

---

## ANALISIS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG MINI PILE (STUDI KASUS PROYEK GEDUNG GOR KEC. TANAH ABANG)

**Adi nuranto**

### ABSTRAK

Tujuan dari penelitian analisis daya dukung tiang pancang mini pile adalah untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang mini pile pada proyek gedung GOR Kec. Tanah Abang dari hasil data sondir di lapangan. Membandingkan hasil daya dukung tiang, menghitung penurunan tiang tunggal dan kelompok. Metodologi pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi, pengambilan data dari pihak proyek serta melakukan studi literatur mengenai pondasi.

Dari hasil perhitungan daya dukung tiang pancang yang dilakukan dengan menggunakan 3 metode yaitu metode Schmertmann dan Nottingham, metode Aoki dan De Alencer, dan metode langsung, didapat beban yang diterima tiang kelompok sebesar 36,024 ton lebih kecil dari daya dukung tiang kelompok diambil nilai yang terkecil sebesar 36,879 ton, dapat disimpulkan bahwa daya dukung tiang pancang adalah aman. Kemudian untuk penurunan tiang tunggal dan tiang kelompok lebih kecil dari penurunan ijin sebesar 32 mm sehingga dapat disimpulkan penurunan tersebut aman dan memenuhi syarat.

Dari hasil perhitungan terdapat beberapa perbedaan nilai, hal ini disebabkan oleh faktor yang dipakai masing-masing metode. Metode Schmertmann dan Nottingham, dan metode Aoki dan De Alencer lebih efektif dalam menentukan nilai daya dukung ultimit tiang tunggal karena banyak faktor-faktor lapisan tanah yang digunakan.

Kata kunci : Daya dukung, Penurunan, Sondir, Mini pile

### 1. PENDAHULUAN

Semua konstruksi yang direncanakan akan didukung oleh tanah, termasuk gedung-gedung dan bangunan-bangunan lainnya. Pondasi adalah suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meneruskan beban bangunan atas (upper structure/super structure) ke dasar tanah yang cukup kuat mendukungnya.

Permasalahan dalam pondasi yang harus diperhatikan adalah besar daya dukung yang mampu memikul beban yang bekerja pada pondasi, dimana daya dukung yang dimiliki harus lebih besar dari beban yang akan dipikul oleh pondasi. Selain itu penurunan tidak melebihi batas maksimum penurunan yang telah ditentukan.

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian analisis daya dukung tiang pancang mini pile pada proyek gedung GOR Kecamatan Tanah Abang adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kapasitas daya dukung tiang pancang mini pile pada proyek gedung GOR Kecamatan Tanah Abang dari hasil data sondir di lapangan.
2. Untuk mengetahui faktor keamanan struktur akibat selisih penurunan yang terjadi pada proyek gedung GOR Kecamatan Tanah Abang.
3. Mencari metode yang efektif untuk menghitung daya dukung tiang pancang tunggal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penyelidikan Tanah Di Lapangan

#### 2.1.1 Uji Penetrasi Standar (SPT)

Pada penetrasi standar sifat-sifat tanah pasir ditentukan dari pengukuran kerapatan relatif secara langsung di lapangan. Bila nilai-nilai kerapatan relatif ( $D_r$ ) diketahui, nilai  $N$  dapat didekati dengan persamaan (Meyerhof, 1957) :

$$N = 1,7 D_r^2 (14,2 p_o' + 10) \quad \dots\dots(1)$$

Dengan :

$D_r$  = kerapatan relatif

$p_o'$  = tekanan vertikal akibat beban tanah efektif pada kedalaman tanah yang ditinjau, tekanan *overburden* efektif.

#### 2.1.2 Uji Penetrasi Kerucut Statis (Sondir)

Dari sondir ini didapat nilai perlawanan konus terhadap ukuran konus ( $\text{kg/cm}^2$ ). Hambatan lekat adalah perlawanan geser tanah terhadap selubung konus ( $\text{kg/cm}$ ). Hambatan lekat dihitung dengan persamaan :

$$H = (JP - PK) \times A/B \quad \dots\dots(2)$$

Dimana :

HL = Hambatan lekat

JP = Jumlah perlawanan konus dan hambatan lekat ( $\text{px}2$ )

PK = Perlawanan penetrasi konus ( $\text{px}1$ )

A = Tahapan pembacaan 20 cm

B = Faktor alat =  $\frac{\text{Luas konus}}{\text{Luas daerah}} = 10 \text{ cm}$

Jumlah hambatan lekat :

$$JHL = I \cdot HL \quad \dots\dots(3)$$

Dimana : I = Kedalaman yang dicapai konus

### 2.2 Pondasi Tiang

#### 2.2.1 Pondasi Tiang Berdasarkan Material Yang Digunakan

##### A. Tiang pancang kayu

Tiang kayu adalah batang pohon yang cabang-cabangnya telah dipangkas dengan hati-hati. Tiang kayu dapat diklasifikasikan ke

dalam 3 kategori yaitu tiang kelas A, tiang kelas B dan tiang kelas C. Daya dukung ijin tiang kayu dihitung dengan rumus :

$$Q_{ijin} = A_p f_w \quad \dots\dots(4)$$

Dimana

$A_p$  = luas penampang tiang rata-rata

$f_w$  = tegangan ijin kayu

##### B. Tiang Pancang Baja Profil

Pada umumnya tiang pancang baja akan berkarat dibagian atas yang dekat dengan permukaan tanah. Hal ini disebabkan karena keadaan udara pada pori-pori tanah pada lapisan tanah tersebut dan adanya bahan-bahan organik dari air tanah. Hal ini dapat ditanggulangi dengan memoles tiang pancang baja tersebut dengan sarung beton sekurang-kurangnya  $\pm 60 \text{ cm}$  di bawah muka air tanah terendah.

##### C. Tiang Pancang Beton

- Tiang pancang beton pracetak  
Tiang beton pracetak yaitu tiang beton yang dicetak di suatu tempat dan kemudian diangkut ke lokasi rencana bangunan. Secara ukuran pada intinya tiang pancang pracetak ini dibagi 2, yaitu :

- Tiang pancang mini pile (ukuran kecil), tiang pancang kecil ini digunakan untuk bangunan-bangunan bertingkat rendah dan mempunyai kondisi tanah yang relative baik. Ukuran dan kekuatan dari mini pile dengan bentuk penampang segitiga dengan ukuran 28 cm mampu menahan beban 25–30 ton, dan ukuran 32 cm mampu menahan beban 35–40 ton. Sedangkan bentuk penampang bujur sangkar dengan ukuran 20x20 cm mampu menahan beban 30-35 ton, dan ukuran 25x25 cm mampu menahan beban 40-50 ton.
- Tiang pancang maxipile (ukuran besar), tiang pancang ini digunakan untuk menopang beban yang besar pada

bangunan bertingkat tinggi dan mempunyai bentuk bulat atau kotak.

- Tiang pancang beton cetak di tempat  
Tiang beton cetak di tempat terdiri dari 2 tipe, yaitu tiang yang berselubung pipa dan tiang yang tidak berselubung pipa. Dengan demikian beban ijin bisa diberikan dengan menggunakan persamaan berikut ini.

Tiang dengan casing

$$Q_{ijin} = A_c f_c + A_s f_s \quad \dots\dots\dots(5)$$

Tiang tanpa casing

$$Q_{ijin} = A_c f_c \quad \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

$A_s$  = luas penampang baja

$A_c$  = luas penampang beton

$f_s$  = tegangan ijin baja

$f_c$  = tegangan ijin beton

## 2.3 Kapasitas Daya Dukung Tiang

### 2.3.1 Daya Dukung Tiang Dari Uji Kerucut Statis / Sondir

A. Kapasitas dukung tiang metode Schmertmann dan Nottingham

Kapasitas daya dukung ultimit ditentukan dengan persamaan :

$$Q_u = A_b \omega q_{ca} + A_s K_f q_f - W_p \quad \dots\dots\dots(7)$$

Dimana :

$Q_u$  = kapasitas dukung ultimit neto (kN)

$A_b$  = Luas ujung bawah tiang ( $\text{cm}^2$ )

$f_b$  = Luas selimut tiang ( $\text{cm}^2$ )

$A_s$  = Tahanan ujung satuan tiang ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$f_s$  = Tahanan gesek satuan tiang ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$q_{ca}$  = Tahanan konus rata-rata ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$q_f$  = Tahanan gesek sisi konus ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

$K_f$  = Koefisien tak berdimensi

$\omega$  = Koefisien korelasi yang tergantung pada OCR (Tabel 2.6)

$W_p$  = berat sendiri tiang (kN)

Tahanan ujung tiang per satuan luas, diperoleh dari nilai rata-rata  $q_c$  di sepanjang  $8d$  diatas dasar tiang sampai  $0,7d$  atau  $4d$  dibawah tiang.

Tabel 2.6. Faktor  $\omega$  (deRuither dan Beringen, 1979)

Kondisi tanah	Faktor $\omega$
Pasir terkonsolidasi normal (OCR =1)	1
Pasir mengandung banyak kerikil kasar (OCR = 2 -4)	0,67
Kerikil halus (OCR = 6-10)	0,50

(Sumber : Hardiyatmo, 2015)

## B. Metode Aoki dan De Alencar

Aoki dan Alencar mengusulkan untuk memperkirakan kapasitas dukung ultimit dari data sondir sebagai berikut :

- Tahanan ujung persatuan luas :

$$q_b = \frac{qca \text{ (base)}}{F_b} \quad \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :

$qca$  (base) = perlawanan konus rata-rata  $1,5d$  di atas ujung tiang,  $1,5d$  di bawah ujung tiang dan  $F_b$  adalah faktor empirik tahanan ujung tiang tergantung pada tipe tiang

- Tahanan kulit persatuan luas

$$f = q_c \text{ (side)} \frac{\alpha_s}{F_s}$$

Dimana :

$q_c$  (side) = perlawanan konus rata-rata pada lapisan sepanjang tiang

$F_s$  = faktor empirik tahanan kulit yang terganggu pada tiang

$F_b$  = faktor empirik tahanan ujung tiang yang tergantung pada tipe tiang

Tabel 2.7. Nilai faktor empirik untuk tipe tanah

Tipe tanah	$\alpha_s$ (%)	Tipe tanah	$\alpha_s$ (%)
Pasir	1,4	Lanau berlempung dengan pasir	3,0
Pasir kelanauan	2,0	Lanau berlempung	3,4
Pasir kelauan dengan lempung	2,4	Lempung berpasir	2,4
Pasir berlempung dengan lanau	2,8	Lempung berpasir dengan lanau	2,8
Pasir berlempung	3,0	Lempung berlanau dengan pasir	3,0
Pasir berlanau	2,2	Lempung berlanau	4,0
Pasir berlanau dengan lempung	2,8	Lempung	6,0
Lanau	3,0		

(sumber : Sulastri, 2009)

Tabel 2.8. Faktor empirik Fb dan Fs

Tipe tiang pancang	Fb	Fs
Tiang bor	3,5	7,0
Baja	1,75	3,5
Beton pratekan	1,75	3,5

(sumber : Sulastri, 2009)

### C. Metode Langsung

Metode langsung ini dikemukakan oleh beberapa ahli diantaranya : Mayerhoff, Tomlinson, Begemann. Daya dukung pondasi tiang dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = q_c \times A_p + JHL \times K_t \quad \text{.....(10)}$$

Dimana :

 $Q_u$  = kapasitas daya dukung tiang pancang

$q_c$  = tahanan ujung sondir (perlawanan penetrasi konus pada kedalaman yang ditinjau),

 $JHL$  = jumlah hambatan lekat $K_t$  = keliling tiang $A_p$  = luas penampang tiang

Sedangkan untuk mencari daya dukung ijin tiang dinyatakan dalam rumus sebaga berikut :

$$Q_u \text{ ijin} = ((q_c \times A_p)/3) + ((JHL \times K_t)/5) \quad \text{.....(11)}$$

Dimana :

 $Q_u \text{ ijin}$  = Kapasitas daya dukung ijin tiang

3 = faktor keamanan untuk daya dukung ujung tiang

5 = faktor keamanan untuk gesekan pada selimut tiang

### 2.3.2 Kapasitas Daya Dukung Tiang Kelompok

Kapasitas daya dukung grup tiang tidak sama dengan kapasitas daya dukung satu tiang dikalikan dengan banyaknya grup tiang tersebut. Tetapi didefinisikan sebagai perkalian antara kapasitas daya dukung satu tiang dengan banyaknya tiang dikalikan efisiensi grup tiang. Atau ditulis dengan persamaan sebagai berikut ;

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a \quad \text{.....(12)}$$

Dimana :

 $Q_g$  = Kapasitas daya dukung grup tiang $E_g$  = Efisiensi kelompok tiang $N$  = Jumlah tiang dalam kelompok $Q_a$  = Beban maksimum tiang tunggal

Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang yang disarankan oleh *Converse-Labarre formula* adalah sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n' - 1) m + (m - 1) n'}{90 m n'} \quad \text{.....(13)}$$

Dimana :

$Eg$  = efisiensi kelompok tiang  
 $m$  = jumlah baris tiang  
 $n'$  = jumlah tiang dalam satu baris  
 $\theta$  = arc tg  $d/s$ , (dalam derajat)  
 $s$  = arak pusat ke pusat tiang (m)  
 $d$  = diameter tiang (m)

## 2.4 Faktor Aman Tiang Pancang

Untuk memperoleh kapasitas ijin tiang, maka kapasitas ultimit tiang dibagi dengan faktor aman tertentu. Variasi besarnya faktor aman yang telah banyak digunakan untuk menghitung tiang pancang adalah :

$$Qa = \frac{Qu}{2,5} \quad \dots\dots(14)$$

## 2.5 Penurunan Tiang

### 2.5.1 Perkiraan Penurunan Tiang Tunggal

Menurut Poulos dan Davis (1980) penurunan jangka panjang untuk pondasi tiang tunggal tidak perlu ditinjau karena penurunan tiang akibat konsolidasi dari tanah relatif kecil. Menurut hadihardja (1997), penurunan pondasi tiang tunggal ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$S = Ss + Sp + Ssp \quad \dots\dots(15)$$

Dimana :

$S$  = Penurunan total  
 $Ss$  = Penurunan akibat deformasi aksial  
 $Sp$  = penurunan dari ujung tiang  
 $Ssp$  = penurunan tiang akibat beban yang dialihkan sepanjang tiang

- Persamaan untuk penurunan akibat deformasi aksial pada tiang tunggal ( $Ss$ ) :

$$Ss = \frac{(Qp + \alpha Qs)L}{Ap Ep} \quad \dots\dots(16)$$

Dimana :

$Qp$  = kapasitas dukung ujung tiang

$\alpha$  = koefisien yang tergantung pada distribusi gerakan selimut sepanjang tiang ( $\alpha \approx 0,5$ )

$Qs$  = kapasitas dukung selimut tiang

$L$  = panjang tiang

$Ap$  = luas penampang tiang

$Ep$  = modulus elastisitas tiang, dimana

$$(Ep = 4700 \cdot \sqrt{f'c})$$

- Persamaan untuk penurunan dari ujung tiang pada tiang tunggal ( $Sp$ ) :

$$Sp = \frac{qwp \cdot d}{Es} (1 - Vs^2) \times Iwp \quad \dots(17)$$

Dimana :

$qwp$  = beban ujung per unit luas

$d$  = diameter tiang

$Es$  = modulus elastisitas tanah

$Vs$  = konstanta elastisitas tanah ( $Vs=0,2-0,3$ )

$Iwp$  = faktor pengaruh ujung tiang  $\approx 0,85$

- Penurunan akibat pengalihan beban sepanjang tiang ( $Sps$ ) :

$$Sps = \left(\frac{Qs}{p.L}\right) \times \frac{d}{Es} \times (1 - 2 \times Vs) \times Iws \quad \dots(18)$$

Dimana :

$p$  = keliling tiang

$L$  = panjang tiang yang tertanam

$Iws$  = faktor pengaruh selimut tiang,

$$(Iws = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{d}})$$

- Menghitung penurunan tiang kelompok digunakan persamaan sebagai berikut :

$$Sg = \sqrt{\frac{Bg}{d}} \times S \quad \dots\dots(19)$$

Dimana :

$Sg$  = penurunan kelompok tiang

$S$  = penurunan tiang tunggal

$Bg$  = lebar kelompok tiang

$d$  = diameter tiang

## 2.6 Penurunan Ijin

Karena penurunan maksimum dapat diprediksi dengan ketepatan yang memadai, umumnya dapat diadakan hubungan antara penurunan diijinkan dengan penurunan maksimum. Dimana syarat perbandingan penurunan yang aman yaitu :

$$S_{total} \leq S_{izin}$$

$$S_{izin} = 10\% \cdot d$$

Dimana :  $d$  = diameter tiang

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Data Umum Proyek

Lokasi penelitian untuk tugas akhir ini terdapat pada Pembangunan Gedung GOR Kecamatan Tanah Abang di Jl. Mutiara IV no. 4, Jakarta Pusat. Bangunan ini memiliki 2 lantai dengan total ketinggian bangunan  $\pm$  21,8 m sampai atap bangunan. Lantai 1 difungsikan untuk ruang serbaguna dan fasilitasnya, lantai 2 untuk lapangan olahraga dan fasilitas lainnya serta diantaranya untuk tribun dan mezanine.

### 3.2 Kerangka Pemikiran

Dari hasil penyelidikan tanah di lapangan dengan cara sondir pada 3 titik berbeda, di dapat kondisi tanah pada proyek tersebut adalah tanah lempung berlanau dengan tanah keras pada kedalaman  $\pm$  12 m dan mempunyai tahanan konus  $150 \text{ kg/cm}^2$ . Dengan melihat hasil penyelidikan tanah dilapangan dengan cara sondir peneliti tertarik mengkaji nilai daya dukung tiang pancang yang digunakan dengan beberapa metode perhitungan, serta menghitung penurunan tiang tunggal dan tiang kelompok pada proyek tersebut.

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

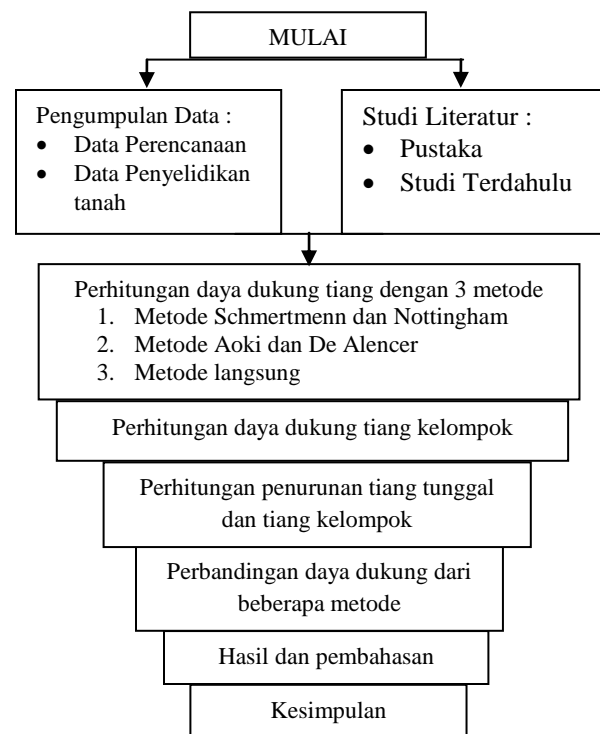
Beberapa metode pengumpulan data antara lain sebagai berikut :

- Metode observasi dengan mengambil data yang berhubungan dengan data

teknis gedung dan pondasi tiang pancang diperoleh langsung dari lokasi proyek.

- Pengambilan data yang diambil meliputi gambar lengkap (denah, potongan, detail-detail), denah pondasi, detail pondasi lengkap dengan ukurannya, data penyelidikan tanah yaitu data sondir dan data laboratorium.
- Melakukan review data di perpustakaan terhadap text book dan jurnal-jurnal yang terkait dengan pondasi tiang, daya dukung pondasi tiang, permasalahan pada pondasi tiang serta desain dan pelaksanaan pemancangan tiang untuk melengkapi dan menyelesaikan penelitian ini.

### 3.4 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1. Tahapan pelaksanaan penelitian

### 3.5 Data Teknis

#### 3.5.1 Data Gedung

Data yang diperoleh dari lapangan sebagai berikut :

Fungsi Bangunan : Gedung Olahraga  
 Panjang tiang pancang : 12 meter, ukuran :  $\Delta$  32x32x32 cm  
 Mutu tiang pancang : - Mutu beton ( $f_c'$ ) K-450, - Mutu baja (py) U-400  
 Berat jenis beton : 2,4 ton/m<sup>3</sup>  
 Standart : SNI (Standart Nasional Indonesia)

#### 3.5.2 Data Tanah

##### A. Lingkup Penyelidikan Tanah

Data yang digunakan pada tugas akhir ini adalah data yang bersumber dari penyelidikan tanah yang dilakukan di lapangan dan pengujian laboratorium. Penyelidikan lapangan meliputi, :

- Penyondiran dilakukan sebanyak 3 titik, memakai alat yang berkapasitas 2,5 ton dan dilengkapi dengan *Adhesion Jacket Cone* serta dilaksanakan sampai mencapai lapisan tanah keras dengan nilai  $q_c > 150$  kg/cm<sup>2</sup> atau dengan kedalaman maks 25 m.
- Pengeboran dilakukan sebanyak 1 lubang menggunakan alat bor tangan dengan kedalaman maksimum 10 m. Proses ini untuk pengambilan contoh tanah tak terganggu dan pengamatan muka air tanah.

##### B. Hasil Penyelidikan

Dari penyondiran 3 titik didapat hasil sebagai berikut :

- **Lokasi sekitar titik sondir S1**

Tabel 3.1 Hasil sondir titik S-1

Kedalaman	Jenis Tanah
Surface : – 0,00 m	Elevasi ( $\pm$ 0,00) m diambil dari muka tanah setempat
-0,00 : -7,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan,

	Konsistensi : sangat lunak s/d lunak dengan Nilai $q_c = 6 - 20$ kg/cm <sup>2</sup>
-7,00 : - 10,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : lunak s/d teguh Nilai $q_c = 20 - 50$ kg/cm <sup>2</sup>
-10,00 : - 11,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : teguh s/d kenyal dengan Nilai $q_c = 50 - 140$ kg/cm <sup>2</sup>
-11,00 : - 11,20 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : kenyal s/d keras dengan Nilai $q_c = 140 - 150$ kg/cm <sup>2</sup>
> -11,20 m	Konsistensi : sangat keras atau padat dengan Nilai $q_c > 150$ kg/cm <sup>2</sup>

(Sumber : Laporan geoteknik proyek Gor Kec. Tanah Abang)

- **Lokasi sekitar titik sondir S2**

Tabel 3.2 Hasil sondir titik S-2

Kedalaman	Jenis Tanah
Surface : – 0,00 m	Elevasi ( $\pm$ 0,00) m diambil dari muka tanah setempat
-0,00 : -6,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : sangat lunak s/d lunak dengan Nilai $q_c = 4 - 20$ kg/cm <sup>2</sup>
-6,00 : -9,60 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : lunak s/d teguh dengan Nilai $q_c = 10 - 40$ kg/cm <sup>2</sup>
-9,60 : - 10,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : teguh s/d kenyal dengan Nilai $q_c = 40 - 60$ kg/cm <sup>2</sup>

-10,00 : -10,80 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : kenyal s/d keras dengan Nilai $q_c = 60 - 150 \text{ kg/cm}^2$
> -10,80 m	Konsistensi : sangat keras atau padat dengan Nilai $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$

(Sumber : Laporan geoteknik proyek Gor Kec. Tanah Abang)

• **Lokasi sekitar titik sondir S3**

Tabel 3.3 Hasil sondir titik S-3

Kedalaman	Jenis Tanah
Surface : -0,00 m	Elevasi ( $\pm 0,00$ ) m diambil dari muka tanah setempat
-0,00 : -6,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : sangat lunak s/d lunak dengan Nilai $q_c = 4 - 18 \text{ kg/cm}^2$
-6,00 : -9,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : lunak s/d teguh dengan Nilai $q_c = 15 - 44 \text{ kg/cm}^2$
-9,00 : -11,00 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : teguh s/d kenyal dengan Nilai $q_c = 38 - 1124 \text{ kg/cm}^2$
-11,00 : -11,80 m	Lapisan diperkirakan lempung atau lempung lanauan, Konsistensi : kenyal s/d keras dengan Nilai $q_c = 115 - 150 \text{ kg/cm}^2$
> -11,80 m	Konsistensi : sangat keras atau padat dengan Nilai $q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$

(Sumber : Laporan geoteknik proyek Gor Kec. Tanah Abang)

#### 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Analisis Pembebanan Pada Tiang Pancang

Suatu pondasi harus kuat terhadap beban yang selalu diterima olehnya. Dari data dilapangan dianalisis untuk beban yang diterima oleh pondasi dengan asumsi perhitungan beban maka total beban yang diterima tiang kelompok adalah 36,024 ton

##### 4.2 Analisis Daya Dukung Tiang Berdasarkan Data Lapangan

##### 4.2.1 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang dengan Metode Schmertmann dan Nottingham pada titik S-1, S-2 dan S-3

A. Perhitungan di titik S-1 diperoleh data sondir sebagai berikut :

Data tiang pancang :

$$\text{Dimensi tiang (D)} = \Delta 32 \times 32 \times 32 \text{ cm}$$

$$\text{Keliling tiang (As)} = 3 \times 32 \times 1120 \text{ cm} \\ = 107520 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas tiang (A}_b\text{)} = \frac{32}{4} \sqrt{3} = 13,856 \text{ cm}^2$$

##### 1) Perhitungan kapasitas dukung ujung tiang ( $q_b$ )

Dalam metode Schmertmann dan Nottingham tahanan ujung ( $f_b$ ) diperoleh dari nilai  $q_c$  di sepanjang  $8d$  di atas dasar tiang sampai  $0,7d$  dibawah tiang.

$$q_{c1} = \frac{30 + 28 + 30 + 32 + 35 + 38 + 45 + 50 + 58 + 60 + 65 + 100 + 140 + 150}{14}$$

$$q_{c1} = 61,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{c2} = 150 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_{ca} = \frac{1}{2} (q_{c1} + q_{c2})$$

$$= \frac{1}{2} (61,5 + 150) = 105,75 \text{ kg/cm}^2$$

Tahanan ujung satuan :

$$f_b = \omega \cdot q_{ca}$$

$$= 1 \times 105,75$$

$$= 105,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 10575 \text{ kpa} < 15000 \text{ kpa (Ok)}$$



Tahanan ujung ultimit tiang :

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b \cdot f_b \\ &= 13,856 \times 105,75 \\ &= 1465,272 \text{ kg} = 1,465 \text{ ton} \end{aligned}$$

- 2) Perhitungan tahanan gesek tiang  
Nilai  $q_c$  (side) didapat dari nilai rata-rata CR ( $1520 / 56 = 27,14 \text{ kg/cm}^2$ )

Tahanan gesek satuan :

$$\begin{aligned} f_s &= K_c \cdot q_c \text{ (side)} \\ f_s &= 1,2\% \times 27,14 \\ &= 0,3257 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 32,57 \text{ kPa} < 120 \text{ kPa (Ok)} \end{aligned}$$

Tahanan gesek ultimit :

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s f_s \\ &= 107520 \times 0,3257 \\ &= 35020,8 \text{ kg} = 35,02 \text{ ton} \end{aligned}$$

- 3) Kapasitas dukung ultimit tiang

Berat sendiri tiang :

$$W_p = 0,13856 \times 11,2 \times 2,4 = 3,724 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ultimit tiang :

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s - W_p \\ &= 1,465 + 35,02 - 3,724 = 32,761 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dengan faktor aman,  $F = 2,5$  maka  
Kapasitas dukung ijin tiang :

$$\begin{aligned} Q_a &= Q_u / 2,5 \\ &= 32,761 / 2,5 = 13,104 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 4.2.2 Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Tiang dengan Metode Aoki dan De Alencer pada titik S-1, S-2 dan S-3

Perhitungan di titik S-1 diperoleh data sondir sebagai berikut :

Data tiang pancang :

Dimensi tiang (D) =  $\Delta 32 \times 32 \times 32 \text{ cm}$

Keliling tiang ( $A_s$ ) =  $3 \times 32 \times 1120 \text{ cm}$   
 $= 107520 \text{ cm}^2$

Luas tiang ( $A_b$ ) =  $\frac{32}{4} \sqrt{3} = 13,856 \text{ cm}^2$

- 1) Perhitungan kapasitas dukung ujung tiang ( $Q_b$ )

Nilai  $q_{ca}$  (base) perlawanan konus rata-rata  $1,5d$  di atas dasar tiang dan  $1,5d$  dibawah ujung tiang.

$$q_{ca} = \frac{65 + 100 + 140 + 150 + 150 + 150 + 150}{7}$$

$$q_{ca} = 129,285 \text{ kg/cm}^2$$

Tahanan ujung satuan :

Nilai  $f_b$  dari tabel 2.8, beton precast = 1,75

$$\begin{aligned} q_b &= q_{ca} \text{ (base)} / f_b \\ &= 129,285 / 1,75 \\ &= 73,877 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 7387,7 \text{ kpa} < 15000 \text{ kpa (Ok)} \end{aligned}$$

Tahanan ujung ultimit tiang :

$$\begin{aligned} Q_b &= A_b \cdot q_b \\ &= 13,856 \times 73,877 \\ &= 1023,647 \text{ kg} = 1,023 \text{ ton} \end{aligned}$$

- 2) Perhitungan tahanan gesek tiang ( $Q_s$ )

Nilai  $q_c$  (side) didapat dari nilai rata-rata CR ( $1520 / 56 = 27,14 \text{ kg/cm}^2$ )

Tahanan gesek satuan :

$$\begin{aligned} f &= q_c \text{ (side)} \frac{\alpha_s}{F_s} \text{ (nilai } \alpha_s \text{ dan } F_s \text{ dari} \\ &\text{ tabel 2.7 dan Tabel 2.8)} \\ &= 27,14 \times \frac{0,04}{3,5} \\ &= 0,31 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 31 \text{ kPa} < 120 \text{ kPa (Ok)} \end{aligned}$$

Tahanan gesek ultimit :

$$\begin{aligned} Q_s &= A_s f = 107520 \times 0,31 = \\ &33331,2 \text{ kg} = 33,333 \text{ ton} \end{aligned}$$

- 3) Kapasitas dukung ultimit tiang

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s \\ &= 1,023 + 33,333 = 34,356 \text{ ton} \end{aligned}$$

Dengan faktor aman,  $F = 2,5$  maka  
Kapasitas dukung ijin tiang :

$$Q_a = \frac{Q_u}{2,5} = \frac{34,356}{2,5} = 13,742 \text{ ton}$$

#### 4.2.3 Perhitungan kapasitas daya dukung tiang dengan metode langsung

Perhitungan di titik S-1 diperoleh data sondir sebagai berikut :

Data yang diperoleh pada kedalaman 1 meter:

$$q_c \text{ (perlawanan konus)} = 8 \text{ kg/cm}^2$$

$$JHL \text{ (jumlah hambatan lekat)} = 24 \text{ kg/cm}$$

$$A_p \text{ (luas tiang pancang)} = \frac{32}{4} \sqrt{3} = 13,856 \text{ cm}^2$$

$$K_t \text{ (keliling tiang)} = 3 \times 32 \text{ cm} = 96 \text{ cm}$$

Perhitungan kapasitas dukung ultimit tiang ( $Q_u$ )

$$\begin{aligned} Q_u &= q_c \times A_p + JHL \times K_t \\ &= (8 \times 13,856) + (24 \times 96) \\ &= 2414,848 \text{ kg} = 2,414 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas dukung ijin tiang ( $Q_{ijin}$ )

$$\begin{aligned} Q_u \text{ ijin} &= ((q_c \times A_p) / 3) + ((JHL \times K_t) / 5) \\ &= ((8 \times 13,856) / 3) + ((24 \times 96) / 5) \\ &= 497,749 \text{ kg} = 0,497 \text{ ton} \end{aligned}$$

Selanjutnya dengan rumus diatas perhitungan kapasitas dukung ultimit dan kapasitas dukung ijin tiang pada titi sondir S-1 dibuat dalam tabel 4.1.

Tabel 4.1. Perhitungan daya dukung ultimit dan daya dukung ijin pada S-1

Kedalaman (m)	PPK ( $q_c$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	JHL (kg/cm)	$Q_u$ (ton)	$Q_{ijin}$ (ton)
1	8	24,00	2,41	0,50
2	10	69,20	6,78	1,37
3	15	109,00	10,67	2,16
4	18	153,00	14,94	3,02
5	12	211,60	20,48	4,12
6	12	267,40	25,84	5,19
7	20	323,20	31,30	6,30
8	40	398,00	38,76	7,83
9	30	478,00	46,30	9,32
10	50	563,40	54,78	11,05
11	140	639,60	63,34	12,93
11,2	150	639,60	63,48	12,97

Tabel 4.2 Nilai daya dukung ultimit dan ijin tiang tunggal dari 3 metode

Sondir	Schmertmann dan Nottingham		Aoki dan De Alencer		Metode Langsung	
	$Q_u$ (ton)	$Q_a$ (ton)	$Q_u$ (ton)	$Q_a$ (ton)	$Q_u$ (ton)	$Q_a$ (ton)
S-1	32,76	13,10	34,36	13,74	63,48	12,97
S-2	30,42	12,17	32,05	12,82	65,71	13,42
S-3	43,35	17,34	45,06	18,02	71,41	14,56

#### 4.3 Analisis Daya Dukung Tiang Kelompok dan Penurunan Tiang

##### 4.3.1 Kapasitas daya dukung tiang kelompok berdasarkan efisiensi

Dari data diperoleh :

$$\begin{aligned} \theta &= \text{arc tg } d/s = \text{arc tg } (32/80) = 21,801, \\ n' &= 2, \quad m \end{aligned}$$

Efisiensi kelompok tiang :

$$\begin{aligned} E_g &= 1 - \theta \frac{(n' - 1) m + (m - 1) n'}{90 m n'} \\ &= 1 - 21,801 \frac{((2 - 1) \times 2) + ((2 - 1) \times 2)}{90 \times 2 \times 2} \\ &= 0,7577 \end{aligned}$$

Dari perhitungan dengan metode Schmertmann dan Nottingham untuk titik sondir S-1 didapat  $Q_a = 13,1044$  ton

Kapasitas daya dukung ultimit tiang kelompok :

$$\begin{aligned} Q_g &= E_g \cdot n \cdot Q_a \\ &= 0,7577 \times 4 \times 13,1044 = 39,7168 \text{ ton} \end{aligned}$$

Beban yang diterima tiang kelompok < kapasitas daya dukung tiang kelompok 36,024 < 39,7168 ton ... (ok)

Selanjutnya untuk melihat perbedaan nilai dari 3 metode, rumus perhitungan daya dukung kelompok diatas dibuatkan pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Perhitungan daya dukung tiang kelompok

Sondir	Efisiensi kelompok tiang ( $E_g$ )	Schmertmann dan Nottingham	Aoki dan De Alencer	Metode Langsung
		$Q_g$ (ton)	$Q_g$ (ton)	$Q_g$ (ton)
S-1	0,758	39,716	41,649	39,319
S-2	0,758	36,879	38,849	40,670
S-3	0,758	54,930	54,627	44,125

## 4.3.2 Menghitung penurunan tiang tunggal dan kelompok

## A. Menghitung penurunan tiang tunggal :

- Menentukan modulus elastisitas dari bahan tiang :

$$E_p = 4700 \cdot \sqrt{f'c}$$

$$= 4700 \cdot \sqrt{45} = 31528,558$$

$$\text{Mpa} = 3152855,8 \text{ ton/m}^2$$

- Penurunan akibat deformasi aksial

$$S_s = \frac{(Q_p + \alpha Q_s)L}{A_p E_p}$$

$$= \frac{(1,465 + (0,5 \times 35,02)) \times 11,2}{0,13856 \times 3152855,8} =$$

$$0,0005 \text{ m} = 0,5 \text{ mm}$$

- Penurunan dari ujung tiang

$$S_p = \frac{qwp \times d}{E_s} (1 - V_s^2) \times I_{wp}$$

$$= \frac{1,465 \times 0,32}{1500} (1 - 0,3^2) \times 0,85$$

$$= 0,0002 \text{ m} = 0,2 \text{ mm}$$

- Penurunan akibat pengalihan beban sepanjang tiang

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{\frac{L}{d}} = 2 + 0,35$$

$$\sqrt{\frac{11,2}{0,32}} = 4,071$$

$$S_{ps} = \left(\frac{Q_s}{p.L}\right) \times \frac{d}{E_s} \times (1 - 2 \times V_s) \times$$

Iws

$$= \left(\frac{35,02}{0,96 \times 11,2}\right) \times \frac{0,32}{1500} \times (1 - 2 \times 0,3) \times 4,071$$

$$= 0,0011 \text{ m} = 1,1 \text{ mm}$$

- Sehingga penurunan total tiang pancang tunggal adalah :

$$S = S_s + S_p + S_{sp}$$

$$= 0,5 \text{ mm} + 0,2 \text{ mm} + 1,1 \text{ mm}$$

$$= 1,8 \text{ mm}$$

## B. Menghitung penurunan tiang kelompok

$$S_g = \sqrt{\frac{B_g}{d}} \times S = \sqrt{\frac{0,8}{0,32}} \times 1,8 \text{ mm}$$

$$= 2,8 \text{ mm}$$

Penurunan yang diijinkan :

$$S_{total} \leq S_{izin} = 10\% \times d$$

$$2,8 \text{ mm} \leq 32 \text{ mm} \quad \dots(\text{oke})$$

Tabel 4.4 Perhitungan penurunan tiang tunggal dan kelompok dari data daya dukung metode Schmertmann dan Nottingham

Sondir	Penurunan tiang tunggal (mm)	Penurunan tiang kelompok (mm)	Penurunan ijin (mm)
S-1	1,80	2,85	32,00
S-2	1,70	2,69	32,00
S-3	2,30	3,64	32,00

Tabel 4.5 Perhitungan penurunan tiang tunggal dan kelompok dari data daya dukung metode Aoki dan De Alencer

Sondir	Penurunan tiang tunggal (mm)	Penurunan tiang kelompok (mm)	Penurunan ijin (mm)
S-1	1,60	2,53	32,00
S-2	1,60	2,53	32,00
S-3	2,10	3,32	32,00

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Nilai daya dukung ultimit tiang tunggal yang didapat dari hasil analisis dan perhitungan berdasarkan data hasil sondir dilapangan dari 3 metode perhitungan (metode Schmertmann dan Nottingham, metode Aoki dan De Alencer, Metode Langsung) di dapat kesimpulan:

1. Dari hasil perhitungan didapat beban yang diterima tiang kelompok sebesar 36,024 ton sedangkan daya dukung tiang kelompok diambil dari nilai yang terkecil sebesar 36,879 ton, beban yang diterima tiang kelompok lebih kecil dari kapasitas daya dukung tiang kelompok maka dapat disimpulkan bahwa daya dukung tiang pancang adalah aman.
2. Dari perhitungan di atas untuk penurunan tiang tunggal dan tiang kelompok lebih kecil dari penurunan ijin sebesar 32 mm sehingga dapat disimpulkan penurunan tersebut aman dan memenuhi syarat.
3. Dari hasil perhitungan terdapat beberapa perbedaan nilai, hal ini disebabkan oleh faktor yang dipakai masing-masing metode. Metode Schmertmann dan Nottingham, dan metode Aoki dan De Alencer lebih efektif dalam menentukan

nilai daya dukung ultimit tiang tunggal karena banyak faktor-faktor lapisan tanah yang digunakan dari pada metode langsung yang tidak menggunakannya.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini adalah :

1. Sebelum melakukan perhitungan terhadap penelitian hendaknya kita memperoleh data teknis yang lengkap, karen data tersebut sangat menunjang dalam membuat rencana analisis perhitungan, sesuai dengan standart dan syarat-syaratnya.
2. Menganalisis kuat dukung dengan cara statis sebaiknya digunakan metode Schmertmann dan Nottingham dan metode Aoki dan De Alencer karena perhitungan kuat dukungnya lebih spesifik.
3. Koefisien faktor aman juga harus diperhatikan dalam menganalisis kuat dukung tiang, hal ini memberikan keamanan terhadap ketidakpastian perhitungan.
4. Sebaiknya gunakan juga data lapangan hasil SPT, test PDA atau kalendering.

## DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo Hary Christady, *Mekanika Tanah 1*, edisi ke enam, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2012.
- Hardiyatmo Hary Christady, *Analisa & Perencanaan Pondasi 1*, edisi ke tiga, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2014.
- Hardiyatmo Hary Christady, *Analisa & Perencanaan Pondasi 2*, edisi ke tiga, Gajah Mada University Press, Yogyakarta, 2015.
- Arafah, *Skripsi, Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Oil Stronge Tank PT Cikarang listrindo Menggunakan Plaxis 2D*, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, 2016