namun hubungan beban-perpindahan (*load-displacement relationship*) antara keduanya berbeda antara yang satu dengan yang lain. Tahanan dari gesekan kulit secara penuh telah terbentuk apabila terjadi *displacement* sebesar 0,2-0,4 inchi. *Displacement* selanjutnya diperlukan untuk memobilisasikan tahanan ujung hingga penuh. Kebanyakan pondasi dalam mendukung beban luarnya dengan gesekan kulit, sedangkan tahanan ujung sebagai cadangan yang menambah angka aman.



Gambar 3.8 Mekanisme Transfer Beban Tiang ke Tanah

### 3.4.3 Daya Dukung Tiang Tahanan Ujung ( $Q_p$ )

#### 1. Tahanan ujung tiang ( $Q_p$ ) pada tanah pasir

Tahanan ujung tiang pada tanah pasir dapat dihitung dengan rumus berikut (Das, 1990):

$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p (c \cdot N_c^* + q' \cdot N_q^*) \quad (3.3)$$

$A_p$  = Luas penampang tiang ( $m^2$ )

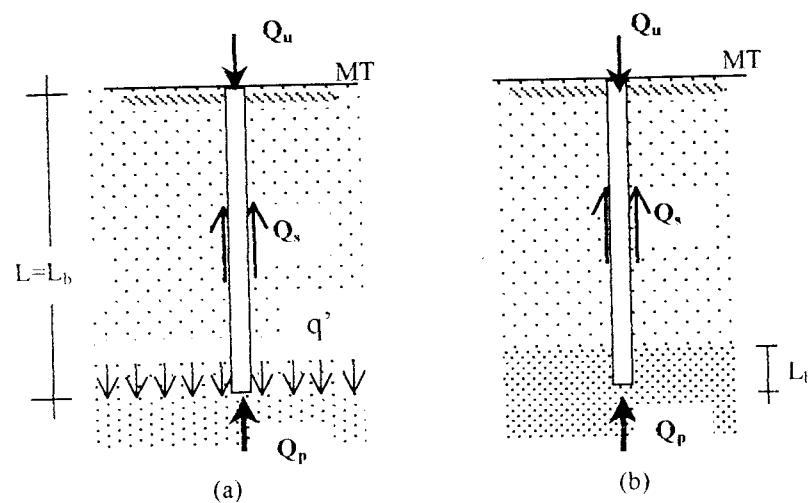
$q_p$  = Unit tahanan ujung ( $kN/m^2$ )

$N_c^*$ ,  $N_q^*$  = Faktor daya dukung pada pondasi dalam

$q'$  = Tegangan efektif vertikal pada kedalaman ujung tiang ( $kN/m^2$ )

Pada tanah pasir  $c = 0$  maka persamaan (3.3) menjadi :

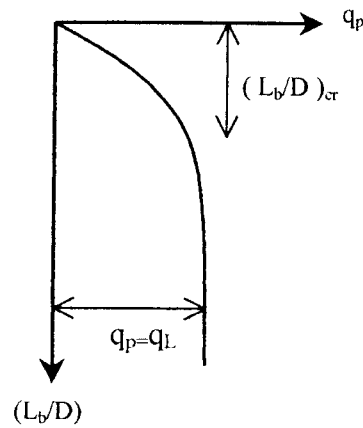
$$Q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q^* \quad (3.4)$$



Gambar 3.9 Mekanisme Transfer Beban Pada *Point Bearing*

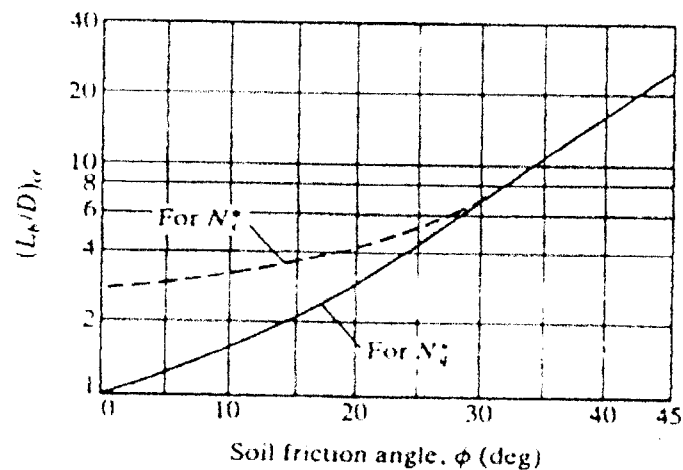
Pada tanah homogen,  $L_b$  adalah penetrasi aktual dan sama dengan panjang tiang (gambar 3.9.a)

Akan tetapi dianggap mencapai maksimum dan seterusnya apabila rasio penetrasi-diameternya  $(L_b/D)$  mencapai nilai kritis.  $(L_b/D) = (L_b/D)_{cr}$ .  
(gambar 3.11)



**Gambar 3.11** Variasi Unit Tahanan Ujung Pada Tanah Pasir Homogen

- $(L_b/D)_{cr}$  adalah rasio kedalaman penetrasi-diameter kritis
- Nilai  $(L_b/D)_{cr}$  didapat dari grafik berdasarkan  $\phi$  (gambar 3.12)



**Gambar 3.12** Grafik Hubungan  $(L_b/D)_{cr}$  dengan  $\phi$

(sumber Braja.M.Das,1990)



- Apabila  $(L_b/D)$  kurang dari  $(L_b/D)_{cr}$ , digunakan  $q_p$ , dan apabila  $(L_b/D)$  lebih dari  $(L_b/D)_{cr}$  maka  $q_p$  mencapai nilai limit ( $q_p = q_{li}$ ), dengan nilai  $q_{li}$  adalah sebagai berikut :

$$q_{li} = 50 \cdot N_q^* \cdot \tan \phi \quad (3.5)$$

dengan :

$q_{li}$  = unit tahanan ujung limit (  $\text{kN/m}^2$  )

$N_q^*$  = faktor daya dukung tanah

$\phi$  = sudut geser tanah

## 2. Tahanan Ujung ( $Q_p$ ) pada Lempung

Pada tanah lempung, nilai  $\phi = 0$ , maka dari gambar (3.10) didapat  $N_c^* = 9$  dan  $N_q^* = 0$ . Persamaan (3.3) akan mempunyai nilai  $q \cdot N_q^* \approx 0$ , sehingga persamaan tersebut berubah menjadi :

$$Q_p = A_p \cdot (c \cdot N_c^* + q \cdot N_q^*)$$

$$Q_p = A_p \cdot 9 \cdot c_u \quad (3.6)$$

### 3.4.4 Daya Dukung Tiang Gesekan Kulit ( $Q_s$ )

**1. Gesekan Tiang ( $Q_s$ ) pada Pasir.** Kapasitas daya dukung tiang gesekan kulit ( $Q_s$ ) dirumuskan sebagai berikut (Das, 1990) :

$$Q_s = \sum p \cdot \Delta L \cdot f \quad (3.7)$$

dengan  $P$  = *Perimeter* ( keliling tiang )

$\Delta L$  = unit panjang tiang

$f$  = unit tahanan friksi

Pada tanah pasir, unit tahanan friksi ( $f$ ) dihitung dengan

$$f = K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta \quad (3.8)$$

dengan :  $K$  = Koefisien tekanan tanah

$$= (0,75 \sim 2) \cdot K_o \quad ; \quad K_o = 1 - \sin \phi \quad (3.9)$$

Penentuan nilai  $(K/K_o)$  yang tepat sangat diperlukan dalam perhitungan.

Penentuan tersebut dapat dilihat melalui tabel (3.3).

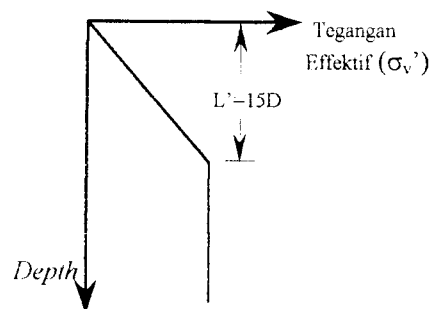
- $\sigma_v'$  = Tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau dan dicari dengan rumus berikut :

$$\sigma_v' = \sum \gamma h \quad (3.10)$$

dengan:  $\gamma$  = Berat volume tanah ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )

$h$  = Kedalaman lapisan tanah (m)

Nilai  $\sigma_v'$  yang dipakai dalam persamaan (3.8) dan (3.10), pada dasarnya adalah semakin membesar seiring dengan naiknya kedalaman tiang, tetapi pada kenyataanya di lapangan dianggap mencapai nilai batas maksimum pada kedalaman 15 sampai 20 kali dari diameter tiang, kemudian nilai  $\sigma_v'$ -nya menjadi konstan. Kedalaman tegangan maksimum ( $L'$ ) tersebut secara umum dipakai  $= 15D$ . (Das,1990)



**Gambar 3.13** Pengambilan Nilai  $\sigma_v'$  pada Tanah Pasir dengan Memperhatikan Kedalaman Tegangan Maksimum ( $L'$ )

- $\delta$  = Sudut gesek antara tiang dengan tanah .

Nilai  $\delta$  bervariasi antara  $(0,5-0,9)\phi$  , dengan  $\phi$  = sudut gesek tanah

Penentuan nilai  $(K/K_0)$  yang tepat sangat diperlukan dalam perhitungan.

Penentuan tersebut dapat dilihat melalui tabel (3.3)

**2. Tahanan Gesek (Qs) pada Lempung.** Tahanan gesek (Qs) pada tanah lempung dihitung dengan rumus berikut:

( Das,1990 )

$$Q_s = \sum p. \Delta L. f \quad (3.11)$$

dengan  $P = Perimeter$  (keliling tiang)

$\Delta L$  = unit panjang tiang

$f$  = unit tahanan friksi

Banyak metoda diperkenalkan untuk mencari tahanan friksi pada lempung yaitu antara lain metode  $\alpha$ , metode  $\beta$ , metode  $\lambda$  dan sebagainya. Metode yang akan dipakai adalah metode  $\alpha$ , yaitu sebagai berikut :

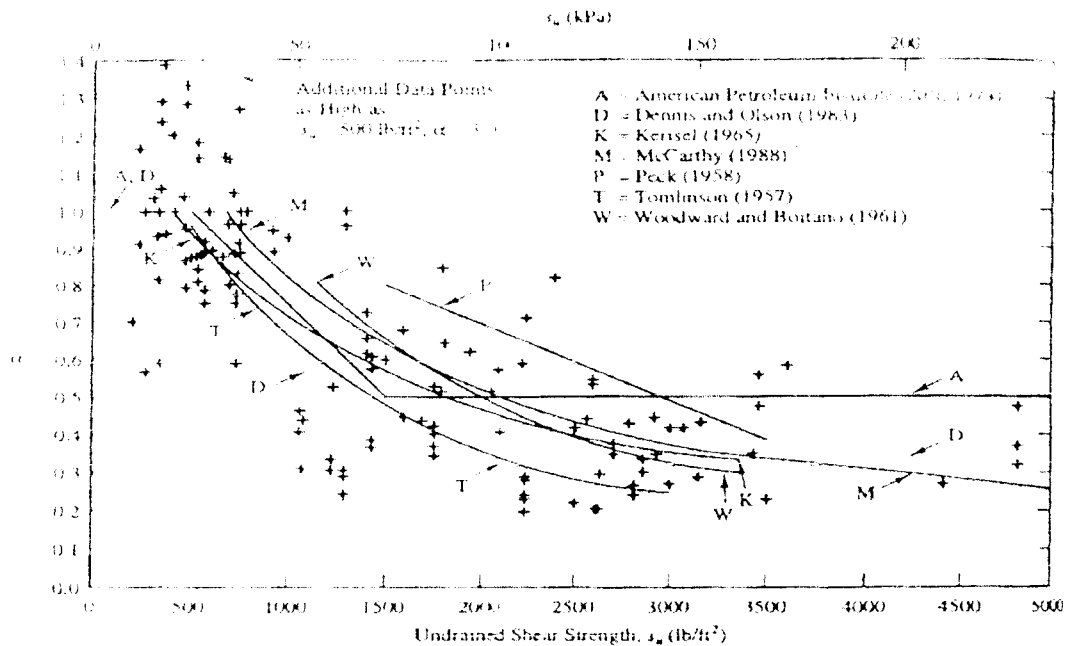
$$f = \alpha \cdot c_u = \alpha \cdot S_u \quad (3.12)$$

dengan  $f$  = unit friksi

$\alpha$  = *adhesion factor* .

$S_u$  = *Shear strength* , dipakai =  $C_u$  = *undrained cohesion*

Terdapat bermacam-macam cara dalam menentukan nilai  $\alpha$ , yang diperoleh dari grafik berdasarkan nilai  $S_u$ , tetapi yang akan dipakai adalah berdasarkan API (1974)



**Gambar 3.14** Nilai  $\alpha$  berdasarkan Nilai  $S_u$

(sumber: Coduto,1994)

### 3.4.5 Daya Dukung Kelompok Tiang Pancang

( Das,1990 )

#### 1. Kelompok Tiang pada Pasir

- Pada spasi ( $s$ )  $\geq 3.D$  , kapasitas dukung kelompok tiang ( $Q_{g(u)}$ ) adalah jumlah keseluruhan kapasitas tiang individual tiang ( $\sum Q_U$ ).
- Pada spasi ( $s$ )  $< 3.D$

$$Q_{g(u)} = E_g \cdot \sum Q_u \quad (3.13)$$

$E_g$  = Efisiensi kelompok tiang.

#### 2. Kelompok Tiang pada Lempung

Ditentukan dari nilai terkecil antara :

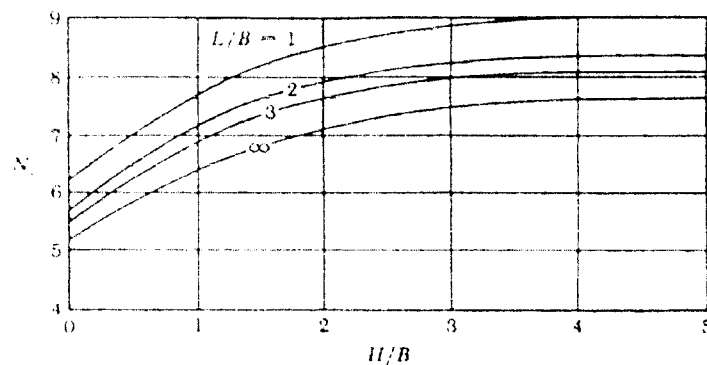
- $Q_{ui} = \sum \text{tiang} \cdot (Q_p + Q_s)$  (3.14)

- Kapasitas tiang kelompok berdasarkan blok/ *group* :

$$\sum Q_u = L_g \cdot B_g \cdot c_u \cdot N_c^* + 2(L_g \cdot B_g) \cdot \sum c_u \cdot \Delta L \quad (3.15)$$

$L_g$  ;  $B_g$  = panjang ; lebar group tiang

$N_c^*$  = Nilai didapat dari grafik berdasarkan nilai  $(L_g/B_g)$  (gambar 3.15).



**Gambar 3.15** Variasi Nilai  $N_c^*$  Terhadap Nilai  $(L_g/B_g)$

(Sumber: Braja M Das, 1990)

### 3.5 Daya Dukung Tiang Bor

#### 3.5.1 Daya Dukung pada Tanah Pasir

Metode penentuan nilai kapasitas daya dukung tiang bor yang direkomendasikan oleh Braja M Das(1990) adalah sebagai berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (3.16)$$

dengan  $Q_u$  = Daya dukung ultimit tiang

$Q_p$  = Tahanan ujung tiang (*point bearing*)

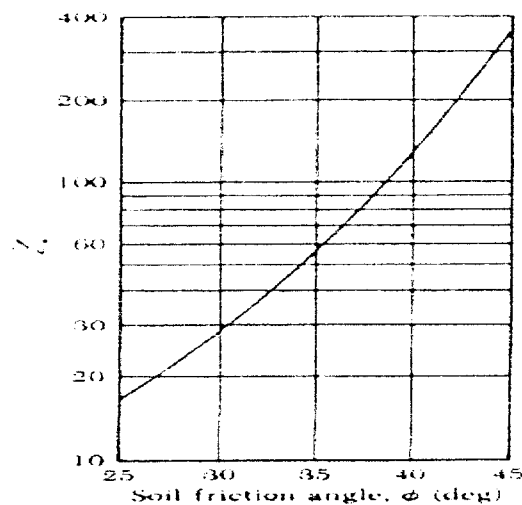
$Q_s$  = Tahanan gesek selimut tiang (*skin friction*)

#### 1. Tahanan Ujung Pada Pasir

$$Q_{p(net)} = A_p \cdot q' (N_q^* - 1) \quad (3.17)$$

$Q_{p(net)}$  = Tahanan ujung tiang *netto*

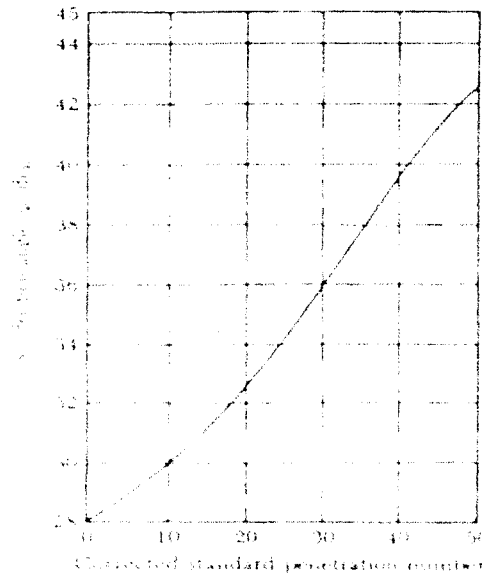
Penentuan nilai  $N_q^*$  tiang bor berbeda dengan tiang pancang, karena pada kondisi awal (*initial soil condition*) nilainya harus lebih kecil dibandingkan pada tiang pancang (Das,1990). Vesic (1967) telah membandingkan hasil yang diperolehnya dengan beberapa peneliti lain dalam hubungannya dengan penentuan  $N_q^*$ . Nilai  $N_q^*$  yang diberikan Vesic (1967) tersebut adalah yang terkecil dibandingkan dengan peneliti lain. Pengambilan  $N_q^*$  pada persamaan (3.17) menggunakan grafik korelasi berdasar nilai  $\phi$  dari Vesic (1967).



**Gambar 3.16** Faktor Daya Dukung ( $N_q^*$ ) Menurut Vesic yang Dipakai pada Tiang Bor (Rekomendasi dari Das).

(sumber : Braja M.Das,1990)

Pada pemakaian nilai  $\phi$  tanah, apabila nilai dari data laboratorium tidak bisa digunakan dalam menentukan  $N_q^*$  pada gambar (3.16), maka nilai  $\phi$ -nya dapat diambil dari korelasi nilai SPT terkoreksi. Pengambilan nilai  $\phi$  tersebut seperti pada gambar (3.17), kemudian nilainya direduksi antara 10-15%.



**Gambar 3.17** Korelasi Nilai SPT Terkoreksi terhadap Nilai  $\phi$

(sumber : Braja M.Das,1990)

## 2. Tahanan Gesek Kulit Tiang Bor ( $Q_s$ ) pada Tanah Pasir

Prinsip tahanan gesek kulit bor sama dengan prinsip perhitungan pada tiang pancang, tetapi dengan beberapa perbedaan pokok, antara lain :

- Proses pengeborannya menghasilkan permukaan tanah (pada lubang) yang kasar, sehingga rasio sudut gesekan tiang dengan sudut gesek tanah ( $\delta/\phi$ ) akan lebih tinggi bila dibandingkan pada tiang pancang
- Proses konstruksi tiang bor dapat menghilangkan tegangan lateral tanah, sedangkan pada tiang pancang meningkatkan tegangan lateral.

(Donald P.Coduto,1994)

Hal-hal tersebut menjadi pertimbangan dalam menghitung kapasitas tiang baik bor maupun tiang pancang. Tabel (3.2) dan tabel (3.3) memberikan gambaran terhadap perbedaan prinsip tersebut pada perhitungan kapasitas tiang.

**Tabel: 3.2** Nilai Sudut Gesek dari Macam-Macam Permukaan Tiang dengan Jenis Tanah

Tanah /Jenis Tiang	( $\delta/\phi$ )
Pasir / Beton kasar (contoh : Beton <i>cast in place</i> )	1,0
Pasir / Beton halus (contoh : Beton <i>precast</i> )	0,8 ~ 1,0
Pasir / Baja kasar (contoh : <i>Corrugated steel</i> )	0,7 ~ 0,9
Pasir / Baja halus (contoh : Baja dilapisi aspal)	0,5 ~ 0,7
Pasir / Kayu	0,8 ~ 0,9

Disadur dari Kulhawy,1983

Sumber : Donald.P.Coduto,1994

**Tabel: 3.3** Rasio Koefisien Tekanan Lateral Tanah Pasca-konstruksi dengan Sebelum Konstruksi

Tipe Pondasi dan Metode Konstruksi	( $K/K_0$ )
<i>Jetted Pile</i> (Penyemprotan air)	0,5 ~ 0,67
Tiang Bor ( <i>Drilled Shaft</i> )	0,67 ~ 1
Tiang pancang <i>Large Displacement</i>	1 ~ 2
Tiang Pancang <i>small displacement</i>	0,75 ~ 1,25

Disadur dari Kulhawy,1983

Sumber : Donald.P.Coduto,1994

Kapasitas gesekan kulit tiang bor adalah sebagai berikut :

$$Q_s = \int_0^L p \cdot f \cdot dz \quad (3.18)$$

dengan  $p$  = keliling tiang =  $\pi \cdot D_s$

$f$  = unit tahanan friksi

$$= K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta \quad (3.19)$$



dengan

- $\sigma_v$  = Tegangan vertikal efektif

tegangan efektif vertikal pada kedalaman yang ditinjau, dianggap konstan setelah kedalaman  $15.D$  (Meyerhof) gambar (3.13)

- $\delta$  = Sudut gesek antara tiang dengan tanah

Nilai  $\delta$  untuk tiang bor bervariasi antara  $(0,7 \sim 1) \cdot \phi$ , dengan  $\phi$  = sudut gesek tanah. Penentuan nilainya dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel: 3.4** Rasio Koefisien Tekanan Lateral Tanah Pasca-konstruksi dengan Sebelum Konstruksi untuk Desain Tiang Bor

Metode Konstruksi	$(\delta/\phi)$
Lubang terbuka atau <i>casing</i> sementara	1,0
<i>Slurry method – minimal slurry cake</i>	1,0
<i>Slurry method – heavy slurry cake</i>	0,8
<i>Permanen casing</i>	0,7

Disadur dari Kulhawy,1991.

Sumber : Donald.P.Coduto,1994

- $K$  = koefisien tekanan tanah

$$= (0,67 \sim 1) \cdot K_0 \text{ (Bored pile/Drilled shaft)} \quad (3.20)$$

$$K_0 = 1 - \sin \phi \quad (3.21)$$

Penentuan nilai  $(K/ K_0)$  yang tepat sangat diperlukan dalam perhitungan.

Penentuan nilai koefisien tekanan lateral tanah ( $K$ ) tersebut selain dari tabel (3.3) juga dapat dari tabel berikut (3.5) yang mempertimbangkan metode konstruksi tiang bor :

**Tabel:3.5** Rasio Koefisien Tekanan Lateral Tanah Pasca-konstruksi dengan Sebelum Konstruksi untuk Desain Tiang Bor

Metode Konstruksi	(K/K <sub>0</sub> )
Metode kering ( <i>dry construction</i> ) dengan gangguan minimum terhadap dinding lubang	1,0
Slurry construction – good workmanship	0,8 ~ 1,0
Slurry construction – poor workmanship	2/3
<i>Casing</i> di bawah muka air	5/6

Sumber : Donald.P.Coduto,1994

sehingga persamaan (3.18)tersebut menjadi :

$$Q_s = \pi \cdot D_s \cdot (1 - \sin \phi) \int_0^{L_1} \sigma_v' \cdot \tan \delta \cdot dz \quad (3.22)$$

sedangkan pada pasir dengan kepadatan sedang (Braja.M.Das,1990)

$$Q_{s(ult)} = \int_0^{L_1} 0,7 \cdot p \cdot \sigma_v' \cdot \tan \phi \cdot dz \quad (3.23)$$

$P = Perimeter$  ( keliling tiang ) =  $\pi \cdot D_s$

$L_1 =$  unit panjang tiang

### 3.5.2 Daya Dukung Tiang Bor pada Tanah Lempung

#### 1. Tahanan Ujung Tiang Bor ( $Q_p$ ) pada Tanah Lempung

(Coduto,1994)

Tahanan ujung untuk tiang bor pada tanah lempung digunakan rumus:

$$Q_p = A_p \cdot q_p \quad (3.24)$$

dengan :  $q_p =$  unit tahanan ujung tiang

$$= N^*_{c} \cdot S_u \leq 80.000 \text{ lb / ft}^2 (= 3905,9 \text{ kN/m}^2) \quad (3.25)$$

$$N^*_{c} = 6[ 1+ 0,2 (D/B_b) ] \leq 9 \quad (3.26)$$

$$A_p = \text{Luas Penampang (ujung tiang)} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_b^2 \quad (3.27)$$

$D_b$  = diameter dasar tiang

$S_u$  = *Undrained shear strength* di dasar tiang ataupun rata-ratanya sampai  $2 \cdot D_b$  dibawah tiang

untuk menjaga agar penurunan yang terjadi tetap dalam kategori penurunan yang diijinkan (=maksimum 2,54 cm),  $q_p$  diubah menjadi  $q'_p$

$$q'_p = F_r \cdot q_p \quad (3.28)$$

$$F_r = \frac{25}{120\psi_1 D_b / D_r + \psi_2} \leq 1.0 \quad (3.29)$$

$$\psi_1 = 0,0071 + 0,0021 (D / B_b) \leq 0,015 \quad (3.30)$$

$$\psi_2 = 1,59 \cdot (S_u / \sigma_r)^{1/2} \quad 0,5 \leq \psi_2 \leq 1,5 \quad (3.31)$$

$D_r$  = *Reference width* = 1,0 ft = 12 inch = 0,30 m = 300 mm

$\sigma_r$  = *Reference stress* = 2000 lb / ft<sup>2</sup> = 100 kPa = 9,77 t/m<sup>2</sup> = 97,7 kN/m<sup>2</sup>

## 2. Tahanan Gesek Tiang Bor ( $Q_s$ ) pada Tanah Lempung

(Das, 1990)

$$Q_s = \sum_{L=0}^{L=L_1} \alpha \cdot C_u \cdot p \cdot \Delta L \quad (3.32)$$

Nilai  $\alpha^*$  belum tersedia secara lengkap, akan tetapi dari hasil tes di lapangan menunjukkan  $\alpha^*$  bervariasi antara 0,35-0,6. Secara kasar,  $\alpha^*$  dapat dipakai sebesar 0,4 (Das,1990)

$$\alpha^* = 0,4 \quad (3.33)$$

Pada perhitungan gesekan tiang bor Prakash & Sharma (1989) menyarankan untuk mengabaikan gesekan kulitnya dari muka tanah hingga kedalaman 1,5 meter dikarenakan adanya ketergangguhan tanah baik akibat cuaca, maupun akibat mesin saat pengeboran. O'Neill merekomendasikan untuk mengabaikan gesekan kulit tiang bor dengan pembesaran ujung pada tanah lempung setinggi ujungnya ditambah 1 kali diameter badan tiang dari dasar ujung ( $h_b + D_s$ ).(Coduto,1994)

### 3.5.3 Desain Awal (*Preliminary Design*) Tiang Bor

Jumlah/kebutuhan tulangan vertikal minimum adalah menjadi tujuan dalam desain tiang bor yang tanpa *casing* tetap. Kriteria tulangan vertikal minimum apabila luas tulangan kurang lebih 1 % dari luas tampang badan (*shaft*) tiang bor. Kebanyakan peraturan bangunan (*building codes*) menyarankan agar dalam desain menggunakan nilai kuat desain betonnya ( $f_c$ ), yang nilainya sama dengan  $0,25 \cdot f_c'$ . (Das,1990).

$$f_c = 0,25 \cdot f_c' = \frac{Q_w}{A_{gs}} = \frac{Q_w}{\frac{\pi}{4} D_s^2} \quad (3.34)$$

#### 1. Desain Diameter Badan ( $D_s$ ) :

dengan  $D_s$  = Diameter badan (*shaft*) tiang

$f_c'$  = kuat tekan beton 28 hari

$$D_s = \sqrt{\frac{Q_w}{\left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot 0,25 \cdot f'_c}} = 2,257 \sqrt{\frac{Q_w}{f'_c}} \quad (3.35)$$

$Q_w$  = Beban kerja aksial tiang

$A_{gs}$  = Luas tampang tiang kotor

Desain campuran beton untuk tiang bor pada dasarnya tidak banyak berbeda dengan elemen lain. Pada tiang bor yang memakai tulangan memanjang dan sengkang, perlu dipertimbangkan mengenai kelancaran pengaliran beton ke dalamnya. Nilai *slump* yang dipakai dibatasi, kira-kira 150 mm. Ukuran maksimum agregat kurang lebih 20 mm. (Das,1990).

## 2. Penentuan diameter ujung ( $D_b$ )

Penentuan tahanan ujung ( $Q_p$ ) adalah dengan menggunakan beban kerja ( $Q_w$ ) serta menggunakan angka aman (FS). (Das,1990) :

$$\begin{aligned} Q_{ult(net)} &= Q_{all} \text{ (mobilisasi penuh)} \\ &= (Q_{p(net)} + Q_s) / FS = Q_{p(net-all)} + Q_{s(all)} \\ Q_{p(all)} &= Q_{ult(net)} - Q_{s(all)} \end{aligned} \quad (3.36)$$

Dalam perhitungan yang akan dilakukan adalah dengan memakai :

$$Q_{ult(net)} = Q_w \quad (3.37)$$

dengan  $Q_w$  = Beban kerja

Penentuan diameter ujung ( $D_b$ ) adalah dengan Persamaan (3.17) ataupun (3.24) serta  $Q_{p(all)}$  hasil hitungan sebelumnya, yang akan diketahui luas dasar tiang yang diperlukan :

$$A_p = Q_{p(all)} / q_p \quad (3.38)$$

Apabila akan dipakai dimensi tiang berbentuk lingkaran, maka didapat:

$$D_b = \sqrt{\frac{A_p}{\pi/4}} \quad (3.39)$$

dengan

$Q_{p(\text{net})}$  = Tahanan ujung tiang *netto* (*point bearing*) (kN),

$A_p$  = Luas penampang ujung (*point*) tiang ( $\text{m}^2$ ),

$D_b$  = Diameter ujung/dasar tiang (*base*) (m),

$q_p$  = Unit tahanan ujung dalam ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )

### 3.6 Kapasitas Tarik Tiang (*Pull Out Resistance*)

#### 3.6.1 Kapasitas Tarik Tiang Pancang Tunggal

(Prakash & Sharma, 1989)

$$P_u = Q_{sp} + W_p \quad (3.40)$$

Dengan :  $P_u$  = Kapasitas tarik (*pullout capacity*)

$Q_{sp}$  = Gesekan permukaan ultimit pada tarik

$W_p$  = Berat tiang

Menurut Coduto(1994), perhitungan kapasitas tarik hampir sama dengan perhitungan kapasitas dukungnya. Perbedaannya adalah pada tahanan tarik tidak memperhitungkan *end bearing* tetapi memperhitungkan berat pondasi.

$$P_{au} = 0,9W_f + \frac{R \sum f_s A_s}{F} \quad (3.41)$$

$P_{au}$  = Beban tarik ijin netto

$R$  = Faktor reduksi

$W_f$  = Berat tiang

$F$  = Angka aman. Angka aman tersebut diambil dari tabel

(3.1) dan nilainya dikalikan 1,5 untuk perhitungan kapasitas tarik.

### 1. Pada Tanah Pasir (*sand*)

(Prakash & Sharma, 1989)

Kapasitas tarik tiang tunggal :

$$P_{all} = \frac{1}{FS} \left[ \frac{2}{3} \cdot p \cdot K_s \cdot \tan \delta \cdot \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{v'} \cdot \Delta L \right] + W_p \quad (3.42)$$

dengan:  $K_s$  = koefisien tekanan tanah, diperoleh dari tabel (3.6) ataupun pertimbangan lain untuk penentuan yang lebih tepat.

**Tabel 3.6** Nilai  $K_s$  untuk Berbagai Tipe Tiang pada Tanah Pasir

Tipe Tiang	$K_s$
<i>Bored</i>	0,5
<i>Driven</i>	0,5~1,0
<i>Driven Displacemen Pile</i>	1,0~2,0

$p$  = *perimeter* / keliling tiang tunggal

$\delta$  =  $\pm 2/3 \cdot \phi$  = friksi tanah-tiang . Pemilihan nilai  $\delta$  dan  $K$  digunakan juga tabel (3.2) dan (3.3).

$\phi$  = sudut gesek *internal* tanah

$\sigma'_{v'}$  = tegangan vertikal efektif sepanjang tiang dengan memperhatikan kedalaman tegangan maksimum ( $L'=15.D$  untuk tiang tarik )

$\Delta L$  = elemen panjang tiang

## 2. Pada Tanah Lempung (*clay*)

(Prakash & Sharma, 1989)

Kapasitas tarik tiang tunggal untuk tanah lempung pada dasarnya sama dengan daya dukungnya, akan tetapi dalam perhitungan kapasitas tarik terdapat koreksi panjang kontak atau disebut juga panjang efektif ( $L_c$ ). Beban ijin tarik tiang tunggal pada tanah lempung adalah :

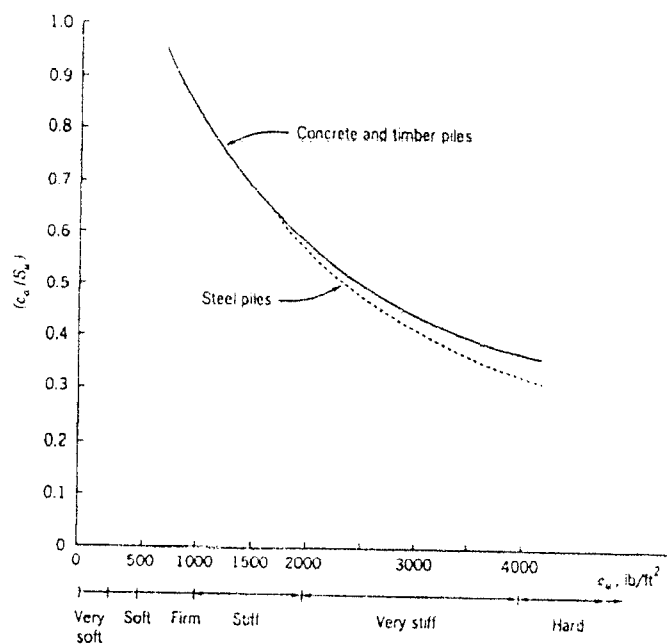
$$P_{all} = \frac{1}{FS} \left[ p \sum_{L=0}^{L=L_p} c_a \cdot \Delta L \right] + w_p \quad (3.43)$$

dengan  $L$  = Panjang tiang

$p$  = *Perimeter* / keliling tiang tunggal

$c_a$  = Adhesi tiang-tanah, diperoleh dari grafik (gambar 3.18)

$W_p$  = Berat Tiang



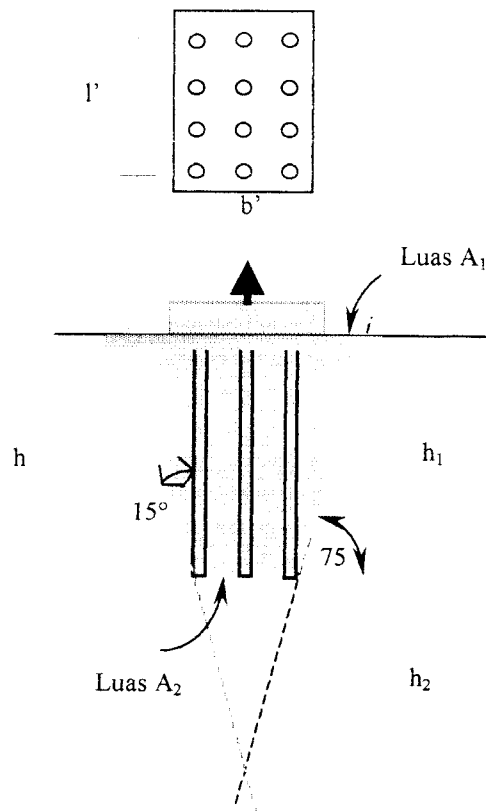
**Gambar 3.18** Nilai  $C_a$  pada Tiang Pancang

Sumber :Prakash & Sharma, 1989





- Dengan menghitung berat efektif tanah suatu trapesium dari dasar kelompok tiang ditarik garis miring  $75^\circ$  dari arah horisontal



**Gambar 3.19** Gambar Prisma Tahanan Tarik

Berat tanah di dalam prisma sebagai penahan tarik . berat efektif dari tanah di dalam prisma adalah :

$$W_s = (1/3 \cdot A_1 \cdot h - 1/3 \cdot A_2 \cdot h_2) \cdot \gamma' \quad (3.46)$$

$$A_1 = (b' + 2 \cdot 30 \tan 15^\circ)^2 \quad (3.47)$$

$$A_2 = (b' \cdot l') \quad (3.48)$$

$$h_2 = 1/2 \cdot b' \cdot \tan 75^\circ \quad (3.49)$$

$$h = h_1 + h_2 \quad (3.50)$$

$$P_{gu} = W_s / SF + \text{Berat Pile total} \quad (3.51)$$

memperhatikan adanya *break-out faktor* ( $B_q$ ). Penentuan nilainya bermacam-macam antara lain :

- (Das,1990)

$$B_q = \{2.(L/D_b).K_u'.\tan \phi (m.L/D_b + 1)\} + 1 \quad (3.56)$$

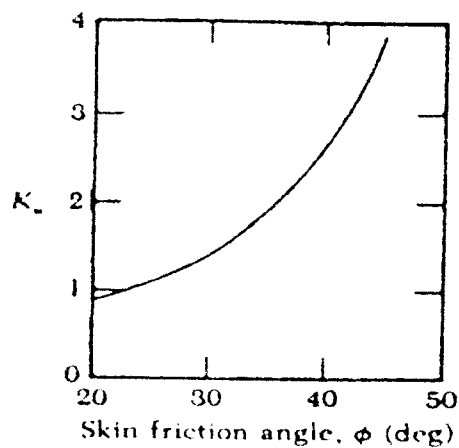
Dengan :  $B_q$  = *Breakout factor*

$K_u'$  = Koefisien *uplift nominal* (gambar 3.22)

$L$  = Kedalaman pondasi ;  $D_b$  = Diameter ujung

$\phi$  = Sudut gesek tanah

$m$  = koefisien *shape factor*, (tabel 3.7)



**Gambar 3.20** Uplift coefficient ( $K_u$ )

Sumber Braja.M.Das,1990

**Tabel 3.7** Koefisien *Shape Factor*

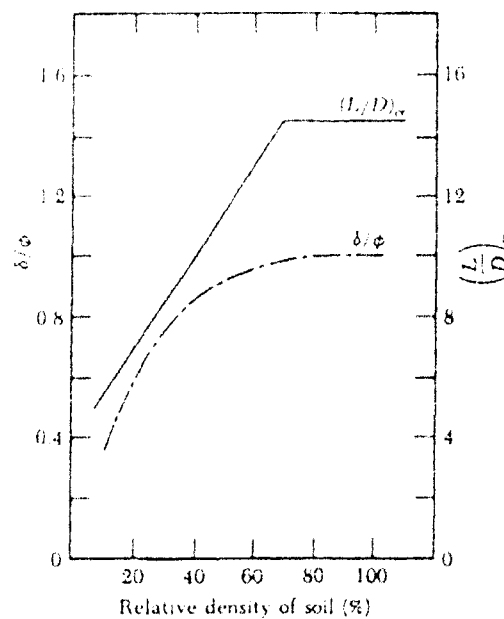
$\phi$	$m$
30	0,15
35	0,25
40	0,35
45	0,50

Sumber : (Braja MDas,1990)

$(L/D_b)_{cr}$  adalah rasio kedalaman-diameter kritis, seperti gambar (3.12). Dengan nilai  $(L/D_b)_{cr}$  untuk tiang bor dengan pembesaran ujung pada pasir (Das,1990) adalah :

$$(L/D_b)_{cr} = 0,107 \cdot c_u + 2,5 \leq 7 \quad (3.60)$$

atau dari gambar berikut :



**Gambar 3.22** Variasi Nilai  $(L/D_b)_{cr}$  dan  $(\delta/\phi)$  terhadap *relative density*

Sumber : Braja M Das,1990

**Tabel 3.8** Konsistensi Tanah Pasir Terhadap *Relative Density*

<i>Relative Density</i> , $D_r$ (%)	Diskripsi
0 ~ 15	<i>Very Loose</i>
15 ~ 35	<i>Loose</i>
35 ~ 65	<i>Medium</i>
65 ~ 85	<i>Dense</i>
85 ~ 100	<i>Very Dense</i>

Sumber : Donald.P.Coduto,1994

## 2. Pada Tanah Lempung

Perhitungan kapasitas tarik tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung pada tanah lempung, terdapat perbedaan dengan pada tanah pasir, yaitu terdapatnya kontribusi ujung tiang terhadap tarik. (Coduto, 1994)

Kontribusi ujung tiang terhadap kapasitas tarik dari ( $P_{ub}$ ) :

$$P_{ub} = (S_u \cdot B_q + q')(\pi/4)(D_b^2 - D_s^2) \quad (3.61)$$

Dengan  $B_q = breakout\ factor$  dari persamaan (3.57)

Kapasitas tarik bor dengan pembesaran ujung pada lempung :

$$P_{au} = 0,9W_f + \frac{P_{ub} + R \sum f_s \cdot A_s}{F} \quad (3.62)$$

dengan  $W_f =$  berat pondasi

$f_s =$  Unit tahanan friksi

$A_s =$  Luas kontak gesekan kulit = Luas permukaan tiang

$P_{au} =$  Beban ijin *brutto* aksial tarik

$P_{ub} =$  Kapasitas tarik kontribusi ujung

$R =$  Faktor reduksi, berlaku apabila rasio kedalaman-diameter ujung ( $L/D_b$ )  $< 6$

$$= (2 + \chi) / (3\chi) \quad (3.63)$$

$$\text{dengan nilai } \chi = (\alpha_{av} \cdot S_{uav}) / q' > 1 \quad (3.64)$$

$\alpha'_{av} =$  rata-rata nilai  $\alpha'$  sepanjang pondasi

$\alpha' =$  koefisien adhesi tiang bor untuk perhitungan tarik

(Das, 1990) :

$$\alpha' = 0,9 - 0,00625 \cdot C_u \rightarrow (\text{untuk } C_u \leq 80 \text{ kN/m}^2)$$

$$\alpha' = 0,4 \quad \rightarrow \text{(untuk } C_u > 80 \text{ kN/m}^2\text{)}$$

$S_{u\text{ av}}$  = rata-rata nilai  $S_u$  sepanjang pondasi

$q'$  = tegangan efektif tanah pada ujung pondasi

Pada perhitungan gesekan kulit pada kapasitas *uplift* dari pondasi tiang dengan pembesaran ujung pada *clay*. O'Neill merekomendasikan untuk mengabaikan gesekan kulit setinggi  $2.D_b$  dari dasar ujung (Coduto, 1994) terdapat terdapat koreksi panjang kontak ( $L_e'$ ) seperti pada beban tekan. Koreksi panjang kontak untuk tarik ( $L_e'$ ) adalah pada daerah-daerah :

- Pada 0 m ~ 1,5 m dari permukaan tanah, gesekan kulitnya diabaikan.

Sehingga panjang kontak terkoreksi pada tarik  $(L_e')_1 = h_1 - 1,5$

- Ujung tiang bor

Koreksinya adalah sebesar kedalaman pondasi pada lapisan tersebut dikurangi dua kali diameter ujung tiang ( $D_b$ ).

Jadi  $(L_e')_3 = h_3 - 2.D_b$ .

## BAB IV

### ANALISIS PERHITUNGAN

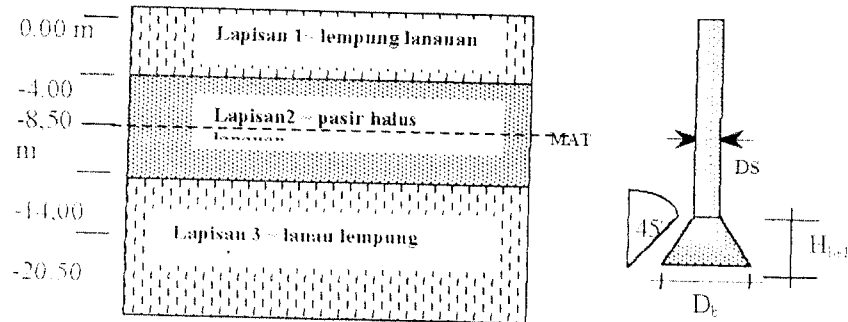
### PONDASI TIANG BOR TUNGGAL

#### 4.1. Umum

Pada bab berikut akan dilakukan perhitungan tiang bor tunggal. Perhitungannya terdiri dari perhitungan/desain dimensi tiang bor, perhitungan daya dukung, kemudian perhitungan kapasitas tariknya berdasarkan data tanah yang dipakai yaitu tanah pasir homogen, tanah lempung homogen dan tanah kombinasi (tidak homogen). Data tanah yang digunakan berturut-turut adalah data dari Proyek Kampus ISI Yogyakarta, Proyek Kampus USM Semarang dan Proyek Bank Indonesia Gedung Blok C Jakarta.

#### 4.2 Data Tanah Campuran

Data tanah yang digunakan adalah sama dengan data tanah yang digunakan pada perhitungan tiang pancang, yaitu diambil dari laporan hasil uji tanah yang dilakukan oleh laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Indonesia untuk proyek perkantoran Bank Indonesia Gedung C Jakarta( data terlampir). Data yang dipakai yaitu data bor BH1 dan data sondir S1 menunjukkan bahwa: muka air berada pada kedalaman 8,5 m di bawah muka tanah. Kedalaman tiang bor adalah 15 m ditentukan berdasarkan sondir S1.



Gambar 4.1 Sketsa Lapisan Tanah Campuran

Adapun data tanah tiap lapisan seperti gambar di atas adalah sebagai berikut :

Lapisan 1:  $c = 3,4 \text{ t/m}^2 = 34 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,64 \text{ t/m}^3 = 16,4 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 1,01 \text{ t/m}^3 = 10,1 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,96$$

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

$$P_c = 2,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,987$$

$$w = 54,62 \%$$

Lapisan 2:  $c = 2,7 \text{ t/m}^2 = 27 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 12^\circ$$

$$\gamma_b = 1,4 \text{ t/m}^3 = 14 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 0,538 \text{ t/m}^3 = 5,38 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 0,43$$

$$P_o = 0,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,45$$

$$w = 186,6\%$$

Lapisan 3:  $c = 10,4 \text{ t/m}^2 = 104 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,77 \text{ t/m}^3 = 17,7 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 1,2 \text{ t/m}^3 = 12,0 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,065$$

$$P_o = 1,656 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 3,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,477$$

$$w = 46,82 \%$$

### 4.3. Desain dan Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Tunggal

#### 4.3.1 Penentuan Nilai-Nilai Faktor Daya Dukung Berdasarkan Data Tanah

##### 1. Nilai Berat Volume Apung Tanah

$$\begin{aligned} \text{Lapisan 1 : } \gamma' &= \frac{(G_s - 1) \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,987 - 1) \cdot 9,81}{1 + 1,96} \\ &= 6,585 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapisan 2 : } \gamma' &= \frac{(G_s - 1) \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,45 - 1) \cdot 9,81}{1 + 0,43} \\ &= 9,95 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapisan 3 : } \gamma' &= \frac{(G_s - 1) \cdot \gamma_w}{1 + e} = \frac{(2,477 - 1) \cdot 9,81}{1 + 1,065} \\ &= 7,02 \text{ kN/m}^3 \end{aligned}$$

##### 2. Nilai Tegangan Efektif Vertikal Tanah ( $\sigma_v'$ ; $q'$ )

Nilai tegangan efektif tersebut dibedakan notasinya karena terdapat perbedaan dalam pemakaiannya maupun cara mendapatkan nilainya.

Perbedaannya adalah sebagai berikut :

- $q'$  : Digunakan pada perhitungan daya dukung tahanan ujung .  
Nilainya adalah : jumlah total dari perkalian tebal lapisan dan berat volume tanah per lapis.
- $\sigma_v'$  : Digunakan pada perhitungan daya dukung gesekan kulit .  
Nilainya adalah: jumlah total dari perkalian tebal lapisan dan berat volume tanah tiap lapis, akan tetapi terdapat nilai batasnya. (nilai maksimum).

Pada dasarnya, semakin besar kedalaman, semakin besar pula nilai tegangan efektif. Pada kenyataannya di lapangan, tegangan efektif tidak demikian, sehingga peningkatan tegangan efektif dibatasi hingga



kedalaman tertentu saja ( $L'$ ) yang selanjutnya dianggap konstan. (Das,1990).

Penentuan besar  $L'$  berbeda-beda antara peneliti yang satu dengan yang lain, namun yang akan digunakan hanya dari Meyerhof yaitu  $L'=15D$ , dengan  $D$  adalah diameter badan tiang.(gambar 3.13).

Kedua nilai tersebut digunakan perhitungan kapasitas pada tanah yang sama, yaitu pada perhitungan di tanah pasir saja.

Nilai tegangan efektif untuk masing-masing lapisan dari data tanah yang dipakai, sampai dengan kedalaman 15 meter adalah :

a. Nilai  $q'$

$$- q'_1 = H_{1,7/b1} = 4.16,4 = 32,8 \text{ kN/m}^2$$

$$- q'_{2a} = \Sigma(H\gamma) = (4.16,4) + (4,5.14) = 128,6 \text{ kN/m}^2$$

$$- q'_{2b} = \Sigma(H\gamma) = (2.16,4) + (4,5.14) + (5,5.9,95) = 183,325 \text{ kN/m}^2$$

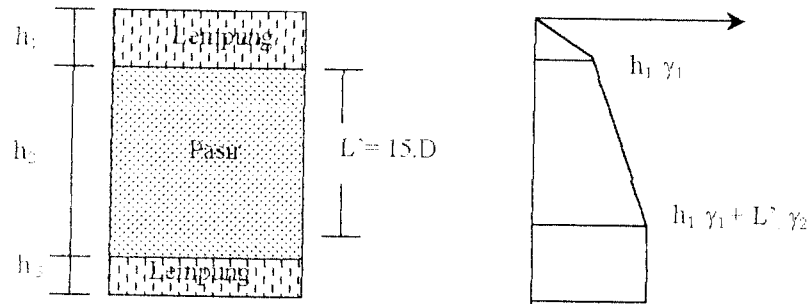
$$- q'_3 = \Sigma(H\gamma) = (2.16,4) + (4,5.14) + (5,5.9,95) + (1.7,02) \\ = 190,43 \text{ kN/m}^2$$

b. Nilai  $\sigma'_v$ ,

Penentuan besarnya nilai  $\sigma'_v$  tergantung dari dimensi tiang, karena nilai  $L'$ (=15D) akan berbeda untuk tiang dengan diameter badan yang berbeda.

Pengambilan titik awal  $L'$ ( $L'=0$ ) dimulai dari permukaan lapisan pasir.

Penggambaran pemakaian nilai  $\sigma'_v$  adalah seperti berikut :



Gambar 4.2 Pengambilan Nilai  $\sigma_v$  untuk Perhitungan Daya Dukung pada Tanah Campuran (tidak Homogen)

Dalam perhitungan berikut akan dipakai dimensi badan (*shaft*) tiang bor yang bermacam-macam, yaitu : 0,75 m; 1,0 m; 1,25 m ; 1,5 m ; 1,75 m. Untuk penyederhanaan hitungan yang dilakukan,  $L'$  yang digunakan adalah dasarkan diameter yang terkecil yaitu 0,75 m. Nilai kedalaman batas ( $L'$ ) adalah sebesar  $= 15.D = 15.0,75 = 11,25$  m dihitung dari permukaan lapisan 2 (tanah pasir). Nilai  $\sigma_v$  untuk masing-masing lapisan dari data tanah campuran tersebut adalah sebagai berikut :

- $\sigma_{v1} = 0$  (tanah lempung )
- $\sigma_{v2a} = \Sigma(H\gamma) = (4.16,4) + (1/2.4.5.14) = 97,1 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma_{v2a} = \Sigma(H\gamma) = (4.16,4) + (4.5.14) + (1/2.5.5.9,95)$   
 $= 155,96 \text{ kN/m}^2$
- $\sigma_{v3} = 0$  (tanah lempung )

Nilai ( $h_2\gamma_2$ ) pada tanah pasir dikalikan  $\frac{1}{2}$  dikarenakan tebal lapisan tersebut kurang dari  $L' = 11,25$  m. Hal tersebut apabila dilihat pada gambar 4.2, mempunyai bentuk segitiga.

Perhitungan di atas adalah digunakan dalam perhitungan daya dukung, sedangkan perhitungan  $\sigma_v'$  pada kapasitas tarik tiang bor pada pasir adalah berdasarkan nilai  $(L/D_b)_{critic}$  sebesar  $= 0,107.c_u + 2,5 \leq 7$  persamaan (3.60) atau dari gambar (3.22).

- Persamaan (3.60)  $\rightarrow (L/D_b)_{cr} = 0,107.c_u + 2,5 \leq 7$   
 $= 0,107.27 + 2,5$   
 $= 5,389 \approx 5,5 \text{ m}$

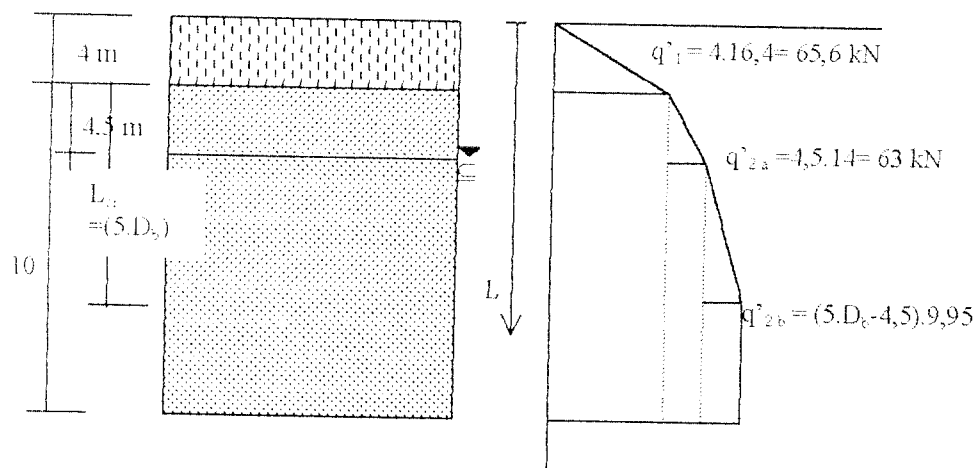
- Gambar (3.22)  $\rightarrow$  Tanah pasir lepas, dari tabel (3.8) diperoleh

$D_r = 20 \%$ , maka dari gambar (3.22) diperoleh

$$(L/D_b)_{critis} = 6$$

$\rightarrow$  dipakai  $(L/D_b)_{cr} = 6 \text{ m}$ . Jadi  $L_{cr} = 6.D_b$

sehingga tanah pasir lapisan 2 mempunyai perhitungan sebagai berikut :



**Gambar 4.3** Penentuan Nilai  $\sigma_v'$  pada Kapasitas Tarik Tiang Bor

Jadi nilai  $\sigma_v'$  :

- $L=0$  sampai  $L= (L)_{cr}$ ,  $\sigma_v'$  adalah :  $65,6 + 63 + \frac{1}{2}.(5.D_b - 4,5).9,95$
- pada  $L > L_{cr}$ ,  $\sigma_v'$  adalah :  $65,6 + 63 + (5.D_b - 4,5).9,95$

### 3. Nilai Faktor Adhesi ( $\alpha$ ) pada Perhitungan Daya Dukung

Ada banyak metode untuk menentukan nilai  $\alpha$ . Penentuan nilai  $\alpha$  masing-masing lapisan adalah sebagai berikut

Lapisan 1:  $S_u = C_u = 34 \text{ kN/m}^2$  ( $C_u \leq 80 \text{ kN/m}^2$ )

- *Down ward load*,(tiang pancang )  $\alpha = 0.9$  (API,1984)

- *Uplift load*,(tiang pancang & bor)  $\alpha' = 0,9 \sim 0,00625.C_u$

(Das,1990)

$$= 0,9 \sim 0,00625.34$$

$$= 0,9 \sim 0,2125$$

$$= 0,55 \text{ (rata-rata)}$$

- *Down ward load*,(Bor )  $\alpha^* = 0.4$  (Das,1990)

Lapisan 2:  $S_u = C_u = 27 \text{ kN/m}^2$  ( $C_u \leq 80 \text{ kN/m}^2$ )

- *Down ward load*,(tiang pancang )  $\alpha = 0,95$  (API,1984)

- *Uplift load*,(tiang pancang & bor)  $\alpha' = 0,9 \sim 0,00625.C_u$

(Das,1990)

$$= 0,9 \sim 0,00625.27$$

$$= 0,9 \sim 0,169$$

$$= 0,53 \text{ (rata-rata)}$$

- *Down ward load*,(Bor )  $\alpha^* = 0.4$  (Das,1990)

Lapisan 3:  $S_u = C_u = 104 \text{ kN/m}^2$  ( $C_u \geq 80 \text{ kN/m}^2$ )

- *Down ward load*,(tiang pancang )  $\alpha = 0.5$  (API,1984)

- *Uplift load*,(tiang pancang & bor)  $\alpha' = 0,4$  (Das,1990)

- *Down ward load*,(Bor )  $\alpha^* = 0.4$  (Das,1990)

#### 4. Nilai Faktor Daya Dukung ( $N_c^*$ , $N_q^*$ )

$$\begin{aligned} \text{Lapisan 1 : } \phi = 0^\circ & , \quad N_c^* = 9 \\ & N_q^* = 0 \quad (\text{Meyerhof, 1976}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapisan 2 : } \phi = 12^\circ & , \quad N_c^* = 18 \\ & N_q^* = 5 \quad (\text{Meyerhof, 1976}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lapisan 3 : } \phi = 0^\circ & , \quad N_c^* = 9 \\ & N_q^* = 0 \quad (\text{Meyerhof, 1976}) \end{aligned}$$

#### 4.3.2 Desain Tiang Bor Tunggal

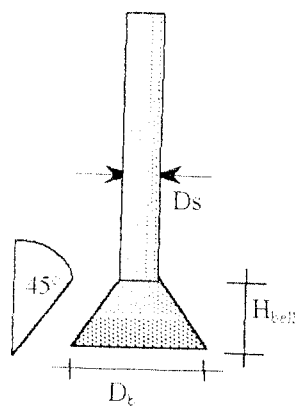
Dalam perhitungan yang dilaksanakan, diasumsikan bahwa beban kolom adalah 200 ton = 2000 kN dan nilai kuat desak beton ( $f_c'$ ) = 21 kN/m<sup>2</sup>.

1. Menghitung Diameter Badan Tiang ( $D_s$ ), dengan persamaan (3.35)

$$D_s = 2,257 \cdot \sqrt{\frac{Q_w}{f_c'}}$$

$$D_s = 2,257 \cdot \sqrt{(2000 / 21000)}$$

$$= 0,696 \text{ m} \approx \text{dipakai } 0,75 \text{ m}$$



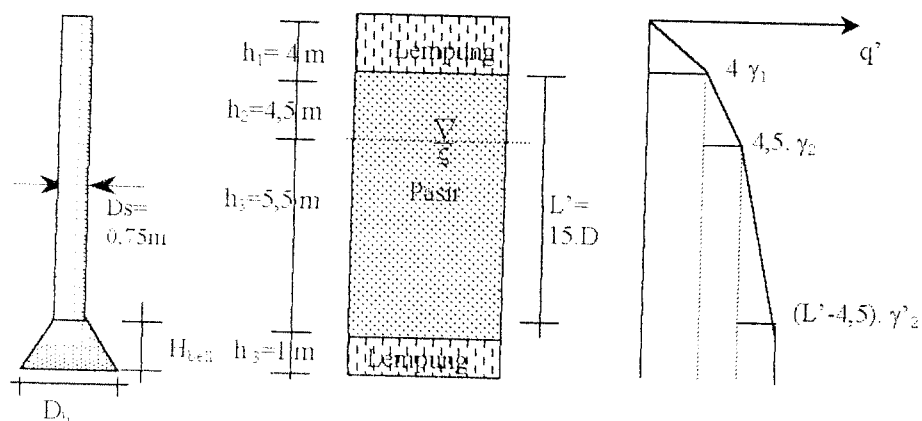
$D_s$  = Diameter tiang bor.

$D_b$  = Diameter dasar/ujung tiang.

Gambar 4.4 Dimensi Tiang Bor Tunggal

Hasil hitungan tersebut menunjukkan bahwa diameter badan tiang (*shaft*) minimum adalah 0,696 m. Diameter badan tiang yang dipakai dapat disesuaikan dengan spesifikasi bor yang ada di lapangan. Variasi besar diameter badan ( $D_s$ ) akan menghasilkan diameter ujung ( $D_b$ ) yang bervariasi pula.

2. Menghitung Tahanan Kulit Tiang Bor ( $Q_s$ ), dengan menggunakan persamaan (3.23) dan persamaan (3.32) .



**Gambar 4.5** Perhitungan Nilai Tegangan Efektif pada Tanah Campuran (Tiang Bor Diameter 0,75 m)

Perhitungan tahanan kulit tiang bor pada lapisan lempung (*clay*), terdapat koreksi panjang kontak ( $L_e$ ) seperti disebutkan pada bab 3.5.2 sub 2. Hal tersebut berarti terdapat pengabaian (*ignore*) gesekan kulit ( $Q_s$ ). Pada perhitungan berikut, koreksi panjang kontak ( $L_e$ ) adalah pada daerah-daerah :

- Lapisan 1 : Lempung (permukaan tanah) ;  $h = 4 \text{ m}$

Pada kedalaman  $0 \text{ m} \sim 1,5 \text{ m}$  dari permukaan tanah, gesekan kulitnya diabaikan .

- Lapisan 2 : Pasir ;  $h = 10\text{m}$

Pada tanah pasir tidak terdapat koreksi panjang kontak ( $L_e$ ).

- Lapisan 3 : Lempung (ujung tiang bor) ;  $h = 1\text{ m}$

Koreksi sebesar lapisan dikurangi tinggi ujung ( $H_{bell}$ ) dan diameter badan tiang ( $D_s$ ).  $H_{bell}$  diasumsikan = 1 m.

Jadi koreksi panjang kontak  $(L_e)_3 = h_3 - (H_{bell} + D_s) = 1 - (1 + 0,75) = -0,75\text{ m} \leq 0$ . Hal tersebut berarti lapisan pasir yang diperhitungkan adalah sepanjang kedalaman  $4 \sim 13,25\text{ m}$  dan seluruh lapisan 3 tidak memberikan kontribusi terhadap tahanan gesek.

Perhitungan gesekan kulitnya ( $Q_s$ ) menjadi :

$$\begin{aligned}
 Q_{s\text{ total}} &= Q_{s\text{ lempung}} + Q_{s\text{ pasir}} \\
 &= \left\{ \left( \sum_{L=1,5}^{L=4} f_s \cdot A_s \right) + \left( \sum_{L=14}^{L=15} f_s \cdot A_s \right) \right\} + \left( \sum_{L=4}^{L=14} f_s \cdot A_s \right) \\
 &= \left\{ \left( \sum_{L=1,5}^{L=4} f_s \cdot A_s \right) + 0 \right\} + \left( \sum_{L=4}^{L=13,25} f_s \cdot A_s \right) \\
 \text{▪ } f_s \text{ lempung} &= \alpha \cdot c_u \\
 \text{▪ } f_s \text{ pasir} &= K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta
 \end{aligned}$$

Dengan asumsi yang dipakai :

- Metode yang digunakan adalah lubang terbuka (*casing* sementara). Dari tabel (3.4) diperoleh  $(\delta/\phi) = 1,0$
- *Dry method* (tanpa *shurry*). Dari tabel (3.5) diperoleh  $(K/K_0) = 1,0$  dan  $K_0 = (1 - \sin \phi)$

maka ,  $f_s \text{ pasir} = K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta$

$$= 1 \cdot (1 - \sin \phi) \cdot \sigma_v' \cdot \tan (1 \cdot \phi)$$

- $A_s = \text{luas bidang gesek} = p \cdot \Delta L$  ;
- $p = \text{perimeter} = \text{keliling} = \pi \cdot D_s = \pi \cdot 0,75 = 2,356 \text{ m}$

$$Q_{s(\text{ult})\text{total}} = \left\{ \left( \sum_{L=1,5}^{L=4} \alpha^* \cdot c_u \cdot A_s \right) + 0 \right\} + \left( \sum_{L=4}^{L=13,25} (1 \cdot (1 - \sin \phi) \cdot \sigma_v' \cdot \tan(1 \phi) \cdot A_s) \right)$$

$\sigma_v'$  = tegangan efektif pada pasir dengan memperhatikan kedalaman kritis, dari Bab 5.3.1 sub 2.b, sehingga gesekan kulitnya ( $Q_s$ ) adalah :

$$\begin{aligned} Q_{s(\text{ult})\text{total}} &= \{0,4 \cdot 34 \cdot (2,356 \cdot 2,5)\} + \{1 \cdot (1 - \sin 12^\circ) \cdot 90,1 \cdot \tan(1 \cdot 12^\circ) \cdot (2,356 \cdot 3,5)\} \\ &\quad + \{1 \cdot (1 - \sin 12^\circ) \cdot 138,2 \cdot \tan(1 \cdot 12^\circ) \cdot (2,356 \cdot 4,75)\} \\ &= (80,104) + (125,09) + (260,45) \\ &= 465,64 \text{ kN} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan lebih lengkap dapat ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.1 Tabel Perhitungan Gesekan Kulit ( $Q_s$ ) Bor Tunggal Diameter=0,75 m pada Tanah Campuran

Tanah	Depth (m)	Tebal (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$C_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha^*$	$h \cdot \gamma$	$Q'$	$\sigma_v'$	$f_s$	$A_s$	$Q_s$ (kN)
Clay	0-1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-
Clay	1,5-4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	5,89	80,10
Sand	4-8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	8,25	125,09
Sand	8,5-13,25	4,75	9,95	27	-	47,26	161,86	138,2	23,27	11,19	260,45
Sand	13,25-14	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Clay	14-15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$$\Sigma Q_{s(\text{ult})} = 465,64 \text{ kN}$$

$$SF = 2,5 \text{ (Beban tekan)}$$

$$Q_{s(\text{all})} = 465,64 / 2,5 = 186,256 \text{ kN.}$$



3. Menghitung Diameter Ujung ( $D_b$ ), Pada persamaan (3.36 )

$$\begin{aligned} Q_{ult(net)} &= Q_{all} \text{ (mobilisasi penuh)} \\ &= (Q_{p(net)} + Q_s) / FS = Q_{p(net-all)} + Q_{s(all)} \\ Q_{p(all)} &= Q_{ult(net)} - Q_{s(all)} \end{aligned}$$

Perhitungan diameter ujung ( $D_b$ ) untuk diameter badan ( $D_s$ ) = 0,75 m

tersebut adalah dengan memakai  $Q_{ult(net)} = Q_w = \text{Beban kerja}$   
 $= 2000 \text{ kN}$

$$\begin{aligned} Q_{p(all)} &= 2000 - 186,256 \\ &= 1813,744 \text{ kN} \end{aligned}$$

Pada kedalaman 14~15 m adalah lapisan tanah lempung, sehingga perhitungan tahanan ujungnya berdasarkan perhitungan tanah lempung. Berdasarkan persamaan (3.24), tahanan ujung tiang bor pada tanah lempung adalah :

$$\begin{aligned} Q_{p(ult)} &= A_p \cdot q_p = C_u \cdot N_c^* \cdot A_p \\ q_p &= \text{unit tahanan ujung} = N_c^* \cdot C_u \leq (3905,9 \text{ kN/m}^2 = 4000 \text{ kPa}) \\ N_c^* &= 6[1 + 0,2 (D/B_b)] \leq 9 \\ &= \text{dipakai} = 9. \text{ (karena } D_b \text{ belum diketahui)} \\ q_p &= N_c^* \cdot C_u = 9 \cdot 104 = 936 \text{ kN/m}^2 \leq 3905,9 \text{ kN/m}^2 \sim \text{oke} \\ Q_{p(ult)} &= q_p \cdot A_p \\ Q_{p(all)} \cdot SF &= q_p \cdot A_p \\ (1813,744 \cdot 2,5) &= (104 \cdot 9) \cdot A_p \rightarrow A_p = 4,84 \text{ m}^2 ; \end{aligned}$$

$$D_b = \sqrt{\frac{4,84}{\pi / 4}} = 2,48 \text{ m}$$

Jadi tiang tersebut membutuhkan pembesaran pada ujungnya sebesar = 2,48 m. Pada pelaksanaan di lapangan pembuatan pembesaran ujungnya membentuk sudut antara 30-45° terhadap arah vertikal. Dengan asumsi  $H_{bell} = 1$  m dan dengan sudut 45°, maka diameter ujung ( $D_b$ ) yang terbentuk sebesar :  $D_s + 2.H_{bell} = 0,75 + 2.1 = 2,75 \text{ m} \approx 2,8 \text{ m}$ .

Jadi untuk pemakaian diameter badan tiang ( $D_s$ ) = 0,75 m, diameter ujungnya ( $D_b$ ) adalah = 2,8 meter.

Kontrol dari perhitungan dimensi diatas adalah dengan berdasarkan persamaan (3.28) dan (3.29), yang menyebutkan bahwa jika diameter dasar *bored pile* lebih besar dari 75 inch ( $D_b \geq 1900 \text{ mm}$ ), maka untuk menjaga agar penurunan yang terjadi tetap dalam kategori penurunan yang diijinkan (=maksimum 2,54 cm),  $q_p$  diubah menjadi  $q'_p$

$$q'_p = F_r \cdot q_p$$

$$F_r = \frac{25}{120 \cdot \psi_1 \cdot \frac{D_b}{D_r} + \psi_2} \leq 1,0$$

$$\psi_1 = 0,0071 + 0,0021 (L / D_b) \leq 0,015$$

$$= 0,0071 + 0,0021 (15/2,8) = 0,0185 \sim \text{dipakai} = 0,015$$

$$\psi_2 = 1,59 \cdot (S_u / \sigma_r)^{1/2} \quad 0,5 \leq \psi_2 \leq 1,5$$

$$D_r = \text{Reference width} = 1,0 \text{ ft} = 12 \text{ inch} = 0,30 \text{ m} = 300 \text{ mm}$$

$$\sigma_r = \text{Reference stress} = 2000 \text{ lb / ft}^2 = 100 \text{ kPa} = 97,7 \text{ kN/m}^2$$

$$\psi_2 = 1,59 \cdot (104 / 97,7)^{1/2} = 1,64 > 1,5 \sim \text{dipakai} = 1,5$$

$$F_r = \frac{2,5}{120 \cdot 0,015 \cdot \frac{2,8}{0,3} + 1,5} = 1,38 > 1 \rightarrow \text{dipakai} = 1$$

Jadi tidak ada koreksi pada tahanan ujungnya ( $Q_p$ ) ~ oke.

Apabila terdapat koreksi terhadap  $Q_p$  maka hitungan tersebut diulang kembali.

#### 4.4 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Campuran

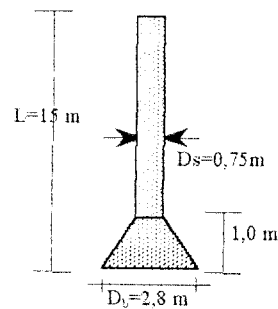
Perhitungan kapasitas tarik tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung pada tanah campuran berdasarkan persamaan ( 3.57) dan (3.60) :

$$P_{au} = 0,9 W_f + P_{ub} + Q_s \text{ lempung} + Q_s \text{ pasir}$$

$$P_{au} = 0,9 W_f + \left( \frac{P_{ub} + R \sum f_s \cdot A_s + \int_0^{L_s} (\pi \cdot D_s) \sigma_v' \cdot K_u \cdot \tan \delta \cdot dz}{F} \right)$$

1'.  $W_f$  = Berat pondasi

$$W_f = \text{Volume} \cdot \text{Berat volume beton} (= 24 \text{ kN/m}^3)$$



Gambar 4.6. Dimensi Tiang Bor Tunggal Terpakai

$$W_f = \left[ \frac{\pi \cdot (0,75)^2}{4} (14) + \frac{\pi \cdot [(0,75 + 2,8) / 2]^2}{4} (1,0) \right] (24) = 207 \text{ kN}$$

2. Kontribusi Ujung Tiang Terhadap Tapasitas Tarik ( $P_{ub}$ ) :

$$P_{ub} = (S_u \cdot B_q + q') (\pi/4) (D_b^2 - D_s^2)$$

$$\begin{aligned} \bullet \text{ Break out factor } (B_q) &= 2((L/D_b) - 0,5) \leq 9 \\ &= 2((15/2,8) - 0,5) = 9,7 \text{ ----- dipakai} = 9 \end{aligned}$$

- $q' =$  Tegangan efektif tanah.  
 Karena lapisan 3 diabaikan, maka tegangan efektif tanahnya adalah pada dasar lapisan 2. Besar  $q_2'$  dari perhitungan sebelumnya (bab 5.3.1 sub2) adalah :
  - $q'_3 = \Sigma(H\gamma) = (2,16,4) + (4,5,14) + (5,5,9,95) + (1,7,02)$   
 $= 190,43 \text{ kN/m}^2$
- $S_n = \text{undrained shear strength tanah di atas ujung}$   
 $= C_{n2} = 27 \text{ kN/m}^2$

Maka ,  $P_{ub} = (27 \cdot 9 + 190,43)(\pi/4)(2,8^2 - 0,75^2) = 2476,115 \text{ kN}$

### 3. Gesekan Kulit

Pada saat perhitungan daya dukung menggunakan nilai faktor adhesi empiris desak ( $\alpha^*$ ), namun pada saat perhitungan kapasitas tariknya nilai faktor adhesi tariknya menggunakan nilai  $\alpha'$ . Masing-masing nilainya terdapat pada bab 5.3.1 sub 3.

Perhitungan kapasitas gesek beban *uplift* memakai pembagian lapisan tanah sebagai berikut dengan mengabaikan pada daerah-daerah yang seperti pada bab 3.5.3 sub 2 yang berbeda pada perhitungan daya dukung, yaitu : 1,5 m pada permukaan tanah dan sebesar  $2.D_b$  pada ujung tiang =  $2 \cdot 2,8 = 5,6 \text{ m}$ , maka :

- Lapisan 1 : Lempung ;

$$\text{Depth : } 0 \sim 1,5 \text{ m} \quad \rightarrow \text{ diabaikan}$$

$$\text{Depth : } 1,5 \sim 4 \text{ m (di atas MAT)} \quad \rightarrow \text{ As } = 5,89 \text{ m}^2$$

- Lapisan 2 : Pasir ;

$$\text{Depth : } 4 \sim 8,5 \text{ m (di atas MAT)} \rightarrow A_s = 10,6 \text{ m}^2$$

$$\text{Depth : } 8,5 \sim 9,4 \text{ m (di bawah MAT)} \rightarrow A_s = 2,12 \text{ m}^2$$

$$\text{Depth : } 9,4 \sim 14 \text{ m (di bawah MAT)} \rightarrow \text{diabaikan}$$

- Lapisan 3 : Lempung

$$\text{Depth : } 14 \sim 15 \text{ m} \rightarrow \text{diabaikan}$$

Keterangan :  $A_s$  = luas bidang kontak tiang-tanah

$$= \text{keliling penampang} \cdot \text{tinggi}$$

sehingga perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.2** Perhitungan Gesekan Kulit ( $\sum f_s \cdot A_s$ ) Tiap Lapis,

Tiang dengan  $D_s=0,75\text{m}$  &  $D_b = 2,8 \text{ m}$

Tanah	Depth	Tebal (m)	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$S_u=c_u$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\alpha'$	$h \cdot \gamma$	$q'$	$\sigma_v'$	$A_s$ ( $\text{m}^2$ )	$f_s$	$f_s \cdot a_s$ ( $\text{kN}$ )
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-			-
Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,55	41	65,6	-	<b>5,89</b>	18,7	110,1
Sand	<b>4~8,5</b>	<b>4,5</b>	<b>14</b>	<b>27</b>	-	<b>63</b>	<b>128,6</b>	<b>97,1</b>	<b>10,6</b>	<b>18,58</b>	<b>196,9</b>
Sand	<b>8,5~9,4</b>	<b>0,9</b>	<b>9,95</b>	<b>27</b>	-	<b>8,96</b>	<b>137,56</b>	<b>133,07</b>	<b>2,12</b>	<b>25,46</b>	<b>53,98</b>
Sand	<b>9,4~14</b>	<b>4,6</b>	<b>9,95</b>	<b>27</b>	-	<b>45,77</b>	<b>174,37</b>	<b>151,48</b>	<b>10,84</b>	<b>28,98</b>	<b>314,1</b>
Clay	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-			-

Keterangan : Tanah pasir  $\rightarrow f_s = K_u \cdot \sigma_v' \cdot \tan(1 \cdot \phi)$  ;  $K_u = 0,9$

Tanah lempung  $\rightarrow f_s = \alpha' \cdot C_u$

Jadi : \* Gesekan pada lempung ( $\sum f_s \cdot A_s$ )<sub>Lempung</sub> = 110,1 kN ,

\* Gesekan pada pasir adalah :

$$\int_0^{L-L_y} (\pi \cdot D_s) \sigma_v' \cdot K_u \cdot \tan \delta \cdot dz = \sum (f_s \cdot A_s)_{\text{pasir}}$$

Cek  $(L/D_b)_{cr}$  :

- Persamaan (3.58)  $\rightarrow (L/D_b)_{cr} = 0,107 \cdot c_u + 2,5 \leq 7$   
 $= 0,107 \cdot 27 + 2,5 = 5,389 \approx 5,5 \text{ m}$

- Gambar (3.23)  $\rightarrow$  Tanah pasir lepas, dari tabel (3.8) diperoleh

$D_r = 20 \%$ , maka dari gambar (3.23) diperoleh  $(L/D_b)_{critis} = 6$

$\rightarrow$  dipakai  $(L/D_b)_{cr} = 6 \text{ m}$ .

Jadi  $L_{cr} = 6 \cdot D_b = 6 \cdot 2,8 = 16,8 \text{ m}$

(berarti seluruh lapisan pasir ( $L=10 \text{ m}$ )  $< L_{cr}$ )

$(L/D_b)_{critis} = 6 > (L/D_b) = (15 / 2,8) = 5,3 \rightarrow \text{shallow foundation,}$   
 gesekan kulit pasirmya diabaikan (bab .3.6.3. sub1)

4.  $R = \text{Faktor reduksi} = (2+\gamma):(3\gamma)$

berlaku apabila rasio kedalaman - diameter ujung  $(L/D_b) < 6$

Cek faktor reduksi kapasitas tarik  $P_{au}$  :

$L/D_b = 15/2,8 = 5,3 < 6$  (ada reduksi)

$$\gamma = \alpha_{av} \cdot S_{u\ av}$$

$$\alpha_{av} = (0,55 \cdot 2 + 0,53 \cdot 10) : 15 = 0,43$$

$$S_{u\ av} = (34,2 + 27 \cdot 10) : 15 = 22,5$$

$$\gamma = 0,43 \cdot 22,53 = 9,68 > 1 \sim \text{oke}$$

$$\text{Jadi } R = (2-\gamma) : (3\gamma) = (2+ 9,68) : (3 \cdot 9,68) = 0,4$$

5.  $F = \text{Angka aman untuk tarik/uplift}$  lihat tabel (3.1)

$$= 1,5 \cdot 2,5 = 3,75$$

Kapasitas tarik tiang bor dengan pembesaran ujung pada tanah campuran menggunakan persamaan (3.59) dan (3.62)

$$P_{uz} = 0,9 Wf + \left( \frac{P_{ub} + R \sum f_s \cdot A_s + \int_0^{L-L_u} (\pi \cdot D_s) \sigma_v' \cdot K_u \cdot \tan \delta \cdot dz}{F} \right)$$

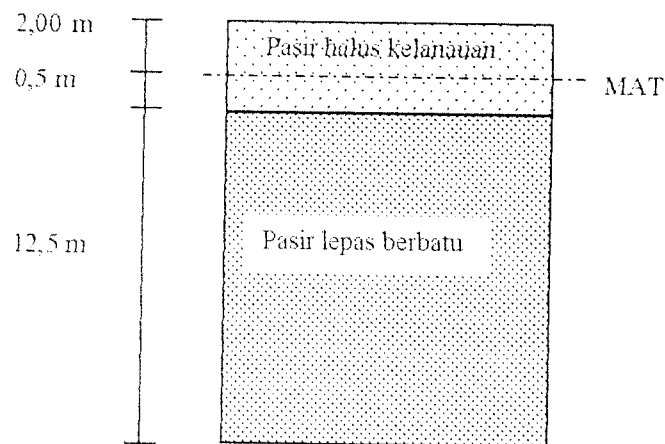
$$P_{uz} = 0,9 \cdot 207,82 + \left( \frac{2476,155 + 0,4 \cdot 110,14 + 0}{3,75} \right) = 859,09 \text{ kN}$$

Jadi kapasitas tariknya = 859,09 kN

#### 4.5 Perhitungan Tiang Bor pada Tanah Pasir Homogen

##### 4.5.1 Data tanah Pasir Homogen

Data tanah Pasir homogen yang dipakai adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Lapisan Tanah Pasir Homogen

- Lapisan tanah 1

$$W = 18,39 \%$$

$$\gamma_b = 17,19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 29^\circ 35'$$

$$e = 0,7785$$

$$S_r = 0,6314$$

$$G_s = 2,672$$

$$\gamma' = (G_s - 1) \cdot \gamma_w / (1 + e)$$

$$= ((2,672 - 1) \cdot 9,81) / (1 + 0,7785)$$

$$= 9,2222 \text{ kN/m}^3$$

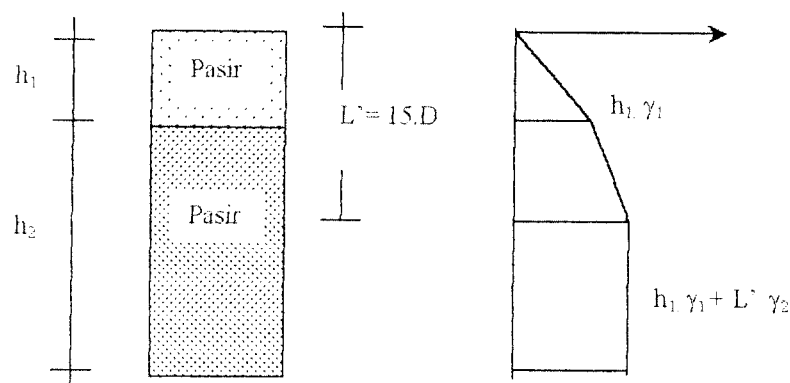
- Lapisan 2

$$\begin{aligned} \gamma_b &= 19,404 \text{ kN/m}^3 & \text{-----} & \gamma' = (G_s - 1) \cdot \gamma_w / (1 + e) \\ \phi &= 30^\circ 43' & & = ((2,6128 - 1) \cdot 9,81) / (1 + 0,6604) \\ e &= 0,6604 & & = 9,5287 \text{ kN/m}^3 \\ S_r &= 0,8233 ; \\ w &= 20,305 \% \\ G_s &= 2,6128 \end{aligned}$$

#### 4.5.2 Desain tiang bor pada pasir

##### 1. Nilai Tekanan Tanah Efektif ( $q'$ ) dan Nilai $\sigma_v'$

Nilai tekanan tanah efektif adalah sebesar  $q' = \Sigma h \cdot \gamma$ , yang dihitung tiap lapis, sedangkan nilai tegangan efektif untuk friksi ( $\sigma_v'$ ) adalah mengikuti prinsip seperti pada bab 3.4.4, yaitu nilai  $\sigma_v'$  konstan setelah kedalaman  $=L' = 15 \cdot D_s$ . Jadi besarnya nilai  $\sigma_v'$  tergantung dari dimensi tiang, karena nilai  $L'$  ( $= 15D_s$ ) akan berbeda untuk tiang dengan diameter badan yang berbeda. Pengambilan titik awal  $L'$  ( $L'=0$ ) dimulai dari permukaan lapisan pasir. Penggambaran pemakaian nilai  $\sigma_v'$  adalah seperti berikut :



Gambar 4.8 Pengambilan Nilai  $\sigma_v'$  pada Lapisan Pasir Homogen

Dalam perhitungan berikut akan dipakai dimensi badan (shaft) tiang bor yang bermacam-macam, yaitu : 0,75 m; 1,0 m; 1,25 m ; 1,5 m ; 1,75 m.



Untuk penyederhanaan hitungan yang dilakukan,  $L'$  yang digunakan adalah berdasarkan diameter yang terkecil yaitu 0,75 m. Nilai kedalaman batas ( $L'$ ) adalah sebesar  $= 15.D = 15.0,75 = 11,25$  m dihitung dari permukaan lapisan 2 (tanah pasir).

## 2. Perhitungan Gesekan Kulit ( $Q_s$ ) dan Desain Diameter Ujung ( $D_b$ ).

Perhitungan gesekan ujung pada tiang bor adalah dengan mengabaikan daerah-daerah tertentu seperti pada bab 3.5.2 sub 2 :

- Kedalaman 0~ 1,5 m  $\rightarrow$  akibat ketergangguan cuaca dan mesin saat pelaksanaan.
- Daerah setinggi ujung ( $h_{bell}$ ) ditambah 1.Diameter badan ( $D_s$ )

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Perhitungan Dimensi Ujung ( $D_b$ )

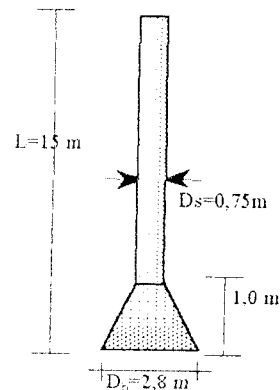
Tanah	Depth (m)	H (=tebal)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$	$q'$ (=h. $\gamma$ )	$q'$ kum	$\sigma_v'$	$f_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	QS (kN)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Sand	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-
Sand	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,18	10,19
Sand	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,18	12,42
Sand	2,5~13,25	10,75	9,52	30,71	102,34	141,33	90,16	26,20	25,33	663,68
Sand	13,25~15	1,75	9,52		16,66	-				

Total = 686,29 kN

sehingga :

- $Q_{s\ all} = Q_{s\ ult} / SF = 686,29 / 2,5 = 274,52$  kN
- $Q_p = Q_w - Q_{s\ all} = 2000 - 274,52$  kN = 1725,48 kN
- Luas ujung perlu  $A_p = (Q_p.SF) / (9.S_u)$   
 $= (1725,48.2,5) / (9.104) = 4,61$  m<sup>2</sup>
- Diameter ujung ( $D_b$ ) =  $\sqrt{\{A_p / (1/4.\pi)\}} = \sqrt{\{4,61 / (1/4.\pi)\}} = 2,42$  m

1.  $W_f = \text{Berat pondasi} = \text{Volume} \cdot \text{Berat volume beton} (= 24 \text{ kN/m}^3)$



Gambar 4.9. Dimensi Tiang Bor Tunggal Terpakai

$$W_f = \left[ \frac{\pi \cdot (0,75)^2}{4} (14) + \frac{\pi \cdot [(0,75 + 2,8) / 2]^2}{4} (1,0) \right] (24) = 207 \text{ kN}$$

2. Kontribusi Ujung Tiang terhadap Kapasitas Tarik ( $P_{ub}$ ) :

$$P_{ub} = (B_q \cdot A_b \cdot \gamma \cdot L),$$

- $B_q$  dari grafik Coduto, 1990 (gambar 3.21) :

$$L/D_b = 15/2,8 = 5,35 ; \text{ Tanah pasir lepas } D_r = 20 \% \text{ (tabel 3.8)}$$

→ gambar 3.21 diperoleh  $B_q = 3$

- $\gamma$  dipakai rata-rata =  $(17,19.2 + 9,22.13) / 15 = 10,28$

$$P_{ub} = 3 \cdot (1/4 \cdot \pi \cdot 2,8^2) \cdot 10,28 \cdot 15 = 2848,46 \text{ kN}$$

3. Gesekan Kulit

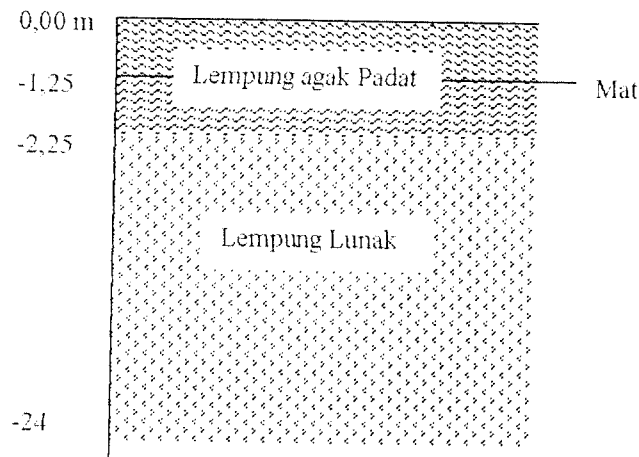
Perhitungan kapasitas gesek beban *uplift* memakai pembagian lapisan tanah sebagai berikut dengan mengabaikan pada daerah-daerah :

- 0 ~ 1,5 m pada permukaan tanah
- $2 \cdot D_b = 2 \cdot 2,8 = 5,6$  m dari ujung tiang, sehingga

Perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut :

## 4.6 Perhitungan Tiang Bor pada Tanah Lempung Homogen

### 4.6.1 Data Tanah Lempung Homogen



Gambar 4.10 Sketsa Lapisan Tanah Lempung Homogen

Adapun data tanah tiap lapisan seperti gambar di atas adalah sebagai berikut :

Lapisan 1:  $n = 0,4765$

Lapisan 2:  $n = 0,50325$

$$\gamma_d = 1,0765 \text{ t/m}^3 = 10,765 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_d = 1,1025 \text{ t/m}^3 = 11,025 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_b = 1,55 \text{ t/m}^3 = 15,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_b = 1,624 \text{ t/m}^3 = 16,24 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_s = 0,553 \text{ t/m}^3 = 5,53 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_s = 0,624 \text{ t/m}^3 = 6,24 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 0,915$$

$$e_o = 1,0305$$

$$G_s = 2,058$$

$$G_s = 2,2495$$

$$Su = 96 \text{ kN/m}^2$$

$$Su = 42 \text{ kN/m}^2$$

### 4.6.2 Desain Tiang Bor pada Lempung

#### 1. Nilai Tekanan Tanah Efektif ( $q'$ ) dan Nilai Nilai $\sigma_v'$

Nilai adalah sebesar  $q' = \sum h_i \cdot \gamma_i$ , yang dihitung tiap lapis, sedangkan nilai tegangan efektif untuk friksi ( $\sigma_v'$ ) = 0 untuk lempung .

$$q'_{1a} = \sum h_i \cdot \gamma_i' = 1,25 \cdot 15,55 = 19,43 \text{ kN/m}^2$$

$$q'_{1b} = \Sigma h \cdot \gamma' = 1,25 \cdot 15,55 + 1 \cdot 5,53 = 24,96 \text{ kN/m}^2$$

$$q'_{2} = \Sigma h \cdot \gamma' = 1,25 \cdot 15,55 + 1 \cdot 5,53 + 11 \cdot 6,24 = 93,60 \text{ kN/m}^2$$

## 2. Perhitungan Gesekan Kulit ( $Q_s$ ) dan Desain Diameter Ujung ( $D_b$ ).

Perhitungan gesekan kulit pada kapasitas daya dukung untuk lempung adalah dengan menggunakan persamaan 3.32

$$Q_s = \alpha^* \cdot C_u \cdot p \rightarrow \alpha^* = 0,4$$

Perhitungan gesekan ujung pada tiang bor adalah dengan mengabaikan daerah-daerah tertentu seperti pada Bab 3.5.2 sub 2 :

a. Kedalaman 0~ 1,25 m  $\rightarrow$  akibat ketergangguan cuaca dan mesin saat pelaksanaan.

b. Daerah setinggi ujung ( $H_{bell}$ ) ditambah 1. Diameter badan ( $D_s$ )

Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5 Perhitungan Dimensi Ujung ( $D_b$ ) untuk Tanah Lempung dengan Diameter Badan  $D_s = 0,75 \text{ m}$

Tanah	Depth (m)	Tebal (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Su=c (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha^*$	$Q'$ (=h. $\gamma$ )	$q'$ kum	Fs	as	QS (kN)
clay	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,438	19,43	-	-	-
clay	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,96	38,40	2,36	90,47
clay	2,25~13,25	11	6,24	42	0,4	68,64	93,60	16,8	25,92	435,39
clay	13,25~15	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-

sehingga :

- $Q_{s \text{ all}} = Q_{s \text{ ult}} / SF = 525,86 / 2,5 = 210,344 \text{ kN}$

- $Q_p = Q_w - Q_{s \text{ all}} = 2000 - 210,344 \text{ kN} = 1789,66 \text{ kN}$

- Luas ujung perlu  $A_p = (Q_p \cdot SF) / (9 \cdot S_u)$

$$= (1789,66 \cdot 2,5) / (9 \cdot 42) = 5,394 \text{ m}^2$$

- Diameter ujung ( $D_b$ ) =  $\sqrt{\{A_p / (1/4 \cdot \pi)\}} = \sqrt{\{5,39 / (1/4 \cdot \pi)\}} = 2,6214 \text{ m}$

Keterangan tabel :

- Lapisan atas (0-1,5m) diabaikan gesekannya
- Lapisan pada ujung yang diabaikan gesekannya sebesar  $= h_{bell} + D_s$   
 $= 1 + 0,75 = 1,75$  m, jadi sepanjang kedalaman 13,5 ~ 15 m .

Asumsi :  $h_{bell} = 1$  m .

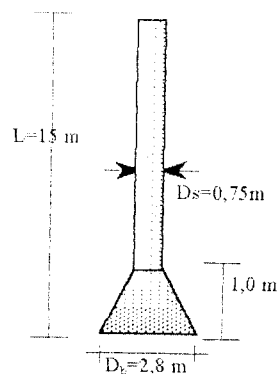
- $f_s = \alpha^* \cdot s_u$  ;  $A_s = \pi \cdot D_s \cdot \text{Tebal}$  ;  $Q_s = f_s \cdot A_s$

#### 4.6.3 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal pada Tanah Lempung

Perhitungan kapasitas tarik tiang bor tunggal dengan pembesaran ujung pada lempung berdasarkan persamaan ( 3.62 ) :

$$P_{au} = 0,9W_f + \frac{P_{td} + R \sum f_s \cdot A_s}{F}$$

1.  $W_f =$  Berat pondasi = Volume. Berat volume beton(= 24 kN/m<sup>3</sup>)



Gambar 4.11 Dimensi Tiang Bor Tunggal  
Terpakai

$$W_f = \left[ \frac{\pi \cdot (0,75)^2}{4} (14) + \frac{\pi \cdot [(0,75 + 2,8)/2]^2}{4} (1,0) \right] (24) = 207 \text{ kN}$$

$q'$  = tegangan efektif tanah pada ujung pondasi

$$= \Sigma h \cdot \gamma' = 1,25 \cdot 15,55 + 1 \cdot 5,3 + 11 \cdot 6,24 = 93,60 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma = (\alpha_{av} \cdot S_{uav}) / q' = (0,724 \cdot 50,16) / 93,6 = 0,38 < 1 \rightarrow \text{dipakai} = 1$$

$$R = (2 + \gamma) / (3\gamma) = 1 \quad (\text{tidak ada faktor reduksi})$$

4.  $F = SF = \text{angka aman}$ , untuk tarik  $= 1,5 \cdot 2,5 = 3,75$

#### 5. Gesekan Kulit

Perhitungan kapasitas gesek beban *uplift* memakai pembagian lapisan tanah sebagai berikut dengan mengabaikan pada daerah-daerah :

- 0 ~ 1,5 m pada permukaan tanah
- $2 \cdot D_b = 2 \cdot 2,8 = 5,6$  m dari ujung tiang.

Pada perhitungan gesekan kulit pada kapasitas *uplift* dari pondasi tiang dengan pembesaran ujung pada *clay* O'Neill merekomendasikan untuk mengabaikan gesekan kulit setinggi  $2 \cdot D_b$  dari dasar ujung (Coduto, 1994)

Koreksi panjang kontak untuk tarik ( $L_e'$ ) adalah pada daerah-daerah :

- Pada 0 m ~ 1,5 m dari permukaan tanah,  
gesekan kulitnya diabaikan, sehingga panjang kontak terkoreksi pada tarik  $(L_e')_1 = h_1 - 1,5$
- Ujung tiang bor,  
Koreksinya adalah sebesar kedalaman pondasi pada lapisan tersebut dikurangi dua kali diameter ujung tiang ( $D_b$ )  $= 2 \cdot D_b = 2 \cdot 2,8 = 5,6$ , sehingga perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.6 Tabel Hitungan Gesekan Kulit Tanah pada Tarik  
Lempung Homogen Tiang Bor  $D_s = 0,75$  m

	Depth (m)	Tebal (m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su=cu$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha'$	$h \cdot \gamma$	$q'$	As (m <sup>2</sup> )	$f_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	$f_s \cdot As$
Clay	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,44	19,43	-	-	-
Clay	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,96	2,35	38,4	90,4704
Clay	2,5~9,4	6,9	6,24	42	0,75	43,05	68,02	<b>16,25</b>	31,5	512,0766
Clay	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-

= 602,55

Jadi besarnya kapasitas tariknya, dengan persamaan 3.62 dan SF=3,75 :

$$P_{tu} = 0,9 \cdot 207 + \frac{2548,06 + (602,55)}{3,75}$$

$$= 1027,2 \text{ kN}$$

Tabel (4.7) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=0,75$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=0,75$  m       $15.D = 11,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha^*$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$	$Q_s$ all	$q_p$	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,6	5,89	80,10	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	8,246	125,09	-	-	-	-
4	Sand	8,5~13,25	4,75	9,95	27	-	47,26	161,9	138	23,27	11,191	260,45	-	-	-	-
5	Sand	13,25~14	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												465,64	186,26	1813,7	4,844	<u>2,484</u>

Tabel (4.8) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1$  m       $15.D = 15$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha^*$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$	$Q_s$ all	$q_p$	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	7,85	106,76	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	10,99	166,71	-	-	-	-
4	Sand	8,5~13	4,5	9,95	27	-	44,78	159,4	137	23,06	14,13	325,89	-	-	-	-
5	Sand	13~14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												599,4	239,75	1760,3	4,7015	<u>2,447</u>



Tabel (4.9) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1,25$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1,25$  m       $15.D = 18,75$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha^*$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$	$Q_s$ all	$q_p$	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	9,83	133,62	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	13,8	208,66	-	-	-	-
4	Sand	8,5~12,75	4,25	9,95	27	-	42,29	156,9	136	22,85	16,70	381,72	-	-	-	-
5	Sand	12,75~14	1,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												724,0	289,6	1710,4	4,5684	<u>2,412</u>

Tabel (4.10) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1,50$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1,50$  m       $15.D = 22,5$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha^*$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$	$Q_s$ all	$q_p$	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	11,8	160,14	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	16,5	250,07	-	-	-	-
4	Sand	8,5~12,5	4	9,95	27	-	39,80	154,4	135	22,64	18,8	426,63	-	-	-	-
5	Sand	12,5~14	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												836,84	334,74	1665,3	4,4478	<u>2,38</u>

Tabel (4.11) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1,75$  m pada Tanah Campuran

Tabel (4.11) Desain Diameter Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s=1,75$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1,75$  m      15.D    26,25 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha^*$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma_v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$	$Q_s$ all	qp	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	DDb (m)
1	Clay	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Clay	1,5~4	2,5	16,4	34	0,4	41	65,6	-	13,60	13,73	186,66	-	-	-	-
3	Sand	4~8,5	3,5	14	27	-	49,00	114,6	90,1	15,17	19,22	291,48	-	-	-	-
4	Sand	8,5~12,25	3,75	9,95	27	-	37,31	151,9	133	22,44	20,59	461,89	-	-	-	-
5	Sand	12,25~14	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Clay	14~15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
												940,03	376,0	1624	4,3376	2,351

Tabel (4.12) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=0,75$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=0,75$  m      15.D = 11,25 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$\text{su}(\text{kN/m}^2)$	$\alpha'$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	As ( $\text{m}^2$ )	fs	Qs	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	5,89	18,7	110	110,14	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	10,602	18,58	197	307,08	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	2,1204	25,46	54	361,06	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	10,838	28,98	314	621,14	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	2424,47	845,312

Tabel (4.13) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,00$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1$  m      15.D = 15 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$\text{su}(\text{kN/m}^2)$	$\alpha'$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	As ( $\text{m}^2$ )	fs	Qs	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	7,85	18,7	147	146,80	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	14,13	18,58	262	409,26	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	2,826	25,46	71,9	481,21	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	14,444	28,98	419	827,84	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	2278,72	922,063

Tabel (4.14) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,25$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1,25$  m       $15.D = 18,75$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha'$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$As$ (m <sup>2</sup> )	$f_s$	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	9,8	18,7	183	183,26	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	17,64	18,58	328	510,93	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	3,528	25,46	89,8	600,74	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	18,032	28,98	523	1033,48	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	2091,32	1017,89

Tabel (4.15) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,50$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1,50$  m       $15.D = 22,5$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha'$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$As$ (m <sup>2</sup> )	$f_s$	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	11,78	18,7	220	220,29	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	21,204	18,58	394	614,16	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	4,2408	25,46	108	722,12	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	21,675	28,98	628	1242,29	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	1862,29	1132,91

Tabel (4.16) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,75$  m pada Tanah Campuran

Keterangan:  $D_s=1,75$  m       $15.D = 26,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha'$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma_v'$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$f_s$	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,5	1,5	16,4	-	-	24,6	24,6	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,5~4	2,5	16,4	34	0,6	41	65,6	-	13,743	18,7	257	256,98	-	-
3	pasir	4~8,5	4,5	14	27	-	63	128,6	97,1	24,737	18,58	459	716,47	-	-
4	pasir	8,5~9,4	0,9	9,95	27	-	8,955	137,56	133,1	4,9473	25,46	126	842,42	-	-
5	pasir	9,4~14	4,6	9,95	27	-	45,77	174,37	151,5	25,286	28,98	733	1449,25	-	-
6	lempung	14~15	1	7,02	-	-	7,02	181,39	-	-	-	-	-	1591,61	1267

Tabel (4.17) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s = 0,75$  m pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D_s = 0,75$  m       $L = 15D = 11,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$ (kN)	$Q_{sall}$ (kN)	$q_p$ (kN)	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1	pasir	0~1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,18	10,19	-	-	-	-
3	pasir	2~2,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,18	12,42	-	-	-	-
4	pasir	2,5~13,25	9,52	30,71	102,34	141,33	90,16	26,20	25,327	663,68	-	-	-	-
5	pasir	13,25~15	9,52	-	16,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										686,29	274,52	1725,48	4,61	<u>2,4230</u>

Tabel (4.18) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,00$  m pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D_s = 1$  m       $L = 15D = 15$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$ (kN)	$Q_{sall}$ (kN)	$q_p$ (kN)	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1	pasir	0~1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,57	13,57	-	-	-	-
3	pasir	2~2,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,57	16,55	-	-	-	-
4	pasir	2,5~14	9,52	30,71	109,48	148,47	93,73	27,24	36,11	983,71	-	-	-	-
5	pasir	14~15	9,52	-	9,52	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										1013,84	405,54	1594,46	4,26	<u>2,33</u>

Tabel (4.19) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,25$  m pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D_s = 1,25$  m       $L' = 15D = 18,75$  m

No. Tanah	Dalam	Tebal $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma_v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$ (kN)	$Q_{sall}$ (kN)	$q_p$ (kN)	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1 pasir	0~1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
1 pasir	1,5~2	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,96	16,95	-	-	-	-
2 pasir	2~2,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,96	20,67	-	-	-	-
4 pasir	2,5~13,25	9,52	30,71	109,48	148,47	93,73	27,24	45,08	1228,08	-	-	-	-
4 pasir	14~15	9,52		9,52	-								
									1265,69	506,28	1493,72	3,99	<u>2,254</u>

Tabel (4.20) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,50$  m pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D_s = 1,50$  m       $L' = 15D = 22,5$  m

No. Tanah	Dalam	Tebal $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma_v'$	$f_s$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$ (kN)	$Q_{sall}$ (kN)	$q_p$ (kN)	$A_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)
1 pasir	0~1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
1 pasir	1,5~2	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	2,36	20,36	-	-	-	-
2 pasir	2~2,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	2,36	24,83	-	-	-	-
4 pasir	2,5~13,25	9,52	30,71	102,34	141,33	90,16	26,20	50,63	1326,80	-	-	-	-
4 pasir	13,25~15	9,52		16,66	-								
									1371,99	548,80	1451,20	3,88	<u>2,222</u>

Tabel (4.21) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,75$  m pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D_s = 1,75$  m       $L = 15D = 26,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal $\gamma$ ( $kN/m^3$ )	$\phi$	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma_v'$	$f_s$	$A_s$ ( $m^2$ )	$Q_s$ ( $kN$ )	$Q_{sall}$ ( $kN$ )	$q_r$ ( $kN$ )	$A_p$ ( $m^2$ )	$D_b$ (m)
1	pasir	0-1,5	1,5	17,19	29,58	25,79	-	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5-2	0,5	17,19	29,58	34,38	30,08	8,65	2,75	23,76	-	-	-	-
3	pasir	2-2,5	0,5	9,22	29,58	38,99	36,69	10,54	2,75	28,98	-	-	-	-
4	pasir	2,5-13,25	10,75	9,52	30,71	141,33	90,16	26,20	59,09	1548,50	-	-	-	-
5	pasir	13,25-15	1,75	9,52	16,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-
										1601,24	640,50	1359,50	3,63	<u>2,151</u>



Tabel (4.24) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s = 1,25$  m Pada Tanah Pasir

Tabel (4.22) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s = 0,75$  m Pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D_s = 0,75$  m       $15.D = 11,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma_v'$	$f_s$	$a_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,18	10,19	10,19	-	-
3	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,18	12,42	22,61	-	-
4	pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	16,2564	339,40	362,01	-	-
5	pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	946,627

Tabel (4.23) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s = 1,0$  m Pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D_s = 1$  m       $15.D = 15$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$	$q' = h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma_v'$	$f_s$	$a_s$ (m <sup>2</sup> )	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
1	pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,57	13,57	13,57	-	-
2	pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,57	16,55	30,13	-	-
4	pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	21,67	452,35	482,48	-	-
4	pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1058,34

Tabel (4.24) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal Ds= 1,25 m Pada Tanah Pasir

Keterangan: Ds=1,25 m 15.D = 18,75 m

No. Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$\phi$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	as ( $\text{m}^2$ )	Qs	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1 pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
2 pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	1,96	16,95	16,95	-	-
3 pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	1,96	20,67	37,61	-	-
4 pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	27,05	564,71	602,33	-	-
5 pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1200,25

Tabel (4.25) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal Ds= 1,50 m Pada Tanah Pasir

Keterangan: D=1,50 m 15.D = 22,5 m

No. Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$\phi$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	$f_s$	as ( $\text{m}^2$ )	Qs	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1 pasir	0~1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
2 pasir	1,5~2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	2,36	20,37	20,37	-	-
3 pasir	2~2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	2,36	24,84	45,21	-	-
4 pasir	2,5~9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	32,51	678,81	724,02	-	-
5 pasir	9,4~15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1372,39

Tabel (4.26) Kapasitas Tarik Tiang Bor tunggal  $D_s=1,75$  m Pada Tanah Pasir

Keterangan:  $D=1,75$  m       $15.D = 26,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma(\text{kN/m}^3)$	$\phi$	$q'=h \cdot \gamma$	$\Sigma q'$	$\sigma v'$	fs	as ( $\text{m}^2$ )	Qs	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	pasir	0-1,5	1,5	17,19	29,58	25,785	25,79	-	-	-	-	-	-	-
2	pasir	1,5-2	0,5	17,19	29,58	8,595	34,38	30,08	8,65	2,75	23,77	23,77	-	-
3	pasir	2-2,5	0,5	9,22	29,58	4,61	38,99	36,69	10,54	2,75	28,99	52,75	-	-
4	pasir	2,5-9,4	6,9	9,52	30,71	65,69	104,68	71,83	20,88	37,94	792,04	844,79	-	-
5	pasir	9,4-15	5,6	9,52	-	53,31	-	-	-	-	-	-	2848,46	1574,75

Tabel (4.27) Desain Ujung Tiang Bor tunggal  $D_s = 0.75$  m pada Tanah Lempung

Keterangan:  $D_s = 0.75$  m       $L = 15D = 11.25$  m

No	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$a^*$	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Sigma \sigma_v'$	$f_s$	$a_s$	$Q_s$	$Q_s$ all	$q_p$	$a_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)	
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,44	-	-	-	-	-	-	-	
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,97	38,40	2,36	90,47	-	-	-	-	
3	lempung	2,25~13,25	11	6,24	24	0,4	68,64	93,61	9,60	25,92	248,79	-	-	-	-	
4	lempung	13,25~15	1,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
												339,26	135,71	1864,3	5,3944	<u>2,6214</u>

Tabel (4.28) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1.00$  m pada Tanah Lempung

Keterangan:  $D_s = 1$  m       $L = 15D = 15$  m

No	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$a^*$	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Sigma \sigma_v'$	$f_s$	$a_s$	$Q_s$	$Q_s$ all	$q_p$	$a_p$ (m <sup>2</sup> )	$D_b$ (m)	
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,44	-	-	-	-	-	-	-	
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,97	38,40	3,14	120,58	-	-	-	-	
3	lempung	2,25~13	10,75	6,24	24	0,4	67,08	92,05	9,60	33,76	324,05	-	-	-	-	
4	lempung	13~15	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
												444,62	177,85	1822,2	5,2724	<u>2,5916</u>

Tabel (4.29) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal Ds= 1,25 m pada Tanah Lempung

Keterangan: Ds= 1,25m L'= 15D= 18,75 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	su(kN/m <sup>2</sup> )	a*	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Sigma\sigma_v'$	fs	as	Qs	Qs all	qp	ap (m <sup>2</sup> )	Db (m)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,44	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,97	38,40	3,92	150,53	-	-	-	-
3	lempung	2,25~12,75	10,5	6,24	24	0,4	65,52	90,49	9,60	41,16	395,14	-	-	-	-
4	lempung	12,75~15	2,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											545,66	218,27	1781,7	5,1555	<u>2,5627</u>

Tabel (4.30) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal Ds= 1,50 m pada Tanah Lempung

Keterangan: Ds=1,50 m L'= 15D= 22,5 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	su(kN/m <sup>2</sup> )	a*	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Sigma\sigma_v'$	fs	as	Qs	Qs all	qp	ap (m <sup>2</sup> )	Db (m)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,44	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,97	38,40	4,72	181,25	-	-	-	-
3	lempung	2,25~12,5	10,25	6,24	24	0,4	63,96	88,93	9,60	48,38	464,45	-	-	-	-
4	lempung	12,5~15	2,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											645,70	258,28	1741,7	5,0397	<u>2,5338</u>

Tabel (4.31) Desain Ujung Tiang Bor Tunggal Ds= 1.75 m pada Tanah Lempung

Keterangan: Ds= 1.75 m      L= 15D= 26.25 m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	su(kN/m <sup>2</sup> )	a*	$\sigma_v'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Sigma\sigma_v'$	fs	As	Qs	Qs all	qp	ap (m <sup>2</sup> )	Db (m)
1	lempung	0-1.25	1.25	15.55	-	-	19.4375	19.44	-	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1.25-2.25	1	5.53	96	0.4	5.53	24.97	38.40	5.49	210.82	-	-	-	-
3	lempung	2.25-12.25	10	6.24	-	0.4	62.4	87.37	9.60	54.90	527.04	-	-	-	-
4	lempung	12.25-15	2.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
											737.86	295.1	1705	4.933	<u>2.5068</u>

Tabel (4.32) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=0,75$  m Pada Tanah Lempung

Keterangan:  $D_s=0,75$  m  $15.D = 11,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$su$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\alpha$	$q'$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\Sigma q'$	$A_s$ ( $\text{m}^2$ )	$f_s$	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	2,355	38,4	90,43	90,43	-	-
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	16,25	18	292,5	382,92	-	-
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1622,58	721,84

Tabel (4.33) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s=1,00$  m Pada Tanah Lempung

Keterangan:  $D_s=1$  m  $15.D = 15$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$su$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\alpha$	$q'$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\Sigma q'$	$A_s$ ( $\text{m}^2$ )	$f_s$	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-	-	-
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	3,14	38,4	120,6	120,58	-	-
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	21,666	18	390	510,56	-	-
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1525,04	841,57

Tabel (4.36) Kapasitas Tarik Tiang Bor Tunggal  $D_s = 1,75$  m Pada Tanah Lempung

Keterangan:  $D_s = 1,75$  m       $15.D = 26,25$  m

No.	Tanah	Dalam	Tebal	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$su$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	$q'$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\Sigma q'$	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$f_s$	$Q_s$	$\Sigma Q_s$	pub (kN)	pau (kN)
1	lempung	0~1,25	1,25	15,55	-	-	19,4375	19,438	-	-	-	-		
2	lempung	1,25~2,25	1	5,53	96	0,4	5,53	24,968	5,495	38,4	211	211,01		
3	lempung	2,5~9,4	6,9	6,24	24	0,75	43,056	68,024	37,916	18	682,5	893,49		
4	lempung	9,4~15	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1065,18	1337,5



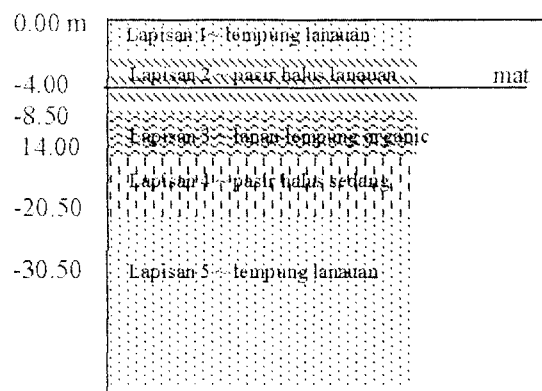
**BAB V**  
**ANALISIS PERHITUNGAN**  
**PONDASI TIANG PANCANG KELOMPOK**

**5.1 Umum**

Untuk lebih memperjelas uraian yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, berikut akan diberikan analisis perhitungan pondasi tiang pancang kelompok didasarkan pada data tanah yang ada. Perhitungan yang dilakukan adalah meliputi perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal kemudian pada tiang pancang kelompok. Kemudian perhitungan kapasitas tarik untuk masing-masing tiang tunggal, setelah itu perhitungan tiang kelompok.

**5.2 Data Tanah Campuran**

Data tanah diambil dari laporan hasil uji tanah yang dilakukan oleh laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Indonesia untuk proyek perkantoran Bank Indonesia Gedung C Jakarta( data terlampir). Muka air berada pada kedalaman 8,5 m di bawah muka tanah.



**Gambar 5.1. Sketsa Lapisan Tanah Campuran**

Adapun data tanah tiap lapisan seperti gambar di atas adalah sebagai berikut :

**Lapisan 1:**  $c = 3,4 \text{ t/m}^2 = 34 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,64 \text{ t/m}^3 = 16,4 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,96$$

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

$$P_c = 2,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,987$$

$$\gamma_s = 0,6585 \text{ t/m}^3 = 6,585 \text{ kN/m}^3$$

**Lapisan 2:**  $c = 2,7 \text{ t/m}^2 = 27 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 12^\circ$$

$$\gamma_b = 1,4 \text{ t/m}^3 = 14 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 0,43$$

$$P_o = 0,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,450$$

$$\gamma_s = 0,995 \text{ t/m}^3 = 9,95 \text{ kN/m}^3$$

**Lapisan 3:**  $c = 10,4 \text{ t/m}^2 = 104 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,77 \text{ t/m}^3 = 17,7 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,065$$

$$P_o = 1,656 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 3,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,477$$

$$\gamma_s = 0,702 \text{ t/m}^3 = 7,02 \text{ kN/m}^3$$

**Lapisan 4:**  $c = 2,5 \text{ t/m}^2 = 25 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 16,5^\circ$$

$$\gamma_b = 1,465 \text{ t/m}^3 = 14,65 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 3,32$$

$$P_o = 0,817 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0,420 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,756$$

$$\gamma_s = 0,4 \text{ t/m}^3 = 4 \text{ kN/m}^3$$

**Lapisan 5:**  $c = 3,4 \text{ t/m}^2 = 34 \text{ kN/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,64 \text{ t/m}^3 = 16,4 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,96$$

$$P_o = 0,263 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,987$$

$$\gamma_s = 0,6585 \text{ t/m}^3 = 6,585 \text{ kN/m}^3$$

### 5.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang pada Tanah Campuran

Dalam perhitungan awal digunakan bentuk pondasi tiang adalah bulat dengan ukuran sebesar  $16'' = 0,4064 \text{ m}$  (luas( $A_p$ ) =  $0,25 \cdot \pi \cdot (0,4064)^2 = 0,13 \text{ m}^2$ ) ,dengan memasukkan beban statis per kolom sebesar  $200 \text{ t} = 2000 \text{ kN}$ . Hal tersebut diperlukan sebagai tahapan awal untuk perhitungan.

#### 5.3.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Individu

Untuk pondasi tiang pancang tunggal dengan diameter ( $\phi$ ) =  $16''=0,4064 \text{ m}$  pada kedalaman  $15\text{m}$  (terletak pada lapisan tanah 3 = Lanau Lempung Organic) akan diperoleh hasil perhitungan dari komponen penyusun daya dukung pondasi dalam sebagai berikut :

##### 1. Daya dukung ujung tiang ( *End Bearing Pile* )

Digunakan nilai kuat geser tanah "*Undrained*" ( $S_u$ ):

Sudut geser tanah lapisan 3 ( $\phi$ ) =  $0^\circ$

$$S_u = c$$

$$S_u = 104 \text{ kN/m}^2$$

Dengan persamaan ( 3.6) maka daya dukung ujung ( $Q_p$ ) pada tanah lempung:

$$Q_p = A_p \cdot (c \cdot N_c^* + q \cdot N_q^*)$$

$$\text{Tanah lempung : } \phi = 0 \quad q \cdot N_q^* \approx \text{kecil} \quad ; \quad N_c^* = 9 \text{ (lampiran 2)}$$

$$\text{Jadi } Q_p = A_p \cdot 9 \cdot S_u$$

$$= 0,13 \cdot 9 \cdot 104$$

$$= 121,68 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{sa} &= \alpha \cdot S_u \cdot A_p \\
 &= 0,90 \cdot 34 \cdot 3,51 \\
 &= 107,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b) Lapisan 2 kedalaman 4- 14 m, merupakan tanah pasir halus

Pada kedalaman ini tanah terdiri dari 3 lapisan yaitu: lapisan tanah di atas muka air tanah (4-8,5 m), Lapisan tanah pasir kedalaman 15D (8,5-10.096 m) dan lapisan tanah pasir kedalaman (10.096-14m).Maka perhitungan untuk masing-masing lapisan adalah:

1. Kedalaman (4-8,5 m)

nilai  $\sigma_v'$ , dari persamaan (3.10):

$$\begin{aligned}
 \sigma_v' &= \sum \gamma h \\
 &= 16,4 \cdot 2,75 + 14 \cdot 4,5 \\
 &= 108,1 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Untuk tiang pancang nilai  $K = K_0$ , dari persamaan (3.21 )

Pada tanah lapisan 2 nilai  $\phi = 12^\circ$

$$\begin{aligned}
 K_0 &= 1 - \sin \phi \\
 &= 1 - \sin 12^\circ \\
 &= 0,79
 \end{aligned}$$

Untuk tiang pancang Jenis *Precast Concrete* nilai  $\delta$  adalah  $0,8 - 1\phi$ , maka diambil

$= 0,8 \cdot 12^\circ = 9,6^\circ$ , sehingga dari persamaan (3.8) didapatkan nilai unit tahanan

friksi (f):

Dianggap sebagai luasan segitiga (4-8,5 m)

$$f_{av} = K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta$$

$$= (0,79 \cdot 108,1 \cdot \tan 9,6^\circ) \cdot 1/2 = 7,22$$

maka dari persamaan (3.11) nilai  $Q_s$  pada kedalaman 4-8,5 m adalah:

$$\begin{aligned} Q_{s\ b1} &= P \cdot \Delta L \cdot f_{av} \\ &= (\pi \cdot 0,4064) \cdot 4,5 \cdot 7,22 \\ &= 41,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 2. Kedalaman 8,5-10.096 m

Dengan nilai  $\sigma_v'$  pada kedalaman 8,5-10.096 m (tanah pasir dibawah muka air tanah),

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= 2,75 \cdot 16,4 + 4,5 \cdot 14 + 1,596 \cdot 9,95 \\ &= 123,98 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

maka tahanan friksinya dianggap sebagai luasan segitiga, karena kedalamannya

$$\begin{aligned} < 15D \text{ maka: } f_{av} &= K \cdot \sigma_v' \cdot \tan \delta \\ &= (0,79 \cdot 123,98 \cdot \tan 9,6^\circ) \cdot 1/2 \\ &= 8,3 \text{ kN} \end{aligned}$$

maka dari persamaan (3.11) nilai  $Q_s$  pada kedalaman (8,5-10,096 m) adalah:

$$\begin{aligned} Q_{s\ b2} &= P \cdot \Delta L \cdot f_{av} \\ &= (\pi \cdot 0,4064) \cdot 1,596 \cdot 8,3 \\ &= 16,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 3. Kedalaman 10.096-14 m

nilai  $\sigma_v'$  pada kedalaman 10.096 -14 m (tanah pasir dibawah muka air tanah) disesuaikan dengan kedalaman tanah:

$$\begin{aligned} \sigma_v' &= 2,75 \cdot 16,4 + 4,5 \cdot 14 + 1,596 \cdot 9,95 + 3,904 \cdot 9,95 \\ &= 162,825 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Nilai  $K_s$  didapatkan dari tabel (3.6),  $K_s = 1$

Untuk tanah kedalaman 4 -14 m, maka:

Menghitung tegangan efektif dengan persamaan (3.10):

$$\begin{aligned}\sigma_v' &= \sum \gamma h \\ &= 2,75 \cdot 16,4 + 4,5 \cdot 9,95 + 1,596 \cdot 9,95 \\ &= 123,98 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

sedangkan berat tiang adalah:

$$\begin{aligned}W_{\text{tiang}} &= A_s \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot 0,4064^2 \cdot 15,24 \\ &= 46,58 \text{ kN}\end{aligned}$$

Maka kapasitas tarik tiang pancang tunggal dihitung dengan persamaan(3.44):

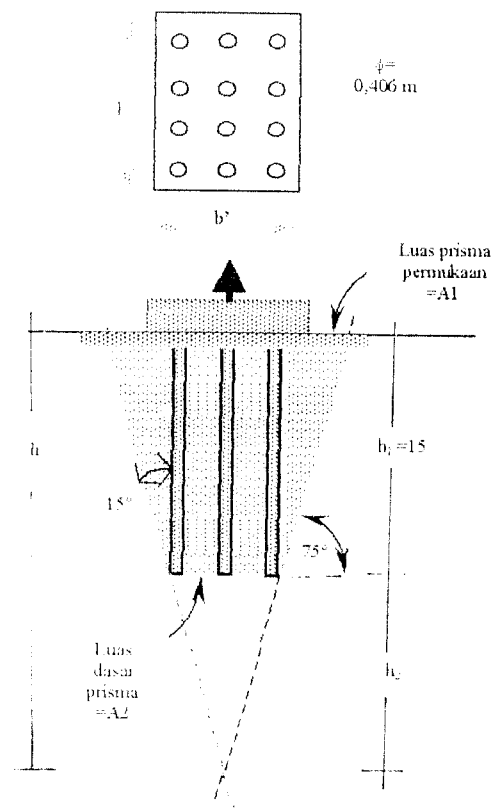
$$\begin{aligned}P_{\text{all}} &= \frac{1}{FS} \left[ \frac{2}{3} \cdot p \cdot K_s \cdot \tan \delta \cdot \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \cdot \Delta L \right] + W_p \\ &= (1 / 3,75) \left[ (2/3) \cdot (\pi \cdot 0,4064) \cdot 1 \cdot \tan (0,666 \cdot 12) \right. \\ &\quad \left. (((123,98 \cdot 2,75 \cdot 0,5 + 123,98 \cdot 4,5 \cdot 0,5 + 123,98 \cdot 1,596 \cdot 0,5 + 123,98 \cdot \right. \\ &\quad \left. 3,904 + 123,98 \cdot 1)))] + 46,58 \\ &= 83,60 \text{ kN}\end{aligned}$$

1) Metode (a)

Dengan menggunakan persamaan (3.45) dapat dihitung kapasitas tarik:

$$\begin{aligned}(P_g)_{\text{all}} &= n \cdot P_{\text{all}} \\ &= 11 \cdot 83,60 \\ &= 919,5 \text{ kN}\end{aligned}$$

## 2) Metode (b)



$$\text{Panjang grup} = l_g$$

$$= 3.(3.D)+D$$

$$= 3.(3.0,406)+0,406$$

$$= 4,06 \text{ m}$$

$$\text{Lebar grup} = b_g$$

$$= 2.0,87(3.D)+D$$

$$= 2.0,87(3.0,406)+0,406$$

$$= 2,52 \text{ m}$$

Gambar 5.3. Gambar Prisma Tahanan Tarik pada Tanah Campuran

$$\text{Berat tanah dalam prisma (persamaan(3.46))} = (1/3.A_1.h - 1/3.A_2.h_2).\gamma'$$

$$A_1 = (2,52 + 2.15.\tan 15^\circ) \times (4,06 + 2.15.\tan 15^\circ)$$

$$= 127,76 \text{ m}^2.$$

$$A_2 = 2,52 \times 4,06 = 10,23 \text{ m}^2.$$

$$h_2 = (4,06/2) \times \tan 75^\circ = 7,576 \text{ m}$$

$$h = h_1 + h_2$$

$$= 15 + 7,567 = 22,576 \text{ m}$$

Jadi berat tanah di dalam prisma

$$= (1/3.A_1.h - 1/3.A_2.h_2).\gamma'$$

Keterangan: Tiang Bulat D= 16"=0.4064 m

$A_p=0,13 \text{ m}^2$

beban=2000kN

Satuan:  $\gamma = \text{kN/m}^3$

15 D=6,096m(pasir)

$W_p= 46,58 \text{ kN}$

$P= 1,277 \text{ m}$

$S_u \cdot C_a = \text{kN.m}^2$

Tabel (5.1) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 16"= 0.4064 m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\rho'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Tan $\delta$	K	C (kN/m <sup>2</sup> )	$S_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	$p \cdot h$ ( m <sup>2</sup> )	$n \cdot q$
0-1,25	1.250	1.250	lempung	16.40	-	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	-	-
1,25-4	2.750	4.000	lempung	16.40	45.10	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	3.51	-
4-8,5	4.500	8.500	pasir	14.00	108.10	12.00	0.17	0.79	27.00	-	-	5.75	4.50
8,5-10,096	1.596	10.096	pasir	9.95	123.98	12.00	0.17	0.79	27.00	-	-	2.04	4.50
10,096-14	3.904	14.000	pasir	9.95	162.83	12.00	0.17	0.79	27.00	-	-	4.99	4.50
14-15	1.000	15.000	lempung	7.02	169.85	-	-	1.00	104.00	104.00	0.52	1.28	-

$Q_s$ (kN)	$Q_p$ (kN)	$Q_u$ (kN)	$Q_u$ per lapis	$Q_{al}$ (kN)	Jml tg
-	-	-	-	-	
107.46	39.78	147.24	147.24	58.90	
41.61	4.95	46.56	154.02	61.61	
16.93	4.95	21.87	170.94	68.38	
108.75	4.95	113.70	279.70	111.88	
69.06	121.68	190.74	465.49	186.20	10.741
				dipakai	11



Keterangan Tiang segitiga D = 16" = 0.4064 m  
 15 D = 6.096m(pasir)

Ap = 0.072m  
 Wp = 25.92kN

beban = 2000kN  
 P = 1.2192 m

Satuan:  $\gamma = \text{kN/m}^3$   
 $S_u = \text{Ca} = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.4) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D = 16" = 0.4064 m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Tan $\delta$	K	C (kN/m <sup>2</sup> )	$S_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	P.h (m <sup>2</sup> )	n* <sub>q</sub>
0-1,25	1.250	1.250	lempung	16.40	-	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	-	-
1,25-4	2.750	4.000	lempung	16.40	45.10	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	3.35	-
4-8,5	4.500	8.500	pasir	14.00	108.10	12.00	0.17	0.79	27.00	-	-	5.49	4.50
8,5-10,096	1.596	10.096	pasir	9.95	123.98	12.00	0.17	0.79	27.00	-	-	1.95	4.50
10,096-14	3.904	14.000	pasir	9.95	162.83	12.00	0.17	0.79	27.00	-	-	4.76	4.50
14-15	1.000	15.000	lempung	7.02	169.85	-	-	1.00	104.00	104.00	0.52	1.22	-

Q <sub>s</sub> (kN)	Q <sub>p</sub> (kN)	Q <sub>u</sub> (kN)	Q <sub>u</sub> perlapisan	Q <sub>ai</sub> (kN)	Jml tg
-	-	-	-	-	
102.60	21.88	124.47	124.47	49.79	
39.73	2.72	42.45	145.04	58.02	
16.16	2.72	18.88	161.20	64.48	
103.83	2.72	106.55	265.03	106.01	
65.93	66.92	132.86	395.17	158.07	12.653
				dipakai	13

Keterangan Tiang segitiga D= 20"=0,508 m  
 15D=7,52m(pasir)

Ap=0,112m  
 Wp= 40,32kN

beban=2000kN  
 P= 1,524 m

Satuan:  $\gamma = \text{kN/m}^3$   
 $S_u = C_a = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.5) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D= 20"= 0,508 m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Tan $\delta$	K	C (kN/m <sup>2</sup> )	$S_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	P.h (m <sup>2</sup> )	n <sup>*q</sup>
0-1,25	1.250	1.250	lempung	16.40	-	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	-	-
1,25-4	2.750	4.000	lempung	16.40	45.10	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	4.19	-
4-8,5	4.500	8.500	pasir	14.00	108.10	12.00	0.17	0.79	-	-	-	6.86	4.50
8,5-11,52	3.020	11.520	pasir	9.95	138.15	12.00	0.17	0.79	-	-	-	4.60	4.50
11,52-14	2.480	14.000	pasir	9.95	162.83	12.00	0.17	0.79	-	-	-	3.78	4.50
14-15	1.000	15.000	lempung	7.02	169.85	-	-	1.00	104.00	104.00	0.52	1.52	-

$Q_s$ (kN)	$Q_p$ (kN)	$Q_u$ (kN)	$Q_u$ (kN)	Qu per lapisan	$Q_{al}$ (kN)	Jml tg
-	-	-	-	-	-	-
128.24	34.18	162.42	196.61	78.64	78.64	-
49.66	4.25	53.91	182.16	72.86	72.86	-
42.59	4.25	46.84	224.75	89.90	89.90	-
82.45	4.25	86.70	307.19	122.88	122.88	-
82.42	104.55	186.97	489.91	195.96	195.96	10.21
dipakai						11

Keterangan Tiang segitiga D = 24" = 0.6096 m  
 1SD = 9.14 m

P = 1.83 m

Wp = 57.46 kN

beban = 2000 kN

P = 1.83 m

Satuan:  $\gamma = \text{kN/m}^3$

Su = Ca = kN/m<sup>2</sup>

Tabel (5.6) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D = 24" = 0.6096 m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Tan $\delta$	K	C (kN/m <sup>2</sup> )	Su (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	P.h (m <sup>2</sup> )	n* <sub>q</sub>
0-1,25	1.25	1.25	lempung	16.40	-	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	2.29	-
1,25-4	2.75	4.00	lempung	16.40	45.10	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	5.03	-
4-8,5	4.50	8.50	pasir	14.00	108.10	12.00	0.17	0.79	-	-	-	8.23	4.50
8,5-13,14	4.64	13.14	pasir	9.95	154.27	12.00	0.17	0.79	-	-	-	8.49	4.50
13,14-14	0.86	14.00	pasir	9.95	162.83	12.00	0.17	0.79	-	-	-	1.57	4.50
14-15	1.00	15.00	lempung	7.02	169.85	-	-	1.00	104.00	104.00	0.52	1.83	-

Qs (kN)	Qp (kN)	Qu (kN)	Qu per lapis	Qal (kN)	Jml tg
-	-	-	-	-	-
153.89	49.24	203.13	203.13	81.25	-
59.59	6.12	65.72	219.61	87.84	-
87.69	6.12	93.81	307.30	122.92	-
34.31	6.12	40.43	341.61	136.64	-
98.90	150.60	249.50	584.99	233.99	8.55
				dipakai	9

Keterangan Tiang segiempat  $D = 20'' = 0,508 \text{ m}$   
 $15.D = 7,52 \text{ m}$

$A_p = 0,258 \text{ m}^2$   
 $W_p = 92,88 \text{ kN}$

beban = 2000 kN  
 $P = 2,032 \text{ m}$

Satuan:  $\gamma = \text{kN/m}^3$   
 $S_u, C_a = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.8) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D = 20'' = 0,508 \text{ m}$  pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'_v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Tan $\delta$	K	C (kN/m <sup>2</sup> )	$S_u$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	$P \cdot h$ (m <sup>2</sup> )	$n^* q$
0-1,25	1.250	1.250	lempung	16.40	-	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	-	-
1,25-4	2.750	4.000	lempung	16.40	45.10	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	5.59	-
4-8,5	4.500	8.500	pasir	14.00	108.10	12.00	0.17	0.79	-	-	-	9.14	4.50
8,5-11,52	3.020	11.520	pasir	9.95	138.15	12.00	0.17	0.79	-	-	-	6.14	4.50
11,52-14	2.480	14.000	pasir	9.95	162.83	12.00	0.17	0.79	-	-	-	5.04	4.50
14-15	1.000	15.000	lempung	7.02	169.85	-	-	1.00	104.00	104.00	0.52	2.03	-

$Q_s$ (kN)	$Q_p$ (kN)	$Q_u$ (kN)	$Q_u$ per lapisan	$Q_{at}$ (kN)	Jml tg
-	-	-	-	-	-
170.99	78.95	249.94	328.89	131.56	-
66.21	9.82	76.03	247.02	98.81	-
56.79	9.82	66.61	303.81	121.53	-
109.93	9.82	119.75	413.74	165.50	-
109.89	241.49	351.38	755.30	302.12	6.62
dipakai					7

Keterangan Tiang segiempat D= 24"= 0.6096 m

Ap= 0,372 m

beban=2000kN

Satuan:  $\gamma = \text{kN/m}^3$

15D = 9,14m

Wp= 133,92 kN

P= 2,44 m

Su=Ca= kN/m<sup>2</sup>

Tabel (5.9) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 24"= 0.6096 m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$	Tan $\delta$	K	C (kN/m <sup>2</sup> )	Su (kN/m <sup>2</sup> )	$\alpha$	P.h ( m <sup>2</sup> )	n* q
0-1,25	1.25	1.25	lempung	16.40	-	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	-	-
1,25-4	2.75	4.00	lempung	16.40	45.10	-	-	1.00	34.00	34.00	0.90	6.71	-
4-8,5	4.50	8.50	pasir	14.00	108.10	12.00	0.17	0.79	-	-	-	10.98	4.50
8,5-13,14	4.64	13.14	pasir	9.95	154.27	12.00	0.17	0.79	-	-	-	11.32	4.50
13,14-14	0.86	14.00	pasir	9.95	162.83	12.00	0.17	0.79	-	-	-	2.10	4.50
14-15	1.00	15.00	lempung	7.02	169.85	-	-	1.00	104.00	104.00	0.52	2.44	-

Qs (kN)	Qp (kN)	Qu (kN)	Qu perlepasan	Qul (kN)	Jml tg
-	-	-	-	-	
205.33	113.83	319.16	319.16	127.66	
79.51	14.16	93.66	298.99	119.60	
116.99	14.16	131.15	415.99	166.39	
45.77	14.16	59.93	461.76	184.70	
131.96	348.19	480.15	927.75	371.10	5.39
				dipakai	6

Keterangan: Tiang bulat  $D=16''=0,4064$  m  $\delta = 0,8, \phi$  20D=8.12 m (pasir)  
 $P=1,277$  m  $Wp=46,58$  kN beban=2000kN  
 15 D=6,096m(pasir) Jumlah Tiang= 11

Tabel (5.10) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D=16''=0,4064$  m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'v \cdot h$	$\phi$	Tan $\delta$	Pall (kN)	metode a	
										P gall	P gall
0-1,25	1.250	1.250	lempung	16.40	-	-	-	-	-	-	-
1,25-4	2.750	4.000	lempung	16.40	45.10	170.47	-	-	-	-	-
4-8,5	4.500	8.500	pasir	14.00	63.00	278.96	12	0.141	-	-	-
8,5-10,096	1.596	10.096	pasir	9.95	15.88	98.94	12	0.141	-	-	-
10,096-14	3.904	14.000	pasir	9.95	38.84	484.02	12	0.141	-	-	-
14-15	1.000	15.000	lempung	7.02	7.02	123.98	-	-	-	-	-
					123.980	1,156.363			83.59		919.46

Metode b

Lg	bg	A1	A2	h2	h= h1+h2	Ws	P gall	terpakai
4.06	2.53	127.88	10.27	7.58	22.58	9,319.95	2,485.32	919.46

Keterangan: Tiang bulat D=20"= 0,508 m  
 P=1,60m  
 1SD=7,52m(pasir)

Ap=0,203m  
 Wp= 73,08kN

$\delta = 0,8 \cdot \phi$   
 beban =2000kN

20D=10,16 m (pasir)  
 Jumlah Tiang= 9

Tabel (5.11) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 20"= 0,508 m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'v \cdot h$	$\phi$	Tan $\delta$	Metode a	
									Pall (kN)	P gall
0-1,25	1.250	1.25	lempung	16.40	-	-	-	-	-	-
1,25-4	2.750	4.00	lempung	16.40	45.10	189.95	-	-	-	-
4-8,5	4.500	8.50	pasir	14.00	63.00	310.84	12	0.141	-	-
8,5-11,52	3.020	11.52	pasir	9.95	30.05	208.60	-	-	-	-
11,52-14	2.480	14.00	pasir	9.95	24.68	342.61	12	0.141	-	-
14-15	1.000	15.00	lempung	7.02	7.02	138.15	-	-	-	-
					138.149	1,190.2			119.5	1,075.8

Metode b

Lg	bg	A1	A2	h2	h= h1+h2	Ws	P gall	terpakai
3.56	3.56	134.43	12.65	6.636	21.64	9,368.27	2,498.21	1,075.83

Keterangan: Tiang bulat  $D=24''= 0,6096\text{ m}$   $\delta = 0,8\phi$   $20D= 12,19\text{ m}$  (pasir)  
 $P=1,915\text{ m}$   $Wp= 105,12\text{ kN}$   $\phi$   $\text{beban} = 2000\text{ kN}$   $\text{jumlah tiang} = 7$   
 $1SD = 9,14\text{ m}$

Tabel (5.12) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D= 24''= 0,6096\text{ m}$  pada Tanah Campuran

Metode a

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'v \cdot h$	$\phi$	Tan $\delta$	Pall (kN)	P gall
0-1,25	1.25	1.25	lempung	16.40	-	-	-	-		
1,25-4	2.75	4.00	lempung	16.40	45.10	212.12				
4-8,5	4.50	8.50	pasir	14.00	63.00	347.10	12	0.141		
8,5-13,14	4.64	13.14	pasir	9.95	46.17	357.90				
13,14-14	0.86	14.00	pasir	9.95	8.56	132.67	12	0.141		
14-15	1.00	15.00	lempung	7.02	7.02	154.27	-	-		
					154.268	1,204.1			162.7	1,139.13

Metode b

Lg	bg	A1	A2	h2	h= h1+h2	Ws	P gall	terpakai
4.27	3.78	145.40	16.12	7.963	22.96	10,647.91	2,839.44	1,139.13



Keterangan: Tiang segitiga  $D=20''= 0,508 \text{ m}$   
 $P=1,524\text{m}$

$A_p=0,112\text{m}$   
 $W_p= 40,32\text{kN}$   
 $1SD=7,52\text{m(pasir)}$

$\delta = 0,8 \cdot \phi$   
 beban = 2000kN  
 jumlah tiang = 11

Tabel (5.14) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D= 20''= 0,508 \text{ m}$  pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	$\sigma'v$ ( $\text{kN/m}^2$ )	$\sigma'v \cdot h$	$\phi$	Tan $\delta$	Metode a	
									Pall (kN)	P gall
0-1,25	1.250	1.25	lempung	16.40	-	-	-	-	-	-
1,25-4	2.750	4.00	lempung	16.40	45.10	189.95	-	-	-	-
4-8,5	4.500	8.50	pasir	14.00	63.00	310.84	12	0.141	-	-
8,5-11,52	3.020	11.52	pasir	9.95	30.05	208.60	-	-	-	-
11,52-14	2.480	14.00	pasir	9.95	24.68	342.61	12	0.141	-	-
14-15	1.000	15.00	lempung	7.02	7.02	138.15	-	-	-	-
				138.149	1,190.2				85.7	942.3

Metode b

Lg	bg	A1	A2	h2	h= h1+h2	Ws	P gall	terpakai
5.08	3.16	146.90	16.05	9.479	24.48	11,422.46	3,045.99	942.27

Keterangan: Tiang segitiga D=24"= 0,6096 m      P=1,83m      jumlah tiang=9  
 Ap=0,161m      Wp= 57,46kN      beban =2000kN      20b=12,19 m (pasir)  
 1SD =9,14 m      δ = 0,8.φ

Tabel (5.15) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga D= 24"= 0,508 m pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	Tanah	γ (kN/m <sup>3</sup> )	σ <sup>v</sup> (kN/m <sup>2</sup> )	σ <sup>v</sup> .h	φ	Tan δ	Pall (kN)	Metode a	
										Pall (kN)	P gall
0-1,25	1,25	1,25	lempung	16,40	-	-	-	-	-	-	-
1,25-4	2,75	4,00	lempung	16,40	45,10	212,12	-	-	-	-	-
4-8,5	4,50	8,50	pasir	14,00	63,00	347,10	12	0,141	-	-	-
8,5-13,14	4,64	13,14	pasir	9,95	46,17	357,90	-	-	-	-	-
13,14-14	0,86	14,00	pasir	9,95	8,56	132,67	12	0,141	-	-	-
14-15	1,00	15,00	lempung	7,02	7,02	154,27	-	-	-	-	-
					154,268	1,204,1			112,5	1,012,87	

Metode b

Lg	bg	A1	A2	h2	h= h1+h2	Ws	P gall	terpakai
4,27	4,27	151,43	18,21	7,963	22,96	11,051,93	2,947,18	1,012,87

Keterangan: Tiang segiempat  $D=16''=0,4064\text{ m}$   
 $P=1,6256\text{ m}$

$A_p=0,165\text{ m}^2$   
 $W_p=59,4\text{ kN}$

$\delta = 0,8, \phi$   
 beban = 2000kN  
 jumlah tiang = 9  
 $20b=8,12\text{ m}$  (pasir)

Tabel (5.16) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=16''=0,4064\text{ m}$  pada Tanah Campuran

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'v \cdot h$	$\phi$	Tan $\delta$	metode a	
									Pall (kN)	P gall
0-1,25	1.250	1.250	lempung	16.40	-	-	-	-	-	-
1,25-4	2.750	4.000	lempung	16.40	45.10	170.47	-	-	-	-
4-8,5	4.500	8.500	pasir	14.00	63.00	278.96	12	0.141	-	-
8,5-10,096	1.596	10.096	pasir	9.95	15.88	98.94	12	0.141	-	-
10,096-14	3.904	14.000	pasir	9.95	38.84	484.02	12	0.141	-	-
14-15	1.000	15.000	lempung	7.02	7.02	123.98	-	-	-	-
						123.980	1.156.363		106.39	957.51

Metode b

Lg	bg	A1	A2	h2	h= h1+h2	Ws	P gall	terpakai
2.84	2.84	118.45	8.09	5.31	20.31	7,835.59	2,089.49	957.51

Keterangan: Tiang segiempat  $D=24''=0,6096\text{ m}$   $A_p=0,372\text{ m}^2$   $\delta=0,8\phi$  jumlah tiang=5  
 $P=2,44\text{ m}$   $W_p=133,92\text{ kN}$  beban=2000kN  $20b=12,19\text{ m}$  (pasir)

Tabel (5.18) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=24''=0,6096\text{ m}$  pada Tanah Campuran

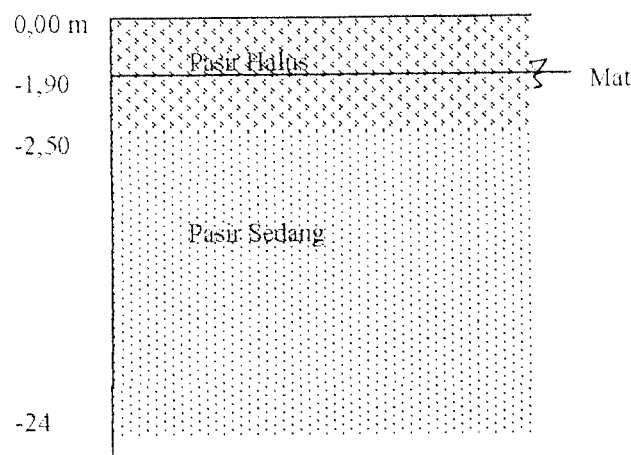
Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	Tanah	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\sigma'v$ (kN/m <sup>2</sup> )	$\sigma'v \cdot h$	$\phi$	Tan $\delta$	Pall (kN)	P gall	Metode a	
0-1,25	1,25	1,25	lempung	16,40	-	-	-	-	-	-		
1,25-4	2,75	4,00	lempung	16,40	45,10	212,12	-	-	-	-		
4-8,5	4,50	8,50	pasir	14,00	63,00	347,10	12	0,141	-	-		
8,5-13,14	4,64	13,14	pasir	9,95	46,17	357,90	-	-	-	-		
13,14-14	0,86	14,00	pasir	9,95	8,56	132,67	12	0,141	-	-		
14-15	1,00	15,00	lempung	7,02	7,02	154,27	-	-	-	-		
					154,268	1,204,1			207,4	1,244,17		

Metode b

Lg	bg	A1	A2	h2	h= h1+h2	Ws	P gall	terpakai
4,27	2,44	128,93	10,41	7,963	22,96	9,544,09	2,545,09	1,244,17

### 5.5 Data Tanah Pasir Homogen

Data tanah yang digunakan dari laporan hasil uji tanah yang dilakukan oleh laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Atmajaya Yogyakarta untuk proyek pengembangan Gedung ISI Yogyakarta ( data terlampir). Data diambil dari titik B I dengan kedalaman muka air tanah adalah – 1,90 m.



Gambar 5.4. Sketsa Lapisan Tanah Pasir Homogen

Adapun data tanah tiap lapisan seperti gambar di atas adalah sebagai berikut ini:

<b>Lapisan 1:</b> $c = 0,065 \text{ kg/cm}^2 = 6,5 \text{ kN/m}^2$	<b>Lapisan 2:</b> $c = 0,080 \text{ t/m}^2 = 8 \text{ kN/m}^2$
$\phi = 29,6^\circ$	$\phi = 30,7^\circ$
$\gamma_b = 1,78 \text{ t/m}^3 = 17,8 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_b = 1,94 \text{ t/m}^3 = 19,4 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_s = 0,94 \text{ t/m}^3 = 9,4 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_s = 0,903 \text{ t/m}^3 = 9,03 \text{ kN/m}^3$
$\gamma_d = 1,50 \text{ t/m}^3 = 15 \text{ kN/m}^3$	$\gamma_d = 1,613 \text{ t/m}^3 = 16,13 \text{ kN/m}^3$
$e_o = 0,78$	$e_o = 0,8604$
$G_s = 2,672$	$G_s = 2,68$
$w = 0,184$	$w = 0,203$

## 5.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang pada Tanah Pasir

Dalam perhitungan awal ini digunakan bentuk pondasi tiang adalah bulat dengan ukuran sebesar  $16'' = 0,4064 \text{ m}$  (luas( $A_p$ ) =  $0,25 \cdot \pi \cdot (0,4064)^2 = 0,13 \text{ m}^2$  dan keliling( $P$ )=  $\pi \cdot 0,4064 = 1,277 \text{ m}$ ) ,dengan memasukkan beban statis per kolom sebesar  $200 \text{ t} = 2000 \text{ kN}$ .

### 5.6.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Individu

Untuk pondasi tiang pancang tunggal dengan diameter ( $\phi$ ) =  $16''=0,4064 \text{ m}$  pada kedalaman  $15\text{m}$  (terletak pada lapisan tanah 2 = Pasir sedang) akan diperoleh hasil perhitungan dari komponen penyusun daya dukung pondasi dalam sebagai berikut ini:

#### 3. Daya dukung ujung tiang ( *End Bearing Pile* )

Diperlukan nilai tegangan efektif tanah yang akan konstan setelah kedalaman  $15D = 15 \cdot 0,4064 = 6,096 \text{ m}$ , dari persamaan(3.10):

$$\begin{aligned}\sigma_v' &= \sum \gamma h \\ &= 1,9 \cdot 17,8 + 0,6 \cdot 9,4 + 9,03 \cdot 3,596 \\ &= 71,93 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Digunakan gambar(3.16) untuk mencari nilai  $N_q$ , dengan nilai Sudut geser tanah lapisan 2 ( $\phi$ ) =  $30,7^\circ$  didapatkan  $N_q = 28,6$ .

Dengan persamaan ( 3.17) maka daya dukung ujung ( $Q_p$ ) pada tanah pasir

$$\begin{aligned}Q_p &= A_p \cdot \sigma_v' \cdot N_q \\ &= 0,13 \cdot 71,93 \cdot 28,6 \\ &= 267,44 \text{ kN}\end{aligned}$$

#### 4. Daya dukung gesekan sepanjang badan tiang (*Skin Friction Pile*)

Lapisan tanah sampai dengan kedalaman 15 m terdiri atas tanah pasir halus dan tanah pasir sedang (sesuai dengan gambar) sehingga rumus yang digunakan adalah rumus untuk tanah pasir. Perhitungan daya dukung gesek selimut ( $Q_s$ ) pada tanah pasir diperlukan nilai  $\sigma_v'$  untuk perhitungan daya dukung yang dianggap konstan setelah kedalaman  $L' = 15$ .D (Meyerhoff).

Berarti ada nilai  $\sigma_v'$  diatas  $L'$  dan di bawah  $L'$  maka perhitungannya menjadi:

$$\begin{aligned}\Sigma\sigma_v' \cdot \Delta L &= 0,5\sigma_v' L' + \sigma_v'(L-L') \\ &= 0,5 \cdot 71,93 \cdot 6,096 + 71,93 \cdot 8,904 \\ &= 859,7 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Untuk tiang pancang nilai  $K_s = 1$ , dari tabel (3.6 )

Untuk tiang pancang Jenis *Precast Concrete* nilai  $\delta$  adalah  $0,8 - 1\phi$ , maka diambil  $= 0,8 \cdot 12^\circ = 9,6^\circ$ , sehingga dari substitusi persamaan (3.8) pada persamaan (3.7)

didapatkan  $Q_s$  :

$$\begin{aligned}Q_s &= P \cdot K_s \cdot \tan \delta \cdot \Sigma\sigma_v' \cdot \Delta L \\ &= (\pi \cdot 0,4064) \cdot 1 \cdot \tan (9,6^\circ) \cdot 859,7 \\ &= 503,26 \text{ kN.}\end{aligned}$$

Setelah nilai di atas didapatkan, maka daya dukung ultimit dihitung dengan persamaan (3.1):

$$\begin{aligned}Q_{ult} &= Q_p + Q_s \\ &= 267,44 + 503,26 \\ &= 770,0 \text{ kN}\end{aligned}$$

diambil nilai SF = 2,5 (berdasarkan tabel(3.1) ), sehingga  $Q_{all}$  didapatkan :

$$\begin{aligned}
 Q_{all} &= Q_{ult} / SF \\
 &= 770,7 / 2,5 \\
 &= 308,3 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### 5.6.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Nilai daya dukung untuk tiang kelompok didapatkan dari akumulasi daya dukung tiang tunggal sesuai dengan jumlah dalam satu kelompok. Beban yang bekerja ( $\Sigma Q_{all}$ ) sebesar 200 t = 2000 kN. Untuk perhitungannya digunakan :

$$\begin{aligned}
 \Sigma Q_{all} &= \Sigma \text{Tiang} \cdot Q_{all} \\
 \Sigma \text{Tiang} &= 2000 / 308,3 \\
 &= 6,5 \approx \text{dipakai 7 tiang}
 \end{aligned}$$

### 5.7 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Pancang pada Tanah Pasir

Untuk menghitung kapasitas tarik pada tiang pancang kelompok dapat digunakan dua metode yaitu: 1) menjumlahkan kapasitas tarik dari masing-masing tiang pancang individual pada kelompok tiang, dan 2) tiang dengan memperhitungkan kontribusi berat efektif tanah.

Nilai FS untuk perhitungan kapasitas tarik ditingkatkan 1,5, maka FS-nya = 1,5 . 2,5 = 3,75

Nilai  $K_s$  didapatkan dari tabel (3.6),  $K_s = 1$

sedangkan berat tiang adalah:

$$\begin{aligned}
 W_{\text{tiang}} &= A_s \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} \\
 &= 0,25 \cdot \pi \cdot 0,4064^2 \cdot 15,24 \\
 &= 46,58 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Maka kapasitas tarik tiang pancang tunggal dihitung dengan persamaan (3.44):



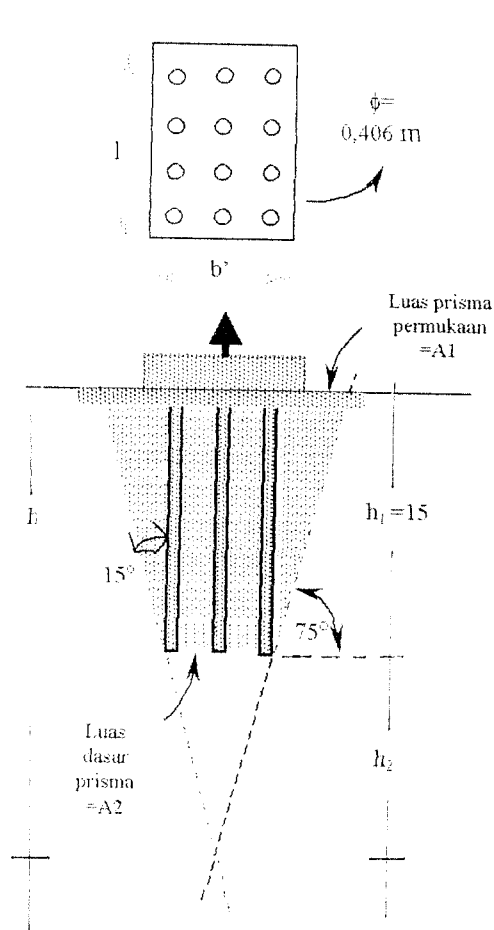
$$\begin{aligned}
 P_{all} &= \frac{1}{FS} \left[ \frac{2}{3} \cdot p \cdot K_s \cdot \tan \delta \cdot \sum_{L=0}^{L=L} \sigma'_{vl} \cdot \Delta L \right] + W_p \\
 &= (1/3,75) \left[ (2/3) \cdot 1,277 \cdot 1 \cdot \tan (0,666 \cdot 12) \cdot 859,7 \right] + 46,58 \\
 &= 136,04 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 3) Metode (a)

Dengan menggunakan persamaan (3.45) dapat dihitung kapasitas tarik kelompok:

$$\begin{aligned}
 (P_g)_{all} &= n \cdot P_{all} \\
 &= 7 \cdot 136,04 \\
 &= 952,31 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

## 4) Metode (b)



$$\text{Panjang grup} = l_g$$

$$= 3 \cdot (3 \cdot D) + D$$

$$= 2 \cdot (3 \cdot 0,406) + 0,406$$

$$= 2,842 \text{ m}$$

$$\text{Lebar grup} = b_g$$

$$= 2 \cdot (3 \cdot D) + D$$

$$= 2 \cdot 0,87(3 \cdot 0,406) + 0,406$$

$$= 2,21 \text{ m}$$

Gambar 5.5. Gambar Prisma Tahanan Tarik pada Tanah Pasir Homogen

$$\text{Berat tanah dalam prisma} = (1/3 \cdot A_1 \cdot h - 1/3 \cdot A_2 \cdot h_2) \cdot \gamma'$$

$$\begin{aligned} A_1 &= (2,842 + 2,15 \cdot \tan 15^\circ) \times (2,21 + 2,15 \cdot \tan 15^\circ) \\ &= 111,51 \text{ m}^2. \end{aligned}$$

$$A_2 = 2,842 \times 2,21 = 6,281 \text{ m}^2.$$

$$h_2 = (2,842/2) \times \tan 75^\circ = 5,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} h &= h_1 + h_2 \\ &= 15 + 5,3 = 20,3 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi berat tanah di dalam prisma

$$\begin{aligned} &= (1/3 \cdot A_1 \cdot h - 1/3 \cdot A_2 \cdot h_2) \cdot \gamma' \\ &= (1/3 \cdot 111,51 \cdot 20,3 - 1/3 \cdot 6,281 \cdot 5,3) \cdot 9,03 \\ &= 6903,6 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$P_{\text{uplift (All)}} = 6903,6 / (\text{SF}=3,75) = 1841 \text{ kN}$$

Nilai di atas masih ditambah dengan berat *pile cap*

Dari metode a) dan metode b) dipilih yang terkecil (a) = 952,3 kN

Dengan perhitungan sesuai prosedur di atas, maka perhitungan untuk kapasitas tarik akan dilakukan untuk beberapa variasi sebagai berikut:

- Bentuk tiang yang divariasikan adalah bentuk bulat, segitiga, segiempat
- Diameter tiang yang divariasikan adalah 16", 20", dan 24"

Hasil perhitungan disusun dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Keterangan:

Tiang bulat D=16"

L= 6,096      Ap= 0,13      P= 1,28      Wp= 46,58 kN       $\delta = 0,8 \cdot \phi$       Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$   
 beban=2000kN       $\sigma v' = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.19) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 16"= 0.4064 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma_b$	$\gamma'$	$\sigma v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1.9	1.9	Pasir halus	15	17.8	9.4	33.82	29.6			0.4386	68.3353				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir halus	15	17.8	9.4	5.64	29.6			0.4386	21.5796				
2,5-6,096	3.596	6.096	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	32.47	30.72	28.6		0.4573	129.334				
6,096-15	8.904	15	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	32.47	30.72	28.6		0.4573	640.481				
				$\Sigma \sigma v'$			71.93			267.4	$\Sigma \sigma v' \cdot \Delta L$	859.73	503.3	770.7	308.285	6.4875
															Terpakai	7.0

Keterangan:

Tiang bulat D=20"

L= 7.62      Ap= 0.2      P= 1.6      Wp= 73,08 kN       $\delta = 0,8 \cdot \phi$       Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$   
 beban=2000kN       $\sigma v' = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.20) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 20"= 0.508 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma_b$	$\gamma'$	$\sigma v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1.9	1.9	Pasir halus	15	17.8	9.4	33.82	29.6			0.4386	81.4089				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir halus	15	17.8	9.4	5.64	29.6			0.4386	25.7081				
2,5-7,62	5.12	7.62	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	46.23	30.72	28.6		0.4573	219.376				
7,62-15	7.38	15	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	46.23	30.72	28.6		0.4573	632.419				
				$\Sigma \sigma v'$			85.69			497.5	$\Sigma \sigma v' \cdot \Delta L$	958.911	701.7	1199	479.672	4.1695
															Terpakai	5.0

Keterangan:

Tiang bulat D= 24"

L<sub>1</sub>= 9.144

A<sub>p</sub>= 0.29

P= 1.915 W<sub>p</sub>= 105.12 kN

δ = 0,8. Φ

Satuan: γ' = kN/m<sup>3</sup>

beban=2000kN

σ<sub>v</sub>' = kN/m<sup>2</sup>

Tabel (5.21) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 24"= 0.6096 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	tanah	γ <sub>d</sub>	γ <sub>b</sub>	γ'	σ <sub>v</sub> '	φ	N <sub>q</sub>	Q <sub>p</sub>	tanδ	σ <sub>v</sub> '·ΔL	Q <sub>s</sub>	Q <sub>ult</sub>	Q <sub>all</sub>	Jumlah
0-1,9	1.9	1.9	Pasir halus	15	17.8	9.4	33.82	29.6			0.4386	94.4826				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir halus	15	17.8	9.4	5.64	29.6			0.4386	29.8366				
2,5-9,144	6.644	9.144	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	60	30.72	28.6		0.4573	330.391				
9,144-15	5.856	15	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	60	30.72	28.6		0.4573	582.41				
						Σσ <sub>v</sub> '=	99.46			830.6	Σσ <sub>v</sub> '·ΔL	1037.12	908.3	1739	695.546	2.8754
															Terpakai	3.0

Keterangan:

Tiang segitiga D=16"

$L' = 6.096$     $A_p = 0.07$     $P = 1.22$     $W_p = 25,92kN$     $\delta = 0,8, \phi$    Satuan:  $\gamma' = kN/m^3$   
 beban = 2000kN    $\sigma_v' = kN/m^2$

Tabel (5.22) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D=16" = 0,4064 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma_b$	$\gamma'$	$\sigma_v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma_v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1.9	1.9	Pasir halus	15	17.8	9.4	33.82	29.6			0.4386	68.335				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir halus	15	17.8	9.4	5.64	29.6			0.4386	21.58				
2,5-6,096	3.596	6.096	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	32.47	30.7	28.6		0.4573	129.33				
6,096-15	8.904	15	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	32.47	30.7	28.6		0.4573	640.48				
				$\Sigma \sigma_v' =$			71.93			148.1	$\Sigma \sigma_v' \cdot \Delta L =$	859.73	479	627.5	250.995	7.9683
																Terpakai
																8.0

Keterangan:

Tiang segitiga D=20"

$L' = 7.62$     $A_p = 0.11$     $P = 1.52$     $W_p = 40,32kN$     $\delta = 0,8, \phi$    Satuan:  $\gamma' = kN/m^3$   
 beban = 2000kN    $\sigma_v' = kN/m^2$

Tabel (5.23) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D=20" = 0,508 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma_b$	$\gamma'$	$\sigma_v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma_v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1.9	1.9	Pasir halus	15	17.8	9.4	33.82	29.6			0.4386	81.409				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir halus	15	17.8	9.4	5.64	29.6			0.4386	25.708				
2,5-7,62	5.12	7.62	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	46.23	30.7	28.6		0.4573	219.38				
7,62-15	7.38	15	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	46.23	30.7	28.6		0.4573	632.42				
				$\Sigma \sigma_v' =$			85.69			274.5	$\Sigma \sigma_v' \cdot \Delta L =$	958.91	668	942.8	377.13	5.3032
																Terpakai
																6.0

Keterangan:

Tiang segitiga D=24"

L= 9.144

Ap= 0.16

P= 1.83

Wp= 57,46kN

$\delta = 0,8 \cdot \phi$

Satuan:  $\gamma' = \text{KN/m}^3$

beban=2000kN

$\sigma v' = \text{KN/m}^2$

Tabel (5.24) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D= 24"= 0,6096 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma d$	$\gamma b$	$\gamma'$	$\sigma v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1.9	1.9	Pasir halus	15	17.8	9.4	33.82	29.6			0.4386	94.483				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir halus	15	17.8	9.4	5.64	29.6			0.4386	29.837				
2,5-9,144	6.644	9.144	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	60	30.7	28.6		0.4573	330.39				
9,144-15	5.856	15	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	60	30.7	28.6		0.4573	582.41				
						$\Sigma \sigma v' =$	99.46			458	$\Sigma \sigma v' \cdot \Delta L =$	1037.1	868	1326	530.372	3.7709
															Terpakai	4.0

Keterangan:

Tiang segiempat D=16"

$L' = 6,096$        $A_p = 0,165$        $P = 1,63$        $W_p = 59,4 \text{ kN}$        $\delta = 0,8 \cdot \phi$       Satuan:  $\gamma' = \text{KN/m}^3$   
 beban = 2000kN       $\sigma_v' = \text{KN/m}^2$

Tabel (5.25) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D=16" = 0,4064 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma_b$	$\gamma'$	$\sigma_v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma_v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1,9	1,9	Pasir hls	15	17,8	9,4	33,82	29,6			0,4386	68,335				
1,9-2,5	0,6	2,5	Pasir hls	15	17,8	9,4	5,64	29,6			0,4386	21,58				
2,5-6,096	3,596	6,096	Pasir sdg	16,13	19,4	9,03	32,47	30,7	28,6		0,4573	129,33				
6,096-15	8,904	15	Pasir sdg	16,13	19,4	9,03	32,47	30,7	28,6		0,4573	640,48				
						$\Sigma \sigma_v' =$	71,93			339	$\Sigma \sigma_v' \cdot \Delta L =$	859,73	639	979	391,44	5,1093
															Terpakai	6,0

Keterangan:

Tiang segiempat D=20"

$L' = 7,62$        $A_p = 0,258$        $P = 2,03$        $W_p = 92,88 \text{ kN}$        $\delta = 0,8 \cdot \phi$       Satuan:  $\gamma' = \text{KN/m}^3$   
 beban = 2000kN       $\sigma_v' = \text{KN/m}^2$

Tabel (5.26) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat D=20"= 0,508 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma_b$	$\gamma'$	$\sigma_v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma_v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1,9	1,9	Pasir halus	15	17,8	9,4	33,82	29,6			0,4386	81,409				
1,9-2,5	0,6	2,5	Pasir halus	15	17,8	9,4	5,64	29,6			0,4386	25,708				
2,5-7,62	5,12	7,62	Pasir sedang	16,13	19,4	9,03	46,23	30,7	28,6		0,4573	219,38				
7,62-15	7,38	15	Pasir sedang	16,13	19,4	9,03	46,23	30,7	28,6		0,4573	632,42				
						$\Sigma \sigma_v' =$	85,69			632	$\Sigma \sigma_v' \cdot \Delta L =$	958,91	891	1523	609,37	3,2821
															Terpakai	4,0

Keterangan:

Tiang segiempat D=24"

L' = 9.144

Ap = 0.372

P = 2.44

Wp = 133,92kN

$\delta = 0,8 \cdot \phi$  Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$

beban = 2000kN

$\sigma v' = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.27) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 24"= 0,6096 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma d$	$\gamma b$	$\gamma'$	$\sigma v'$	$\phi$	Nq	Qp	$\tan \delta$	$\sigma v' \cdot \Delta L$	Qs	Qult	Qall	Jumlah
0-1,9	1.9	1.9	Pasir halus	15	17.8	9.4	33.82	29.6			0.4386	94.483				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir halus	15	17.8	9.4	5.64	29.6			0.4386	29.837				
2,5-9,144	6.644	9.144	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	60	30.7	28.6		0.4573	330.39				
9.144-15	5.856	15	Pasir sedang	16.13	19.4	9.03	60	30.7	28.6		0.4573	582.41				
						$\Sigma \sigma v' =$	99.46			1058	$\Sigma \sigma v' \cdot \Delta L =$	1037.1	1157	2215	886.172	2.2569
															Terpakai	3.0



Keterangan: Tiang bulat D=20"      2.3Ks= 0.67      L' (m)= 7.62      Ap (m)= 0.203      P (m)= 1.6      Wp (kN)= 73.08

Tabel (5.29) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 20"= 0.508 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	tanah	γd (kN/m <sup>3</sup> )	γb (kN/m <sup>3</sup> )	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	φ	tanδ	σv' (kN/m <sup>2</sup> )	σv'.ΔL	Metode a		Metode b	
											Pall (kN)	Pgall	Pall (kN)	Pgall
0-1,9	1.9	1.9	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	33.82	81.409				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	5.64	25.708				
2,5-7,62	5.12	7.62	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	46.2336	219.38				
7,62-15	7.38	15	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	46.2336	632.42				
								Σσv'=	85.6936	958.91	198.443	992.22		2.032

Es= 3.75      Jml tiang= 5      δ = 0.8.φ

lg (m)	A1(m <sup>2</sup> )	A2(m <sup>2</sup> )	h1(m)	h2(m)	h (m)	Ws (kN)	Pgall	Terpakai
2.032	101.44518	4.129024	15	3.792	18.792	5685.2336	1516.1	992.217

Keterangan: Tiang bulat D=24"      2/3Ks= 0.67      L' (m)= 9.144      Ap (m)<sup>2</sup>= 0.292      P (m)= 1.915      Wp (kN)= 105.12

Tabel (5.30) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 24"= 0.6096 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	tanah	γd (kN/m <sup>3</sup> )	γb (kN/m <sup>3</sup> )	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	φ	tanδ	σv' (kN/m <sup>2</sup> )	σv'.ΔL	Metode a		Metode b	
											Pall (kN)	Pgall	Pall (kN)	Pgall
0-1,9	1.9	1.9	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	33.82	94.483				
1.9-2,5	0.6	2.5	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	5.64	29.837				
2,5-9,144	6.644	9.144	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	59.99532	330.39				
9,144-15	5.856	15	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	59.99532	582.41				
								Σσv'=	99.45532	1037.1	267.402	802.21	2.4384	

Fs= 3.75      Jml tiang= 3      δ = 0.8.φ

lg (m)	A1(m <sup>2</sup> )	A2(m <sup>2</sup> )	h1(m)	h2(m)	h (m)	Ws (kN)	Pgall	Terpakai
2.4384	109.79687	5.9457946	15	4.55	19.55	6373.2582	1699.5	802.206

Keterangan: Tiang segitiga D=16"      2:3Ks= 0.67      L' (m)= 6.1      Ap (m)= 0.072      P (m)= 1.2192      Wp (kN)= 25.92

Tabel (5.31) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga D= 16"= 0.4064 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	tanah	γd (kN/m <sup>3</sup> )	γb (kN/m <sup>3</sup> )	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	φ	tanδ	σv' (kN/m <sup>2</sup> )	σv'.ΔL	Metode a		Metode b
											Pall (kN)	Pgall	
0-1,9	1.9	1.9	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	33.82	68.335			
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	5.64	21.58			
2,5-6,096	3.596	6.096	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.7	0.4573	32.47188	129.33			
6,096-15	8.904	15	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.7	0.4573	32.47188	640.48			
								Σσv'=	71.93188	859.73	111.566	892.53	2.51805

Fs= 3.75      Jml tiang= 8      δ = 0,8.φ

lg (m)	A1(m <sup>2</sup> )	A2(m <sup>2</sup> )	h1(m)	h2(m)	h (m)	Ws (kN)	Pgall	Terpakai
2.8448	114.92231	7.1633612	15	5.31	20.308	6903.6338	1841	892.532

Keterangan: Tiang segitiga  $D=20"$   $2/3K_s=0.67$   $I'(m)=7.62$   $A_p(m)=0.112$   $P(m)=1.524$   $W_p(kN)=40.32$

Tabel (5.32) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=20"$  pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$ ( $kN/m^3$ )	$\gamma_b$ ( $kN/m^3$ )	$\gamma'$ ( $kN/m^3$ )	$\phi$	tan $\delta$	$\sigma_v'$ ( $kN/m^2$ )	$\sigma_v' \cdot \Delta L$	Metode a		Metode b	
											Pall (kN)	Pgall	Pall (kN)	Pgall
0-1,9	1.9	1.9	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	33.82	81.409				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	5.64	25.708				
2,5-7,62	5.12	7.62	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.7	0.4573	46.2336	219.38				
7,62-15	7.38	15	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.7	0.4573	46.2336	632.42				
								$\Sigma \sigma_v' =$	85.6936	958.91	159.729	958.37		2.032

$F_s=3.75$   $Jml\ tiang=6$   $\delta=0.8 \cdot \phi$

lg (m)	A1(m <sup>2</sup> )	A2(m <sup>2</sup> )	h1(m)	h2(m)	h (m)	Ws (kN)	Pgall	Terpakai
3.556	116.79491	7.225792	15	6.64	21.635	7454.2354	1987.8	958.372

Keterangan: Tiang segitiga D=24"      2.3Ks= 0.67      I' (m)= 9.14      Ap (m)= 0.161      P (m)= 1.83      Wp (kN)= 57.46

Tabel (5.33) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga D= 24"= 0.6096 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	tanah	γd (kN/m <sup>3</sup> )	γb (kN/m <sup>3</sup> )	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	φ	tanδ	σv' (kN/m <sup>2</sup> )	σv'.ΔL	Metode a		Metode b	
											Pall (kN)	Pgall	Pall (kN)	bg (m)
0-1.9	1.9	1.9	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	33.82	94.483				
1.9-2.5	0.6	2.5	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	5.64	29.837				
2.5-9.144	6.644	9.144	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.7	0.4573	59.99532	330.39				
9.144-15	5.856	15	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.7	0.4573	59.99532	582.41				
								Σσv'=	99.45532	1037.1	212.539	850.16	850.16	2.4384

Fs= 3.75      Jml tiang= 4      δ = 0.8.φ

lg (m)	A1(m <sup>2</sup> )	A2(m <sup>2</sup> )	h1(m)	h2(m)	h (m)	Ws (kN)	Pgall	Terpakai
2.4384	109.79687	5.9457946	15	4.55	19.55	6373.2582	1699.5	850.155

Keterangan: Tiang segitempat D=20"

2/3Ks= 0.67

L' (m)= 7.62

Ap (m)= 0.258

P (m)= 2.032

Wp (kN)= 92.88

Tabel (5.35) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitempat D= 20"= 0.508 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	tanah	γd (kN/m <sup>3</sup> )	γb (kN/m <sup>3</sup> )	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	φ	tanδ	σv' (kN/m <sup>2</sup> )	Metode a			Metode b	
										σv'.ΔL	Pall (kN)	Pgall	bg (m)	
0-1,9	1.9	1.9	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	33.82	81.409				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	5.64	25.708				
2,5-7,62	5.12	7.62	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	46.2336	219.38				
7,62-15	7.38	15	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	46.2336	632.42				
								Σσv'=	85.6936	958.91	252.0916	1008.4		2.032

Es= 3.75

Jml tiang= 4

δ = 0.8.φ

lg (m)	A1(m <sup>2</sup> )	A2(m <sup>2</sup> )	h1(m)	h2(m)	h (m)	Ws (kN)	Pgall	Terpakai
2.032	101.445184	4.129024	15	3.792	18.792	5685.2336	1516.1	1008.366

Keterangan: Tiang segitiga D=24"

2/3Ks= 0.67

L' (m)= 9.144 Ap (m)= 0.372

P (m)= 2.44

Wp (kN)= 133.92

Tabel (5.36) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat D= 24"= 0,6096 m pada Tanah Pasir

Kedalaman	h (m)	Σh (m)	tanah	γd (kN/m <sup>3</sup> )	γb (kN/m <sup>3</sup> )	γ' (kN/m <sup>3</sup> )	φ	tanδ	σv' (kN/m <sup>2</sup> )	σv'.ΔL	Metode a		Metode b	
											Pall (kN)	Pgall	Pall (kN)	Pgall
0-1,9	1.9	1.9	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	33.82	94.483				
1,9-2,5	0.6	2.5	Pasir hls	15	17.8	9.4	29.6	0.4386	5.64	29.837				
2,5-9,144	6.644	9.144	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	59.99532	330.39				
9,144-15	5.856	15	Pasir sdg	16.13	19.4	9.03	30.72	0.4573	59.99532	582.41				
								Σσv' =	99.45532	1037.1	340.6918	1022.1	2.4384	

Fs= 3.75

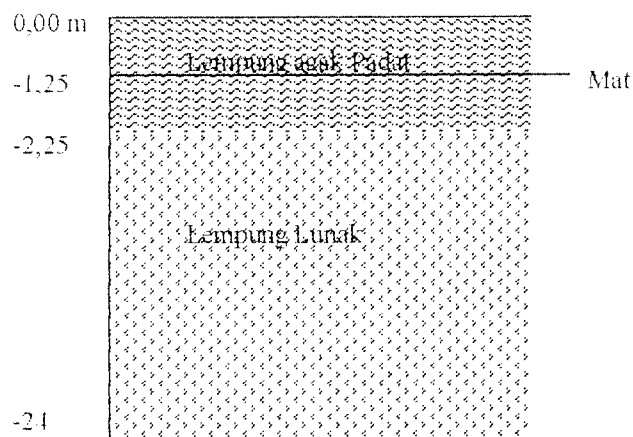
Jml tiang= 3

δ = 0.8.φ

lg (m)	A1(m <sup>2</sup> )	A2(m <sup>2</sup> )	h1(m)	h2(m)	h (m)	Ws (kN)	Pgall	Terpakai
2.4384	109.796867	5.9457946	15	4.55	19.55	6373.2582	1699.5	1022.075

### 5.8 Data Tanah Lempung Homogen

Data tanah diambil dari laporan hasil uji tanah yang dilakukan oleh laboratorium Mekanika Tanah Fakultas Teknik Universitas Semarang untuk proyek Rencana Kampus Universitas Semarang( data terlampir). Dari data yang dipakai yaitu data bor B I dan data sondir S1 menunjukkan bahwa: muka air berada pada kedalaman 1,25 m di bawah muka tanah.



Gambar 5.6.. Sketsa Lapisan Tanah Lempung Homogen

Adapun data tanah tiap lapisan seperti gambar di atas adalah sebagai berikut :

**Lapisan 1:**  $n = 0,4765$

$$\gamma_d = 1,0765 \text{ t/m}^3 = 10,765 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_b = 1,55 \text{ t/m}^3 = 15,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_s = 0,553 \text{ t/m}^3 = 5,53 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 0,915$$

$$G_s = 2,058$$

$$Su = 96 \text{ kN/m}^2$$

**Lapisan 2:**  $n = 0,50325$

$$\gamma_d = 1,1025 \text{ t/m}^3 = 11,025 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_b = 1,624 \text{ t/m}^3 = 16,24 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_s = 0,624 \text{ t/m}^3 = 6,24 \text{ kN/m}^3$$

$$e_o = 1,0305$$

$$G_s = 2,2495$$

$$Su = 24 \text{ kN/m}^2$$

### 5.9 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang pada Tanah Lempung

Dalam perhitungan awal ini digunakan bentuk pondasi tiang adalah bulat dengan ukuran sebesar  $16'' = 0,4064 \text{ m}$  (luas( $A_p$ ) =  $0,25 \cdot \pi \cdot (0,4064)^2 = 0,13$



m<sup>2</sup> dan Keliling (P) =  $\pi \cdot 0,4064 = 1,277$  m, dengan memasukkan beban statis per kolom sebesar 200 t = 2000 kN.

### 5.9.1 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Individu

Untuk pondasi tiang pancang tunggal dengan diameter ( $\phi$ ) = 16" = 0,4064 m pada kedalaman 15m (terletak pada lapisan tanah 2 = Lempung lunak) akan diperoleh hasil perhitungan dari komponen penyusun daya dukung pondasi dalam sebagai berikut :

#### 1. Daya dukung ujung tiang ( *End Bearing Pile* )

Dengan persamaan ( 3.6) Maka daya dukung ujung ( $Q_p$ ) pada tanah lempung:

$$Q_p = A_p \cdot (c \cdot N_c^* + q \cdot N_q^*)$$

$$\text{Tanah lempung : } \phi = 0 \quad q \cdot N_q^* \approx \text{kecil} \quad ; \quad N_c^* = 9 \text{ (lampiran 2)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } Q_p &= A_p \cdot 9 \cdot S_u \\ &= 0,13 \cdot 9 \cdot 24 \\ &= 28,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### 2. Daya dukung gesekan sepanjang badan tiang ( *Skin Friction Pile* )

Lapisan tanah sampai dengan kedalaman 15 m terdiri atas tanah lempung padat dan tanah lempung lunak (sesuai dengan gambar) maka rumus yang digunakan adalah rumus untuk tanah lempung sesuai dengan masing-masing lapisan.

Kedalaman efektif ( $L_e$ ) =  $L - (3 \text{ s/d } 5 \text{ ft, dan dipakai } 1,25 \text{ m})$ , maka  $L_e$  dipakai = 15 m - 1,25 m. Untuk itu tanah sampai kedalaman 1,25m tidak diperhitungkan. Berdasarkan substitusi persamaan (3.12) pada persamaan (3.11) daya dukung gesek selimut dapat dihitung :

Lapisan 1 :

Dengan menggunakan metode  $\alpha$  Untuk nilai  $S_u = 96 \text{ kN/m}^2$ , dari gambar (3.14) diperoleh  $\alpha = 0,50$

$$\begin{aligned} Q_{s1} &= P.L.\alpha.S_u \\ &= 1,277 \cdot 10,5 \cdot 96 \\ &= 61,296 \text{ kN} \end{aligned}$$

Lapisan 2 :

Dengan menggunakan metode  $\alpha$  Untuk nilai  $S_u = 24 \text{ kN/m}^2$ , dari gambar (3.14) diperoleh  $\alpha = 0,98$

$$\begin{aligned} Q_{s1} &= P.L.\alpha.S_u \\ &= 1,277 \cdot 12,75 \cdot 0,98 \cdot 24 \\ &= 382,9476 \text{ kN} \end{aligned}$$

Setelah nilai di atas didapatkan, maka daya dukung ultimit di hitung dengan persamaan (3.1):

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= Q_p + Q_{s1} + Q_{s2} \\ &= 28,08 + 61,296 + 382,9476 \\ &= 472,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

diambil nilai SF = 2,5 (berdasarkan tabel (3.1) ), sehingga  $Q_{all}$  didapatkan :

$$\begin{aligned} Q_{all} &= Q_{ult} / SF \\ &= 472,32 / 2,5 \\ &= 188,92 \text{ kN} \end{aligned}$$

### 5.9.2 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Nilai daya dukung untuk tiang kelompok didapatkan dari akumulasi daya dukung tiang tunggal sesuai dengan jumlah dalam satu kelompok. Beban yang bekerja ( $\Sigma Q_{all}$ ) sebesar 200 t = 2000 kN. Untuk perhitungannya adalah:

$$\Sigma Q_{all} = \Sigma \text{Tiang} \cdot Q_{all}$$

$$\Sigma \text{Tiang} = 2000 / 188,92$$

$$= 10,59 \approx \text{dipakai 11 tiang}$$

### 5.10 Perhitungan Kapasitas Tarik Tiang Pancang pada Tanah Lempung

Untuk menghitung kapasitas tarik pada tiang pancang kelompok dapat digunakan dua metode yaitu: 1) menjumlahkan kapasitas tarik dari masing-masing tiang pancang individual pada kelompok tiang, dan 2) tiang dengan memperhitungkan kontribusi berat efektif tanah.

sedangkan berat tiang adalah:

$$\begin{aligned} W_{\text{tiang}} &= A_s \cdot L \cdot \gamma_{\text{beton}} \\ &= 0,25 \cdot \pi \cdot 0,4064^2 \cdot 15,24 \\ &= 46,58 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai perbandingan antara  $S_u$  dan  $C_a$  dari gambar (3.18) maka didapatkan nilai  $C_a$  untuk masing-masing lapisan adalah:  $C_a = 57,6 \text{ kN/m}^2$  untuk lapisan 1, sedangkan untuk lapisan 2,  $C_a = 24 \text{ kN/m}^2$

Metode a.

Berat tanah ( $W_s$ ) di hitung dengan persamaan (3.54):

$$\begin{aligned} W_s &= (\bar{b}g \times \bar{l}g) \cdot L_e \cdot \gamma' \\ &= (2,82 \cdot 4,88 \cdot 1,25 \cdot 5,53) + (2,82 \cdot 4,88 \cdot 12,75 \cdot 6,24) = 1173,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka kapasitas tarik untuk tiang pancang kelompok jika di hitung dengan persamaan (3.53), adalah:

$$\begin{aligned} (P_g)_{all} &= \frac{1}{FS} \left[ 2(\bar{b} + \bar{l})L_c \cdot c_u \right] + W_p \\ &= (1/3,75) [ 2.(2,82+4,88).13,75.24 ] + 1173,75 \\ &= 2529,09 \text{ kN} \end{aligned}$$

Metode b.

Nilai di atas dibandingkan dengan perhitungan di bawah ini:

Kapasitas tarik untuk masing-masing tiang di hitung dengan persamaan(3.43):

$$\begin{aligned} P_{all} &= \frac{1}{FS} \left[ P \sum_{l=0}^{L-l_p} c_u \cdot \Delta L \right] + W_p \\ &= (1/3,75). [1,277.(57,6.1).(24.12,75)] + 46,58 \\ &= 170,40 \text{ kN} \\ (P_g)_{all} &= n.P_{all} \\ &= 11 \cdot 170,40 \\ &= 1874,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maka nilai kapasitas tarik dipakai nilai terkecil ( metode (b))yaitu: 1874,4 kN

Dengan perhitungan sesuai prosedur di atas, maka perhitungan untuk kapasitas tarik akan dilakukan untuk beberapa variasi sebagai berikut:

- Bentuk tiang yang divariasikan adalah bentuk bulat, segitiga, segiempat
- Diameter tiang yang divariasikan adalah 16", 20", dan 24"

Hasil perhitungan disusun dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Keterangan: Tiang bulat D=16"= 0,4064 m      Ap=0,13m      Le=13,75      Satuan:  $\gamma'$  =kN/m<sup>3</sup>  
 P=1,277m      Wp= 46,58kN      beban=2000kN      Su =Ca= kN/m<sup>2</sup>

Tabel (5.37) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 16"= 0,4064 m Pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	Σh (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	$\alpha$	Qs (kN)	Qp (kN)	Qullperitapis (kN)	Qall (kN)	Jumlah tiang
0-1,25	1,25	-	lp agak padat	10,77	5,53	-	-	-	-	-	-	
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10,77	5,53	96	0,5	61,296	249,6	310,896	124,3584	
2,25-15	12,75	13,75	lp lunak	11,21	6,24	24	0,98	382,947	28,08	472,32276	188,9291	10,5859815
											dipakai	11

Keterangan: Tiang bulat D=20"= 0,508 m      Ap=0,203m      Le=13,75      Satuan:  $\gamma'$  =kN/m<sup>3</sup>  
 P=1,60m      Wp= 73,08kN      beban =2000kN      Su =Ca= kN/m<sup>2</sup>

Tabel (5.38) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat D= 20"= 0,508 m pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	Σh (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	$\alpha$	Qs (kN)	Qp (kN)	Qullperitapis (kN)	Qall (kN)	Jumlah tiang
0-1,25	1,25	-	lp agak padat	10,77	5,53	-	-	-	-	-	-	
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10,77	5,53	96	0,5	76,8	175,39	252,192	100,8768	
2,25-15	12,75	13,75	lp lunak	11,21	6,24	24	0,98	479,808	43,848	600,456	240,1824	8,32700481
											dipakai	9

Keterangan: Tiang bulat  $D=24''=0,6096\text{ m}$   
 $P=1,915\text{ m}$

$A_p=0,292\text{ m}$  beba=2000kN  
 $W_p=73,08\text{ kN}$   $L_c=13,75$

Satuan:  $\gamma'=\text{kN/m}^3$   
 $S_u=C_a=\text{kN/m}^2$

Tabel (5.39) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D=24''=0,6096\text{ m}$  pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	$S_u$	$\alpha$	$Q_s$ (kN)	$Q_p$ (kN)	Qullperapis (kN)	$Q_{all}$ (kN)	Jumlah tiang
0-1,25	1,25	-	lp agak padat	10,77	5,53	-	-	-	-	-	-	
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10,77	5,53	96	0,5	91,92	252,29	344,208	137,6832	
2,25-15	12,75	13,75	lp lunak	11,21	6,24	24	0,98	574,27	63,072	729,2622	291,7049	6,856244572
											dipakai	7

Keterangan: Tiang segitiga D=16"= 0,4064 m  
 P=1,2192m

Ap=0,072m  
 Wp= 25,92kN

beban=2000kN  
 Le=13,75

Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$

Su=Ca= kN/m<sup>2</sup>

Tabel (5.40) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D= 16"= 0.4064 m pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	$\alpha$	Qs (kN)	Qp (kN)	Q <sub>ult</sub> per lapis (kN)	Q <sub>all</sub> (kN)	Jumlah tiang
0-1,25	1.25	-	lp agak padat	10.765	5.53	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10.765	5.53	96	0.5	58.522	62.208	120.7296	48.2918	-
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.205	6.24	24	0.98	365.61	15.552	439.687296	175.875	11.37171814
											dipakai	12

Keterangan: Tiang segitiga D=20"= 0,508 m  
 P=1,524m

Ap=0,112m  
 Wp= 40,32kN

beban=2000kN  
 Le=13,75

Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$

Su=Ca= kN/m<sup>2</sup>

Tabel (5.41) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga D= 20"= 0,508 m pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	$\alpha$	Qs (kN)	Qp (kN)	Q <sub>ult</sub> per lapis (kN)	Q <sub>all</sub> (kN)	Jumlah tiang
0-1,25	1.25	-	lp agak padat	10.765	5.53	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10.765	5.53	96	0.5	73.152	96.768	169.92	67.968	-
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.205	6.24	24	0.98	457.02	24.192	554.36112	221.744	9.019391548
											dipakai	10

Keterangan: Tiang segitiga  $D=24'' = 0,6096 \text{ m}$   $P=1,83 \text{ m}$   $\text{beban}=2000 \text{ kN}$   $\text{Satuan: } \gamma' = \text{kN/m}^3$   
 $A_p=0,161 \text{ m}$   $W_p=57,46 \text{ kN}$   $L_e=13,75$   $\text{Sur Ca} = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.42) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segitiga  $D = 24'' = 0,6096 \text{ m}$  pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	$S_u$	$\alpha$	$Q_s$ (kN)	$Q_p$ (kN)	$Q_{ult}$ per lapis (kN)	$Q_{all}$ (kN)	Jumlah tiang
0-1,25	1,25	-	lp agak padat	10,765	5,53	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10,765	5,53	96	0,5	87,84	139,104	226,944	90,7776	-
2,25-15	12,75	13,75	lp lunak	11,205	6,24	24	0,98	548,78	34,776	671,3964	268,559	7,447165341
											dipakai	8



Keterangan: Tiang segiempat  $D=16''= 0,4064 \text{ m}$   
 $P=1,6256 \text{ m}$

$A_p=0,165 \text{ m}$  beban  $=2000 \text{ kN}$   
 $W_p= 59,4 \text{ kN}$   $Le=13,75$

Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$

$S_u=C_a = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.43) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat  $D=16''= 0,4064 \text{ m}$  pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	$\Sigma h \text{ (m)}$	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	$S_u$	$\alpha$	$Q_s \text{ (kN)}$	$Q_p \text{ (kN)}$	$Q_{ult \text{ per lapis (kN)}}$	$Q_{all} \text{ (kN)}$	Jumlah tiang
0-1,25	1,25	-	lp agak padat	10,77	5,53	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10,77	5,53	96	0,5	78,029	142,56	220,5888	88,23552	-
2,25-15	12,75	13,75	lp lunak	11,21	6,24	24	0,98	487,48	35,64	601,153728	240,4615	8,317340086
											dipakai	9

Keterangan: Tiang segiempat  $D=20''= 0,508 \text{ m}$   
 $P=2,032 \text{ m}$

$A_p=0,258 \text{ m}$  beban  $=2000 \text{ kN}$   
 $W_p= 92,88 \text{ kN}$   $Le=13,75$

Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$

$S_u=C_a = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.44) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat  $D=20''= 0,508 \text{ m}$  pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	$\Sigma h \text{ (m)}$	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	$S_u$	$\alpha$	$Q_s \text{ (kN)}$	$Q_p \text{ (kN)}$	$Q_{ult \text{ per lapis (kN)}}$	$Q_{all} \text{ (kN)}$	Jumlah tiang
0-1,25	1,25	-	lp agak padat	10,77	5,53	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10,77	5,53	96	0,5	97,536	142,56	240,096	96,0384	-
2,25-15	12,75	13,75	lp lunak	11,21	6,24	24	0,98	609,36	35,64	742,53216	297,0129	6,733715076
											dipakai	7

Keterangan: Tiang segiempat  $D=24''=0,6096\text{ m}$        $A_p=0,372\text{ m}^2$       beban=2000KN      Satuan:  $\gamma'=\text{KN/m}^3$   
 $P=2,44\text{ m}$        $W_p=133,92\text{ KN}$        $L_e=13,75$        $S_u=C_a=\text{KN/m}^2$

Tabel (S.45) Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Bentuk segiempat  $D=24''=0,6096\text{ m}$  pada Tanah Lempung

Kedalaman	h	$\Sigma h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	$S_u$	$\alpha$	$Q_s$ (kN)	$Q_p$ (kN)	$Q_{ult\text{perlepas}}$ (kN)	$Q_{all}$ (kN)	Jumlah tiang
0-1,25	1,25	-	lp agak padat	10,77	5,53	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lp agak padat	10,77	5,53	96	0,5	117,12	321,408	438,528	175,4112	-
2,25-15	12,75	13,75	lp lunak	11,21	6,24	24	0,98	731,71	80,352	929,1792	371,6717	5,381093335
											dipakai	6

Keterangan: tiang bulat  $D = 16'' = 0,4064 \text{ m}$   $S = 3D+D$   $F_s = 3,75$   $W_p = 46,58 \text{ kN}$  Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang = 11  $Le = 13,75 \text{ m}$   $P = 1,277 \text{ m}$   $Su = Ca = \text{kN/m}^2$

Tabel (S.46) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D = 16'' = 0,4064 \text{ m}$  pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	metode a				metode b								
				$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)		
0-1,25	-	-	lmp agak pdt	10.77	5.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lmp agak pdt	10.77	5.53	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	2.83	4.88	1173.75	2529.89	24	170.40	1874.38	1874.38	1874.38	1874.38

Keterangan: tiang bulat  $D = 20'' = 0,508 \text{ m}$   $S = 3D+D$   $F_s = 3,75$   $W_p = 73,08 \text{ kN}$  Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang = 9  $Le = 13,75 \text{ m}$   $P = 1,60 \text{ m}$   $Su = Ca = \text{kN/m}^2$

Tabel (S.47) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D = 20'' = 0,508 \text{ m}$  pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	metode a				metode b								
				$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)		
0-1,25	1.25	-	lmp agak pdt	10.77	5.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,25-2,25	1	1	lmp agak pdt	10.77	5.53	96	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	4.064	4.06	1405.35	2835.883	24	228.216	2053.944	2053.944	2053.944	2053.944

Keterangan: tiang bulat  $D=24''=06096\text{m}$   
 jumlah tiang = 7

$S=3D+D$

$F_s=3,75$

$W_p=105,12\text{kN}$

Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$

$Le=13,75\text{m}$

$P=1,915\text{m}$

$S_u=C_a = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.48) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Bulat  $D=24''=0,6096\text{m}$  pada Tanah Lempung

metode a

Kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	$S_u$	bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)
0-1,25	1.25	-	Imp agak pdt	10.77	5.53	-					-			
1,25-2,25	1	1	Imp agak pdt	10.77	5.53	96					57.6			
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	4.243	4.88	1760.63	3365.681	24	290.798	2035.589	2035.5888

Keterangan: tiang segitiga  $D=16''=0,4064$  m  $S=3D+D$   $F_s=3,75$   $W_p=25,92$  kN  $\gamma' = \text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang =12  $Le=15$  m  $P=1,2192$  m  $Su=Ca = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.49) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=16''=0,4064$  m pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	metode a				metode b								
				$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)		
0-1,25	1.25	-	lmp agak pdt	10.77	5.53	-										
1,25-2,25	1	1	lmp agak pdt	10.77	5.53	96										
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	2.84	4.06	983.75	2199.70	24	144.13	1729.60			1729.60

Keterangan: tiang segitiga  $D=20''=0,508$  m  $S=3D+D$   $F_s=3,75$   $W_p=40,32$  kN  $\gamma' = \text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang =10  $Le=15$  m  $P=1,524$  m  $Su=Ca = \text{kN/m}^2$

Tabel (5.50) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=20''=0,508$  m pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	metode a				metode b								
				$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)		
0-1,25	1.25	-	lmp agak pdt	10.77	5.53	-										
1,25-2,25	1	1	lpagak pdt	10.77	5.53	96										
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	3.16	5.08	1365.829	2816.027	24	188.087	1880.87			1880.8704

Keterangan: tiang segitiga  $D=24''=0,6096\text{ m}$   $S=3D+D$   $F_s=3,75$   $W_p=57,46\text{ kN}$  Satuan:  $\gamma'=\text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang = 8  $Le=15\text{ m}$   $P=1,83\text{ m}$   $Su=Ca=\text{kN/m}^2$

Tabel (5.51) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segitiga  $D=24''=0,6096\text{ m}$  pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	metode a					metode b					
							bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)			
0-1,25	1.25	-	lmp agak pdt	10.77	5.53	-											
1,25-2,25	1	1	lpagakpdt	10.77	5.53	96											
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	3.792	4.267	1376.756	2795.124	24	234.897	1879.174	1879.174			

Keterangan: tiang segiempat  $D=16''=0,4064\text{ m}$   $S=3D+D$   $F_s=3,75$   $W_p=59,4\text{ kN}$  Satuan:  $\gamma'=\text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang =9  $Le=15\text{ m}$   $P=1,6256\text{ m}$   $Su=C_a=\text{kN/m}^2$

Tabel (5.52) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=16''=0,4064\text{ m}$  pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	metode a				metode b					
						Su	bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)	
0-1,25	1.25	-	lmp agak pdt	10.77	5.53	-									
1,25-2,25	1	1	lmp agak pdt	10.77	5.53	96					57.6				
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	2.84	2.84	688.62	1689.99	24	217.02	1953.16		1689.99

Keterangan: tiang segiempat  $D=20''=0,508\text{ m}$   $S=3D+D$   $F_s=3,75$   $W_p=92,88\text{ kN}$  Satuan:  $\gamma'=\text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang =7  $Le=15\text{ m}$   $P=2,032\text{ m}$   $Su=C_a=\text{kN/m}^2$

Tabel (5.53) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D=20''=0,508\text{ m}$  pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	metode a				metode b					
						Su	bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)	
0-1,25	1.25	-	lmp agak pdt	10.77	5.53	-									
1,25-2,25	1	1	lpagakpdt	10.77	5.53	96					57.6				
2,25-15	12.75	13.75	lp lunak	11.21	6.24	24	3.16	3.56	956.08	2138.05	24	289.90	2029.32		2029.32

Keterangan: tiang segiempat  $D = 24'' = 0,6096 \text{ m}$   $S = 3D + D$   $F_s = 3,75$   $W_p = 133,92 \text{ kN}$  Satuan:  $\gamma' = \text{kN/m}^3$   
 jumlah tiang = 6  $L_e = 15 \text{ m}$   $P = 2,44 \text{ m}$   $S_u \cdot C_a = \text{kN.m}^2$

Tabel (5.54) Kapasitas Tarik Tiang Pancang Kelompok Bentuk Segiempat  $D = 24'' = 0,6096 \text{ m}$  pada Tanah Lempung

kedalaman	h (m)	$\Delta h$ (m)	tanah	$\gamma_d$	$\gamma'$	Su	metode a				metode b				
							bg (m)	lg (m)	Ws(kN)	Pgall (kN)	Ca	Pall (kN)	Pgall (kN)	terpakai (kN)	
0-1,25	1.25	-	Imp agak pdt	10.77	5.53	-									
1,25-2,25	1	1	Ipagak pdt	10.77	5.53	96									
2,25-15	12.75	13.75	Ip lunak	11.21	6.24	24	2.44	4.27	885.37	2065.56	24	370.50	2223.01	2065.56	



## BAB VI

### PEMBAHASAN

#### 6.1 Kapasitas Daya Dukung dan Kapasitas Tarik Tiang bor

Faktor yang berpengaruh pada perhitungan kapasitas dukungnya adalah : gesekan kulit ( $Q_s$ ) dan tahanan ujung ( $Q_p$ ). Faktor yang berpengaruh pada perhitungan kapasitas tariknya adalah : Gesekan kulit ( $Q_s$ ), berat sendiri tiang ( $w_f$ ) dan kontribusi pembesaran ujung ( $P_{ub}$ ). Perhitungan masing-masing faktor tersebut akan berbeda pada jenis tanah yang berbeda.

#### 6.2 Tahap-Tahap Perhitungan dan Faktor-Faktor yang Berpengaruh

##### 6.2.1 Tahap Desain Tiang Bor

Perhitungan dimensi badan tiang bor ( $D_s$ ) adalah berdasarkan kebutuhan tulangan vertikal minimum dari beban kerjanya. Hal tersebut dilakukan terutama apabila tiang bornya adalah tiang tanpa *casing* yang permanen. Hasil desain dimensi badan tiang ( $D_s$ ) yang diperoleh akan sama pada setiap jenis tanah, karena jenis tanah tidak mempengaruhi perhitungan dimensi badan ( $D_s$ ) yang diperlukan.

Perhitungan diameter ujung ( $D_b$ ) adalah berdasarkan kebutuhan tahanan ujung ( $Q_p$ ) untuk mobilisasi secara penuh, yaitu sebesar beban luar dikurangi gesekan kulit ( $Q_s$ ) total. Hasil yang diperoleh dari desain ujung akan berbeda antara tanah pasir dan lempung karena keduanya mempunyai hitungan gesekan kulit ( $Q_s$ ) yang berbeda. Kecenderungannya akan diperlukan dimensi ujung ( $D_b$ )

yang lebih besar pada lempung karena gesekan kulit adhesi pada lempung mempunyai kecenderungan lebih kecil dibandingkan gesekan kulit pada pasir. Hasil dari perhitungan diameter ujung ( $D_b$ ) bor pada lempung perlu adanya kontrol/reduksi tahanan ujungnya untuk menjaga penurunan yang terjadi agar masih dalam batas toleransi.

### 6.2.2 Faktor Gesekan Kulit ( $Q_s$ )

1. **Tiang Bor pada Tanah Pasir.** Kapasitas gesekan kulitnya sangat tergantung dari asumsi pada pengambilan nilai koefisien tekanan tanah ( $K$ ) dan sudut gesek tiang tanah ( $\delta$ ), yang keduanya tergantung dari metode konstruksi yang dipakai. Pengaruh tinggi muka air tanah juga mempengaruhi gesekan kulit pada pasir karena hal tersebut mempengaruhi nilai tegangan efektif tanah. Hal tersebut dapat dilihat dari hitungan yang telah dilakukan yaitu pada tanah campuran dan pasir homogen yang mempunyai perbedaan tinggi muka air tanah.

Pemakaian gesekan kulit pada pasir terdapat perbedaan antara perhitungan daya dukung dan kapasitas tariknya. Pada perhitungan kapasitas tarik yang telah dilakukan, gesekan kulitnya diabaikan karena rasio kedalaman-diameter ujungnya ( $L/D_b$ ) kurang dari  $(L/D_b)_{critic}$ .

2. **Tiang Bor pada Tanah Lempung.** Gesekan kulit ( $Q_s$ ) pada tiang bor tergantung dari asumsi pada pengambilan nilai koefisien adhesi tekan ( $\alpha^*$ ) maupun koefisien adhesi tarik ( $\alpha'$ ) yang dipakai.

### 6.2.3 Faktor Tahanan Ujung ( $Q_p$ )

Tahanan ujung yang dimiliki tiang bor dengan pembesaran ujung cukup besar dibandingkan dengan gesekan kulitnya. Pada perhitungan yang telah dilakukan tahanan ujung mencapai  $\pm 80\%$  dari beban total dari kapasitas daya dukungnya. Pada perhitungan kapasitas tarik tahanan ujung (*point bearing*) tidak terjadi, namun terdapat kontribusi pembesaran ujung yang perhitungannya berbeda untuk masing-masing jenis tanah.

### 6.3 Kapasitas Tarik Tiang Bor

Pada perhitungan kapasitas tarik pada tanah pasir yang telah dilakukan, peningkatan kapasitas tariknya ( $P_{au}$ ) hanya tergantung dari peningkatan berat sendiri ( $w_f$ ) tiang. Gesekan kulitnya tiang ( $Q_s$ ) diabaikan untuk tiang yang dengan rasio kedalaman-diameter ujungnya ( $L/D_b$ ) kurang dari  $(L/D_b)_{critic}$ , sedangkan kontribusi ujung terhadap tarik pada tanah pasir ( $P_{ub}$ ) hanya tergantung dari besar dimensi ujung ( $D_b$ ). Dalam perhitungan dipakai diameter yang sama maka  $P_{ub}$  akan konstan/tetap (tabel 4.22 ~ 4.26).

Peningkatan diameter badan tiang ( $D_s$ ) akan mengurangi besarnya kontribusi ujung ( $P_{ub}$ ) pada tanah lempung, akan tetapi penurunan kontribusi ujung ( $P_{ub}$ ) tidak berarti menurunnya kapasitas tarik ( $P_{au}$ ), seperti pada tabel 4.32 ~ 4.36. Hal tersebut disebabkan karena pada tanah lempung tidak memperhatikan rasio kedalaman-diameter ujungnya ( $L/D_b$ ) yang berakibat diabaikannya gesekan kulit/adhesi seperti pada tanah pasir.

#### 6.4 Kapasitas Tarik Tiang Kelompok

Perhitungan kapasitas tarik tiang pancang kelompok pada ketiga data tanah (tanah campuran, tanah pasir dan tanah lempung) digunakan rumus kapasitas tarik sesuai dengan jenis tanahnya. Khusus pada tanah campuran perhitungan kapasitas tarik mempergunakan rumus pada tanah pasir, karena tanah campuran sampai dengan kedalaman 15 m lebih banyak didominasi oleh tanah pasir (dari kedalaman 15 m, yang merupakan tanah pasir adalah sepanjang 10 m).

Untuk mendapatkan perbandingan yang lebih kompetitif, perhitungan kapasitas tarik tersebut divariasikan bentuk tiang bulat, segitiga, segiempat dengan besar diameter 16", 20", dan 24", dengan beban kerja sebesar 200 t = 2000 kN. Kapasitas tarik yang optimal selain ditentukan oleh besarnya tiang, juga dipengaruhi oleh jumlah tiang, luasan serta keliling dari masing-masing tiang individu.

Hal di atas selalu berkaitan erat antara ketiganya, sehingga diharapkan suatu perhitungan kapasitas tarik pada tiang kelompok dengan bentuk, diameter dan jumlah tiang dalam kelompok yang optimal.

##### 6.4.1 Pengaruh Jumlah Tiang Terhadap Kapasitas Tarik

Jumlah tiang dalam kelompok tiang pancang didapat berdasarkan perhitungan daya dukung tiang individu yang kemudian diberlakukan beban kerja sebesar 200 t = 2000 kN.

Jumlah tiang dalam tiang pancang kelompok sangat berpengaruh terhadap nilai kapasitas tariknya, karena dari hasil perhitungan didapatkan bahwa kapasitas tarik terpakai adalah dari nilai kapasitas tarik tiang individu yang dikalikan

dengan jumlah tiang, sehingga jumlah tiang sangat menentukan besar kecilnya nilai kapasitas tarik. Hal tersebut berlaku pada ketiga jenis tanah (tanah campuran, pasir dan lempung).

Hasil perhitungannya digrafikkan seperti pada gambar (6.17) untuk tanah campuran, gambar (6.5) untuk tanah pasir, dan gambar (6.12) untuk tanah lempung.

#### **6.4.2 Pengaruh Luasan Tiang Individu Terhadap Kapasitas Tarik**

Dari penabelan kapasitas tarik untuk semua jenis tanah, didapatkan bahwa bentuk segiempat dari semua variasi bentuk dengan dimensi yang berlainan memiliki kapasitas tarik yang lebih besar.

Hal tersebut didasarkan pada persamaan (3.14) pada tanah lempung dan persamaan (3.17) pada tanah pasir untuk mencari daya dukung tahanan ujung ( $Q_p$ ), sehingga hasil perhitungan daya dukung tiang individu menjadi lebih besar dan jumlah tiang lebih sedikit. Namun demikian bukan berarti kapasitas tariknya menjadi kecil.

Karena didasarkan pada nilai kapasitas tarik terpakai dalam penabelan, bahwa perhitungan kapasitas tarik tunggal pada persamaan (3.41) untuk tanah lempung dan persamaan (3.42) untuk tanah pasir besarnya dipengaruhi oleh berat tiang, maka semakin besar luasan tiang berat tiangpun bertambah.

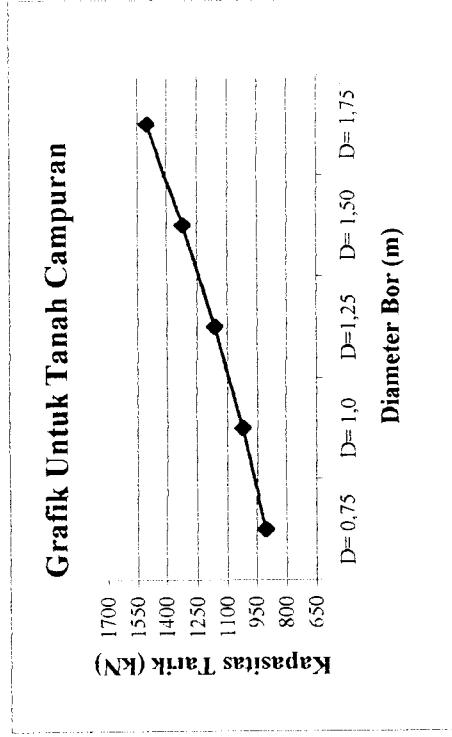
#### **6.4.3 Pengaruh Keliling Tiang Individu terhadap Kapasitas Tarik**

Seperti halnya dengan pengaruh luas pada kapasitas tarik, maka kapasitas tarik dari penabelan untuk semua jenis tanah, didapatkan bahwa bentuk segiempat mempunyai kapasitas tarik lebih besar, karena kelilingnya juga lebih besar.

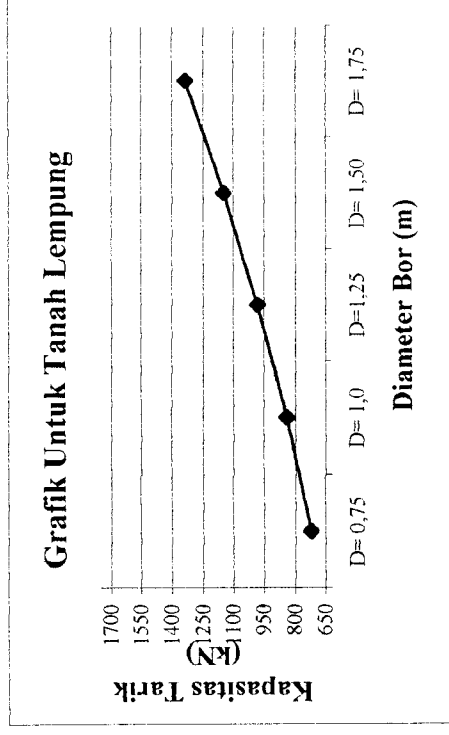
Berdasarkan persamaan (3.42) untuk tanah lempung dan hasil substitusi dari persamaan (3.8) pada persamaan (3.7) dalam mencari kapasitas tahanan gesek( $Q_s$ ), sehingga perhitungan daya dukung menjadi lebih besar dan jumlah tiang lebih sedikit.

Berdasarkan nilai kapasitas tarik terpakai dalam penabelan, maka kapasitas tarik dari persamaan (3.41) untuk tanah lempung dan persamaan (3.42) untuk tanah pasir juga dipengaruhi oleh besar kecilnya keliling tiang individu.

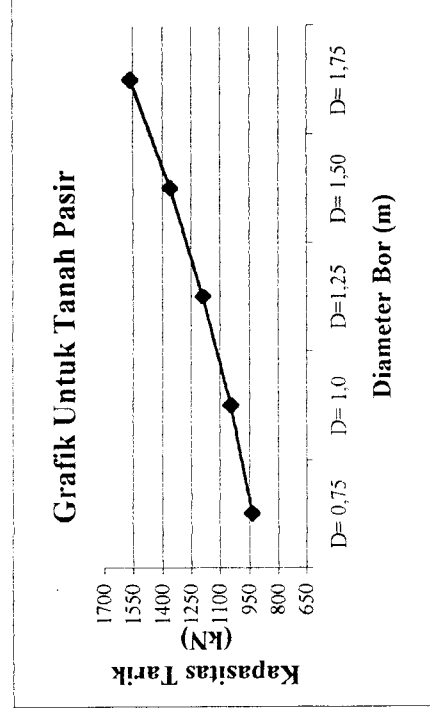
Pengaruh-pengaruh di atas pada ketiga bentuk, ukuran tiang dan jenis tanah yang berbeda, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar- gambar grafik di bawah:



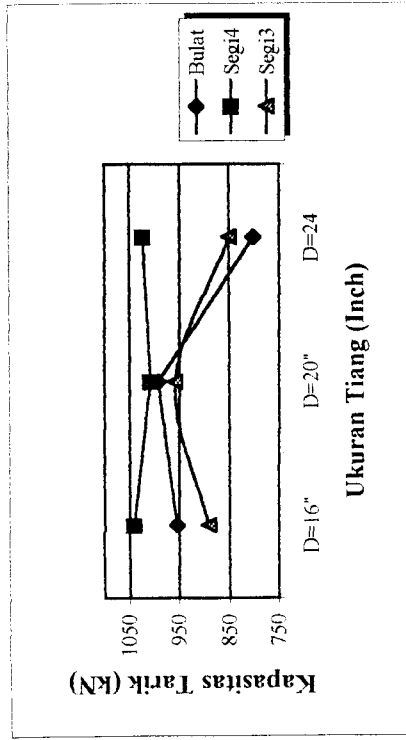
Gambar 6.1 Kapasitas Tarik Untuk Tiang Bor Pada Tanah Campuran



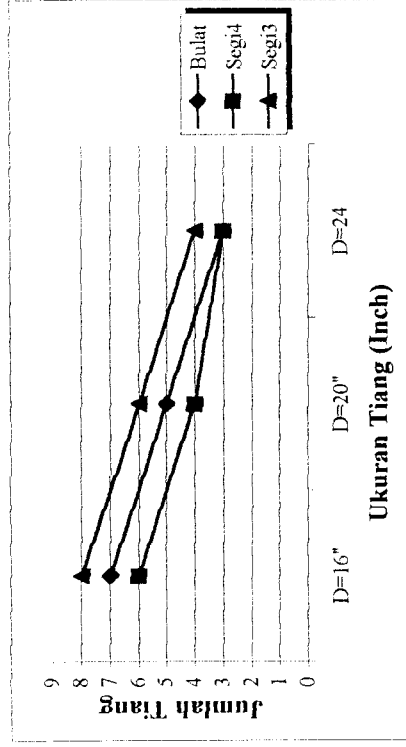
Gambar 6.3 Kapasitas Tarik Tiang Bor pada Tanah Lempung



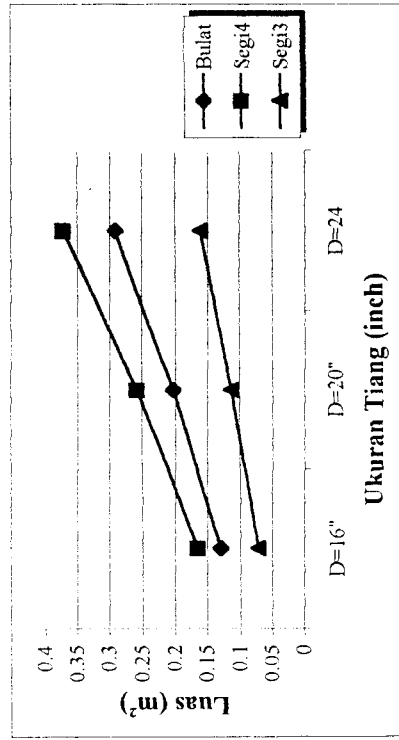
Gambar 6.2 Kapasitas Tarik Tiang Bor pada Tanah Pasir



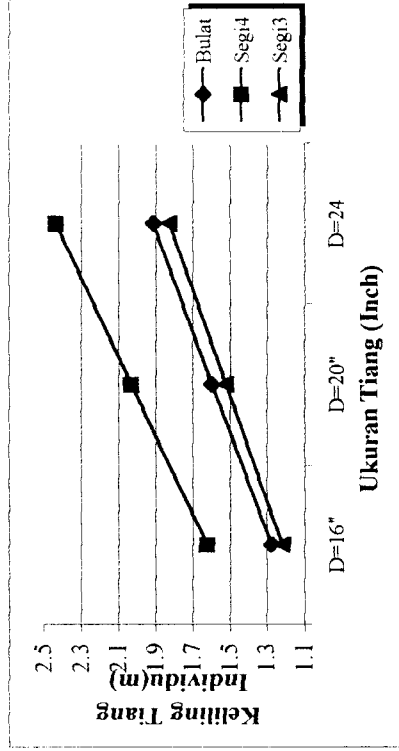
**Gambar 6.4** Grafik Kapasitas Tarik pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Pasir



**Gambar 6.5** Grafik Jumlah Tiang pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Pasir

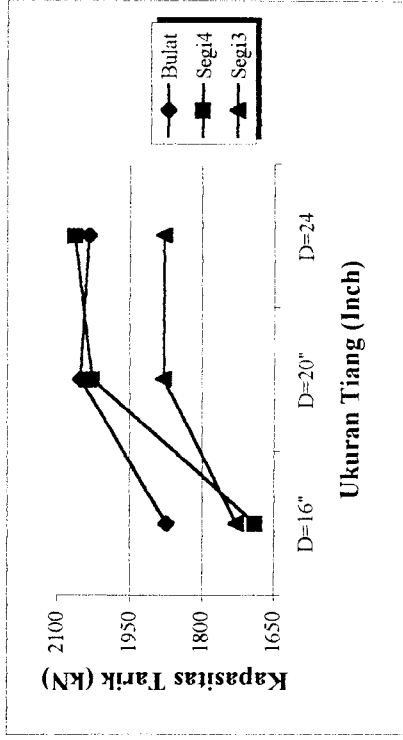


**Gambar 6.6** Grafik Luasan Tiang pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Pasir

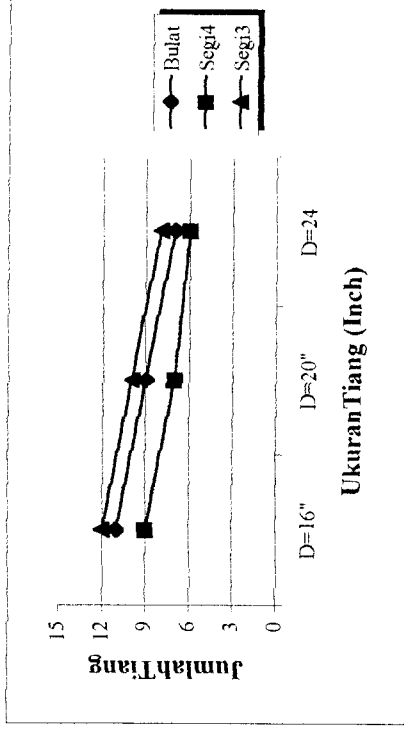


**Gambar 6.7** Grafik Keliling Tiang pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Pasir

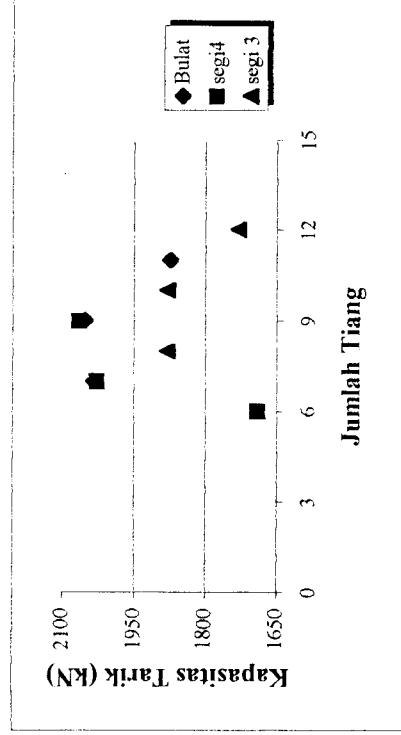




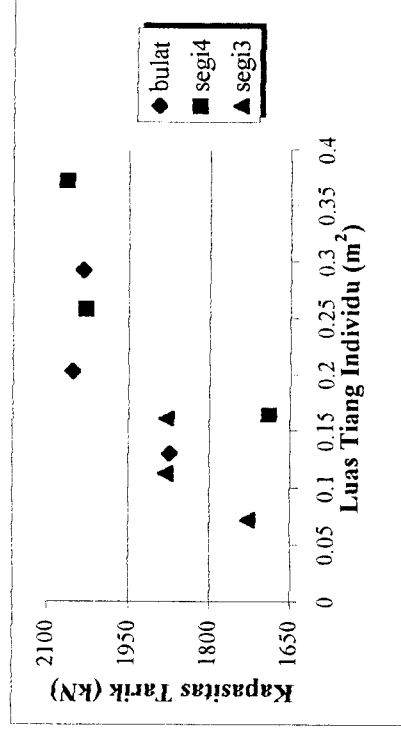
Gambar 6.11 Grafik Kapasitas Tarik pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Lempung



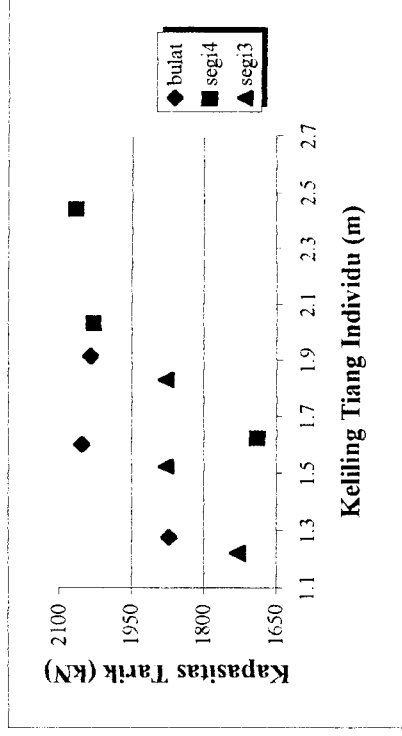
Gambar 6.12 Grafik Jumlah Tiang pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Lempung



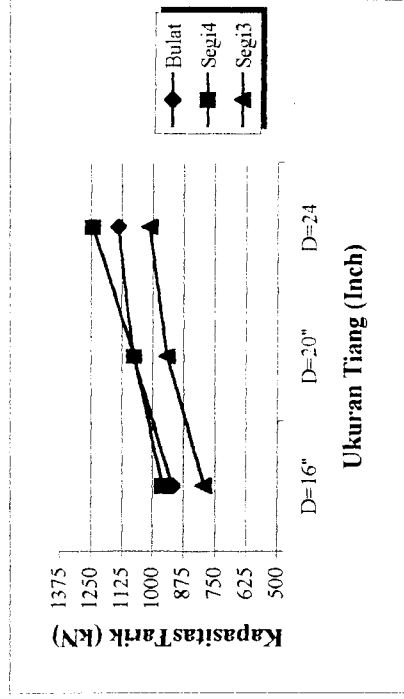
Gambar 6.13 Grafik Pengaruh Jumlah Tiang terhadap Kapasitas Tarik pada Tanah Lempung



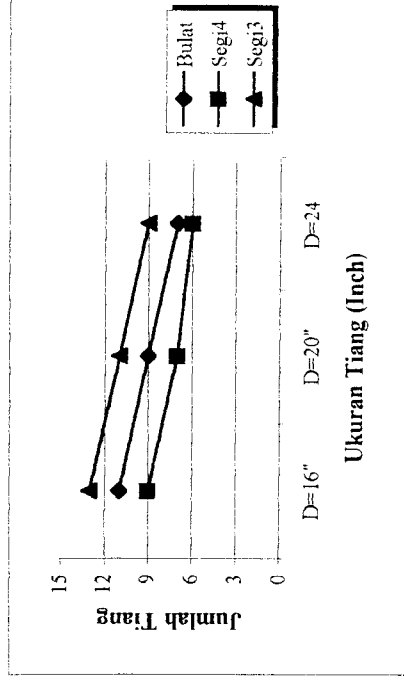
Gambar 6.14 Grafik Pengaruh Luasan Tiang terhadap Kapasitas Tarik pada Tanah Lempung



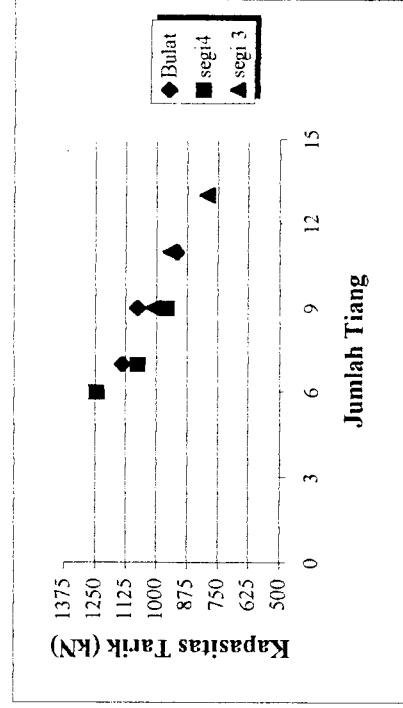
**Gambar 6.15** Grafik Pengaruh Keliling Tiang terhadap Kapasitas Tarik pada Tanah Lempung



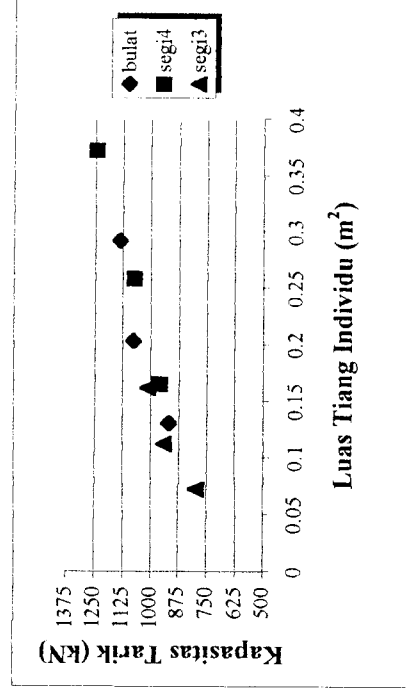
**Gambar 6.16** Grafik Kapasitas Tarik pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Campuran



**Gambar 6.17** Grafik Jumlah Tiang pada Tiang Pancang Kelompok untuk Tanah Campuran



**Gambar 6.18** Grafik Pengaruh Jumlah Tiang terhadap Kapasitas Tarik pada Tanah Campuran



**Gambar 6.19** Grafik Pengaruh Luasan Tiang terhadap Kapasitas Tarik pada Tanah Campuran

## **BAB VII**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Dari hasil analisis/pembahasan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Kapasitas tarik tiang bor dengan pembesaran ujung, secara umum, tergantung dari tahanan kulit ( $Q_s$ ), berat tiang ( $W_f$ ) dan kontribusi pembesaran ujungnya ( $P_{ub}$ ).

2. Tahanan kulit ( $Q_s$ ) pada pembebanan tarik tidak sama besarnya dengan pembebanan desak karena terdapat perbedaan pada luas efektif lekatan dan pada tanah lempung penggunaan koefisien adhesi ( $\alpha$ ) dibedakan diantara keduanya.

3. Kontribusi ujung tiang pada tanah pasir akan lebih besar daripada kontribusi pembesaran ujung pada tanah lempung.

4. Pada tanah pasir, kontribusi ujungnya lebih besar dibandingkan dengan berat tiang., sehingga dapat disimpulkan kapasitas tariknya ditentukan oleh kontribusi pembesaran ujungnya ( $P_{ub}$ ).

5. Pada tanah lempung, kapasitas tariknya dipengaruhi oleh ketiga faktor secara bersama-sama yaitu : berat tiang ( $W_f$ ), gesekan kulit/adhesi ( $Q_s$ ) dan kontribusi pembesaran ujung ( $P_{ub}$ ). Tiang Bor dengan dimensi yang sama, kontribusi ujungnya lebih kecil dibandingkan pada tanah pasir.

6. Pada pemakaian tiang pancang kelompok, kapasitas tarik terbesar adalah tiang bentuk segiempat dibandingkan bentuk lain dengan ukuran yang sama. Hal tersebut dikarenakan keliling penampangnya lebih besar dibandingkan bentuk yang lainnya.

7. Faktor yang sangat berpengaruh dalam peningkatan kapasitas tarik tiang pancang kelompok adalah jumlah tiang, luas dan keliling penampang tiang individu. Seperti yang telah dijelaskan pada pembahasan bahwa ketiganya saling berkaitan erat dalam kontribusinya terhadap peningkatan kapasitas tarik kelompok tiang pancang.

## 7.2 Saran

1. Agar didapatkan nilai kapasitas tarik yang optimum, pemakaian tiang pancang sebaiknya digunakan tiang pancang bentuk segiempat.
2. Di lapangan, pemilihan metode konstruksi yang tepat pada tiang bor sangat diperlukan untuk menghasilkan pondasi dengan daya dukung dan nilai kapasitas tarik yang maksimum.
3. Pada perhitungan daya dukung dan kapasitas tarik, penentuan nilai koefisien tekanan lateral ( $K$ ), sudut gesek tanah dengan tiang ( $\delta$ ) dan koefisien adhesi ( $\alpha$ ) harus tepat, disesuaikan dengan pelaksanaan di lapangan ataupun dengan asumsi yang wajar.
4. Pada tiang bor dengan pembesaran ujung terdapat pengabaian gesekan kulitnya, hal tersebut hendaknya diperhatikan dan disesuaikan dengan pelaksanaan di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- , 1987, Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung, Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Bandung.
- , 1991, Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (SK SNI T-15-1991-03), Penerbit Yayasan LPMB DPU, Bandung.
- , 1996, Penduan Praktikum Mekanika Tanah, Laboratorium Mekanika Tanah FTSP Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- AHMAD ANTONO, 1986, Teknologi Beton, Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.
- BOWLES J. E. 1983, 1991, Analisa dan Desain Pondasi (Jilid 1 dan 2) Penerbit Erlangga, Jakarta.
- BOWLES J.E., 1984, Physical and Geotechnical Properties of Soil, Mc Graw-Hill, Jepang
- CODUTO P. DONALD, 1994, Foundation Design: Principles and Practices, Penerbit Prentice Hall International, Inc. New Jersey, Amerika Serikat.
- DARUSLAN, 1994, Mekanika Tanah (Jilid I dan II), Penerbit KMTS UGM, Yogyakarta.
- DAS M. BRAJA, 1985, Advanced Soil Mechanic, Penerbit Mc Graw-Hill Book Co. Singapura.
- DAS M. BRAJA., 1990, Principles of Foundation Engineering, Penerbit PWS-KENT Publishing Company, Boston.



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL  
 Jl. Kaliurang Km. 14,4 Telp. 95330 Yogyakarta



**KARTU PESERTA TUGAS AKHIR**

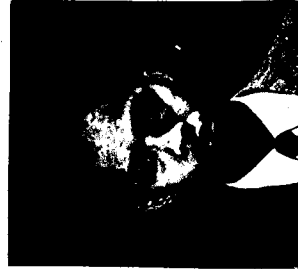
No.	Nama	No. Mhs.	N.I.R.M.	Bidang Studi
1.	RIO BAHTIANAN SAKTI	94 310 217		STRUKTUR
2.	CHOLIS RAFI I	94 310 156		STRUKTUR

JUDUL TUGAS AKHIR : ..... KAJIAN FONDASI KONSTRUKSI SARANG LABA LABA UNTUK BANGUNAN GELOMBUNG TINGKAT MENENGAH PADA TANAH DAYA LUK-  
 NG RENDAH:.....

Dosen Pembimbing I : DR. IR. EDY PUPWANTO, CES DEA  
 Dosen Pembimbing II : IR. IENU SUDARHADI, MS

1

2



Yogyakarta, 05 Oktober 1998  
 Adekan,  
 Ketua Jurusan Teknik Sipil.

*(Signature)*

IR. H. TAJUDDIN EMA., MS

**DATA TANAH PROYEK PERKANTORAN  
BANK INDONESIA GEDUNG C JAKARTA**



Adapun data tanah tiap lapis seperti gambar di atas adalah sebagai berikut

ini.

Lapisan 1 :  $c = 3,4 \text{ t/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,64 \text{ t/m}^3$$

$$e_0 = 1,96$$

$$P_0 = 0,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 2,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,987$$

Lapisan 2 :  $c = 2,7 \text{ t/m}^2$

$$\phi = 12^\circ$$

$$\gamma_b = 1,298 \text{ t/m}^3$$

$$e_0 = 0,43$$

$$P_0 = 0,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,450$$

Lapisan 3 :  $c = 2,5 \text{ t/m}^2$

$$\phi = 16^\circ 30'$$

$$\gamma_b = 1,465 \text{ t/m}^3$$

$$e_0 = 3,32$$

$$P_0 = 0,817 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 0,420 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,756$$

Lapisan 4 :  $c = 10,4 \text{ t/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\gamma_b = 1,77 \text{ t/m}^3$$

$$e_0 = 1,065$$

$$P_0 = 1,656 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 3,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,477$$

Lapisan 5 :  $c = 3,4 \text{ t/m}^2$

$$\phi = 0^\circ$$

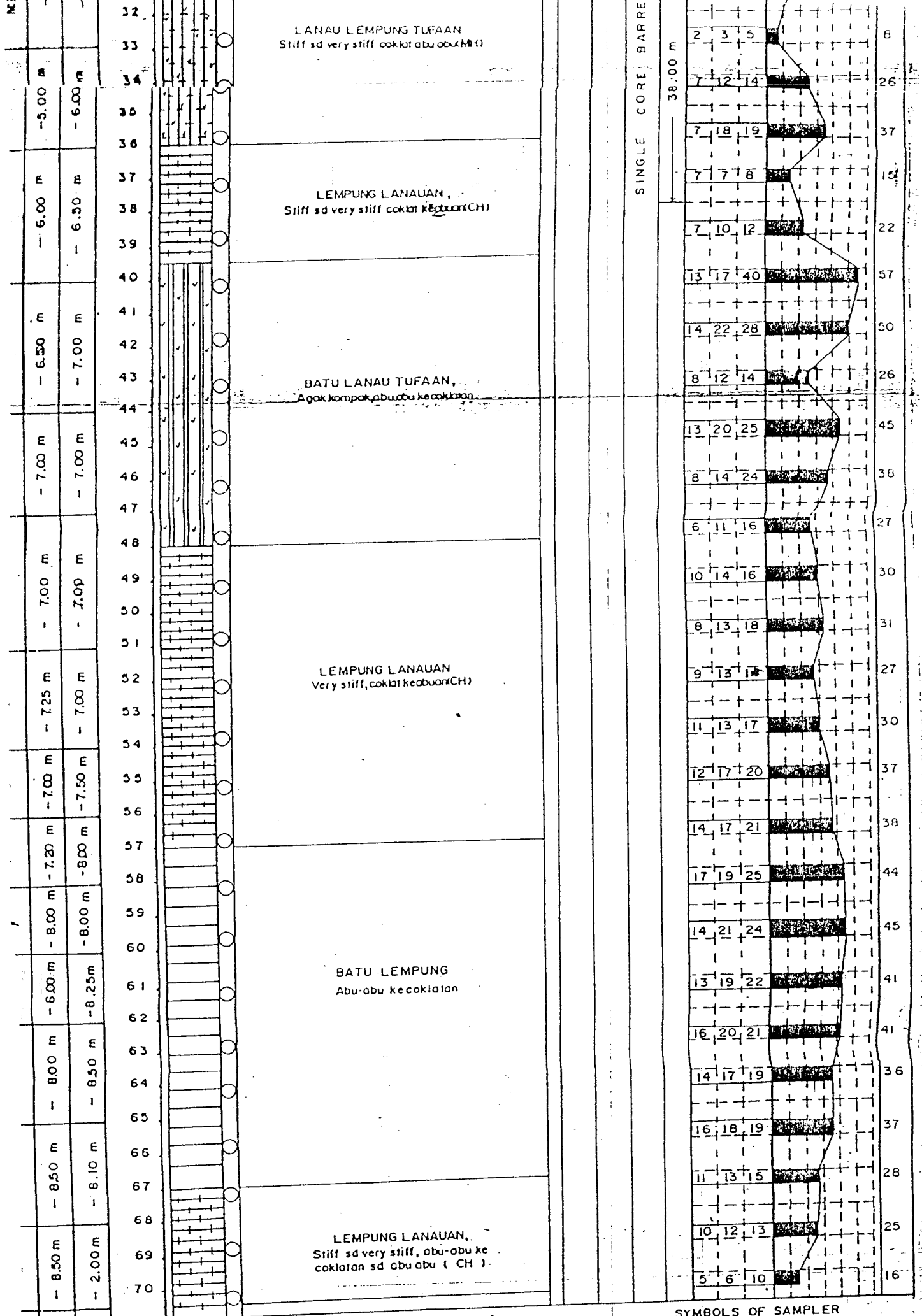
$$\gamma_b = 1,64 \text{ t/m}^3$$

$$e_0 = 1,96$$

$$P_0 = 0,263 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_c = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_s = 2,987$$






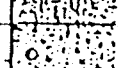



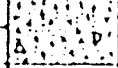




**SYMBOLS OF SAMPLER**

- Undisturbed Sampler
- Split spoon Sampler

**DATA TANAH PROYEK PENGEMBANGAN  
KAMPUS “ISI” YOGYAKARTA**

P R O Y E K : I E N G E M B A N G A N G E D U N G " I S I "  
 L O K A S I : J A L A N P A R A N G T R I T I S Y O G Y A K A R T A  
 T A N G G A L : 2 2 M A R E T 1 9 9 6  
 C U A C A : B E R A W A N  
 M U K A A I R T A N A H : - 1 , 9 0 M  
 E L E V A S I : T I T I K P A T O K P . 6  
 B O R N O . : B . I

Kedalaman.	Profil Bor.	Deskripsi.	Keterangan.
0,0		- Muka tanah	
0,5			
1,0			
1,5			
2,0			
2,5		- Jenis tanah pasir halus kelanauan berkerikil, warna coklat kelabu.	
3,0			
3,5			
4,0			
4,5		- Jenis tanah pasir sedang lepas, krikil berbatu coklat kelabu.	
5,0			
5,5			
6,0			





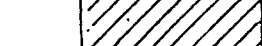

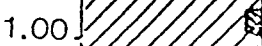

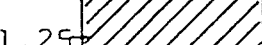

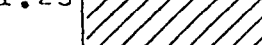

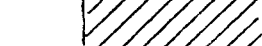

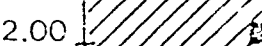

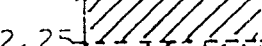

NO.	BOA	SAMPLE WEIGHT	MOISTURE CONTENT		UNIT WEIGHT		SPECIFIC GRAVITY	UNCONFINED COMP. TEST - DIRECT SHEAR TEST - TRIAXIAL TEST			AMBERBERG LIMIT			VOID RATIO	DEGREE OF SATURATION	CONSOLIDATION	
			v	%	$\gamma_t$	$\gamma_d$		$\sigma_1$	$\sigma_3$	c	qc	SL	FL			SL	$e_c$
1.	B.II	2.00	18,3962	1,7788	1,5024	2,672	29°35'	0,065	-	-	-	-	0,7785	0,6314	-	-	-
2.		4,00	20,3051	1,9404	1,6128	2,678	30°43'	0,080	-	-	-	-	0,6604	0,8255	-	-	-
3.	B.II	2,00	27,9837	1,8870	1,4744	2,702	35°53'	0,075	-	-	-	-	0,8326	0,9081	-	-	-
4.		4,50	15,2577	2,0958	1,8182	2,712	34°16'	0,040	-	-	-	-	0,4916	0,8422	-	-	-
5.	B.II	2,00	17,5085	2,0417	1,7374	2,668	29°23'	0,075	-	-	-	-	0,5356	0,8721	-	-	-
6.		4,60	38,6847	1,6525	1,1769	2,666	26°51'	0,125	-	-	-	-	1,2652	0,8151	-	-	-
7.	B.II	2,00	49,5395	1,5159	1,0135	2,662	27°34'	0,085	-	-	-	-	1,6265	0,8111	-	-	-
8.		4,00	14,3405	2,1134	1,8483	2,685	35°26'	0,000	-	-	-	-	0,4527	0,8505	-	-	-

**DATA TANAH RENCANA KAMPUS “USM”**

**SEMARANG**

# Soil Profile

Project : Kampus Baru  
 Universitas Semarang  
 Location : Jl. Arteri Tlogosari Semarang  
 Sample code : B.I Date : 2/V/1996

Depth(m)	Log	Gwl	Remarks.
± 0.00			
1.00			Lempung agak padat (Coklat tua).
1.25			
2.00			Lempung lunak (Coklat muda).
2.25			
3.00			Pasir halus mengandung lumpur (Kelabu tua).
3.50			
4.00			
5.00			

# PHYSICAL PROPERTIES

Boor number : B.I  
 Date of test : 3/V/1996  
 Project : Di Rencana  
 Tested by : Is  
 Kampus U.S.M  
 Location : Jl.Arteri Tlogosari Semarang

1. Depth (m)	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
2. Spasific gravity (Gs)	2.070	2.045	2.147	2.352	2.352
3. Cont. Number	7	26	21	5	10
4. Wt. of wet soil + cont. gr.	44.72	50.60	46.05	70.24	78.9
5. Wt. of dry soil + cont. gr.	36.71	40.35	36.35	56.00	59.0
6. Wt. of cont. gr.	17.97	18.19	18.21	18.49	18.0
7. Wt. of water gr.	8.01	10.25	9.70	14.24	16.9
8. Wt. of dry soil gr.	18.74	22.16	18.14	37.51	41.9
9. Water content %	42.74	46.25	53.47	37.96	45.9
10. Volume of void Vv. cm <sup>3</sup>	8.01	10.15	9.70	14.24	18.9
11. Volume of solid Vs. cm <sup>3</sup>	9.05	10.84	8.44	15.94	17.0
12. Total of volume cm <sup>3</sup>	17.06	20.99	18.14	30.18	36.7
13. Wet density gr/cm <sup>3</sup>	1.567	1.544	1.534	1.714	1.6
14. Dry density gr/cm <sup>3</sup>	1.098	1.055	0.999	1.242	1.1
15. Void ratio e.	0.885	0.945	1.149	0.912	1.0
16. Porosity n. %	46.95	48.36	53.47	47.18	51.5