

ANALISIS KAPASITAS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA PEMBANGUNAN GEDUNG FORTUNATE CITRA GRAND CITY PALEMBANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE ANALITIS

Bangun Pasaribu, Darlina Tanjung, Firqin Haridhi Akbar

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara

bangun@ft.uisu.ac.id; darlinatanjung@yahoo.com; fiqinharidhiakbar@yahoo.co.id

Abstrak

Pondasi ialah suatu bagian komponen gedung yang fungsinya untuk melanjutkan beban struktur ke atas lapisan tanah dibawahnya. Maka dari itu pondasi diupayakan harus mampu menahan beban diatasnya. Jurnal ini bertujuan untuk melakukan perhitungan serta melakukan analisa daya dukung yang terdapat di tiang pancang menggunakan data Cone Penetration Test (CPT), serta melakukan perbandingan hasil perhitungan melalui bermacam metode penyelidikan, menghitung besarnya gaya yang bekerja di kelompok tiang (mini pile), menghitung efisiensi di tiang pancang kelompok, serta menghitung penurunan pada tiang tunggal maupun kelompok. Daya dukung ultimit tiang merujuk data sondir memakai Metode Langsung adalah 163,14 ton, dan Metode Aoki de Alencar sebesar 78,81 ton. Beban maksimum yang diterima pada kelompok tiang sebesar 26,99 ton untuk beban minimum yang diterima pada kelompok tiang sebesar 13,22 ton. Daya dukung efisiensi tiang pancang kelompok dengan memakai metode Converse-Labarre yaitu 0,861, Metode Los Angeles yaitu 0,766, serta Metode Seiler-Keeney yaitu 1,086. Penurunan total tiang tunggal sebesar 0,636, penurunan tiang kelompok dengan Metode Vesic sebesar 85,84 mm, dan Metode Meyerhoff sebesar 25,51 mm. Jika mendapatkan perbedaan hasil saat penjumlahan daya dukung pondasi dari berbagai metode bisa dikarenakan lokasi pengujian, keadaan fisik dan jenis tanah berbeda, bisa juga terjadi kesalahan saat pengujian, ataupun perbedaan rumus yang digunakan pada metode perhitungan.

Kata Kunci : Pondasi Tiang, Daya Dukung, Penurunan Tiang.

I. PENDAHULUAN

Pondasi ialah komponen bangunan yang fungsinya untuk menghubungkan beban bangunan kelapisan tanah ataupun bebatuan yang ada dibawahnya. Pondasi diharuskan untuk dapat menahan semua beban yang ada diatasnya dari beban hidup maupun beban mati. Pondasi tiang yaitu suatu jenis pondasi yang letaknya berada di kedalaman 10 mdp. (Suyono Sosrodarsono dan Kazuto Nakazawa, 1990.)

Yang diharapkan pada pondasi tiang pancang yaitu dapat berinteraksi dengan tanah yang tujuannya untuk mendapatkan nilai daya dukung bisa memikul beban bangunan yang ada diatas. Pondasi tiang biasanya bisa menggunakan kayu, baja, maupun beton yang fungsinya dapat menyalurkan beban bangunan yang diatas ke lapisan tanah pendukungnya (*bearing layers*) di kedalaman tanah tertentu.

Pada penggunaan pondasi tiang pancang dipakai di kondisi tanah dasar yang tidak mampu menahan berat bangunan serta beban diatasnya dikarenakan tidak tanah dasar tersebut tidak memiliki daya dukung, dikarenakan tanah keras mampu memikul beban bangunan diatasnya karena tanah keras memiliki daya dukung yang cukup. Oleh sebab itu jika saat merencanakan pondasi tiang pancang hal dibutuhkan yaitu data dan informasi perihal tanah pada bangunan yang akan dibangun dan daya dukung tiang pancang yang dipakai (tunggal maupun kelompok).

Pondasi tiang pancang yang dipakai pada Pembangunan Gedung Fortunate Citra Grand City Palembang adalah pondasi tiang pancang. Untuk mencari daya dukung tiang pancang tersebut *friction pile* yaitu daya dukung pergesekan tang dan tiang, dan daya dukung ujung atas tiang pancang. Pada *friction pile* gaya geser sepancang selimut tiang berfungsi untuk menahan beban konstruksi atas. Sedangkan daya dukung ujung tiang berfungsi meneruskan beban konstruksi atas ke tanah keras.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah

Suatu lokasi pekerjaan bangunan yang mempunyai peran begitu penting adalah tanah karena, tanah ialah pondasi pendukung bangunan, atau beban konstruksi atas bangunan tersebut misalnya tanggul ataupun bendungan, misalnya tembok/dinding penahan tanah (sosrodarsono, S. dan Nakazawa, K., 1983)

Secara umum, tanah merupakan bahan alami yang bisa kita temukan dipermukaan bumi, tanah tersusun dari bahan yang memiliki kandungan mineral yang besar dari hasil pelapukan bahan organik maupun batuan, dan juga berasal dari pertumbuhan tumbuhan yang memiliki sifat tertentu yang merupakan penyebab penggabungan faktor cuaca, alamiah, bahan induk, maupun jasad makhluk hidup.

2.2. Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah merupakan fase dalam pengambilan tanah dengan tujuannya untuk mengetahui keadaan dan keadaan tanah di lokasi pembangunan. Oleh karena itu penyelidikan tanah merupakan pekerjaan awal yang harus dilakukan untuk mengetahui keadaan tanah yang dipergunakan dalam memperoleh daya dukung tanah dibagian pondasi hingga bisa ditentukan jenis serta kedalaman pondasi yang nantinya digunakan. Berikut tujuan *soil investigation* adalah :

1. Untuk mengetahui secara visual bentuk dan sifat dari tanah asli (*undisturbed*) ataupun tidak asli (*disturbed*) dan bisa digunakan sebagai pengujian dilaboratorium.
2. Untuk mengetahui bagaimana kondisi alami tanah yang akan berkaitan dengan struktur yang akan dibangun
3. Untuk menentukan kedalaman yang ada ditanah keras.

2.3. Cone Penetration Test (CPT)

CPT ialah suatu pengujian tanah memakai alat sondir yang berbentuk sudut 60° pada ujungnya, luas ujung tersebut 1,54 inch (10 cm²). Yang cara kerjanya dengan ditekan kedalam tanah secara berlanjutyang kecepatannya tetap 20 mm/det. Besar dari perlawanan tanah yang diuji pada kerucut penetrasi (qc).

Benefit pokok atas alat tersebut yaitu tidak melakukan pemboran tanah saat melakukan pengujian. Pengujian sondir itu bertujuan untu mengetahui berapa besar dari perlawanan penetrasi konus serta jumlah gangguan lekat yang ada pada tanah, serta dapat menentukan dalam dari lapisan tanah berbeda.

2.4. Kapasitas daya dukung aksial berdasarkan data CPT

Ketikaakan melakukan perencanaan pondasi dengan menggunakan tiang pancang, data pada tanah sangat penting untuk mengetahui besar kemampuan daya dukung tiang pancang sebelum melakukan pembangunan. Untuk mengetahui besar dari daya dukung tiang pancang atas hasil pengujian sondir melalui metode-metode ahli yaitu :

a. Metode Langsung

$$Q_{ult} = (q_c \times A_p) + (JHL \times K)$$

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5}$$

Keterangan :

- Q_{ult} = Kesanggupan daya dukung tiang pancang.
- Q_{ijin} = Kesanggupan daya dukung izin pondasi.

q_c = Tahanan ujung sondir.

A_p = Luas penampang tiang.

JHL = Jumlah gangguan lekat.

K = Keliling tiang pancang.

b. Metode Aoki dan De Alencar (1975)

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s$$

Keterangan :

Q_{ult} = Kesanggupan daya dukung tiang pancang tunggal.

Q_b = Kesanggupan tahanan ujung tiang.

Q_s = Kesanggupan tahanan kulit.

q_b = Kesanggupan daya dukung diujung tiang persatuan luas.

A_b = Luas ujung tiang.

f = Satuan tahanan kulit/satuan luas.

A_s = Luas kulit tiang pancang

2.5. Gaya yang Bekerja Pada Tiang Pancang.

Pada dasarnya pondasi menggunakan tiang pancang memiliki bentukan yang serupa, namun bedanya terletak pada saat menyalurkan gaya yang bekerja kedaras tanah yang menjadi pondasinya. Gaya tersebut nantinya akan diterusan melalui tiang dengan perantaraan gesekan di dinding tiang. jika daya dukung pada tiang tersebut rendah bangunan akan terperosok kedalam, namun bangunan tersebut bisa menjadi kurang ekonomis jika daya dukung pada tiang terlalu besar.

Rumus yang digunakan dalam mencari besar beban yang ditahan dengan momen satu arah yang disebabkan gaya vertikal dan horizontal yaitu :

$$P_{maks} = \frac{V}{n} + \frac{M_y \cdot x_i}{\eta \cdot \sum x^2}$$

Keterangan :

P₁ = Beban yang diterima 1 tiang pancang (ton)

V = Jumlah beban vertikal (ton)

N = Jumlah tiang pancang

M_y = Momen yang bekerja pada kelompok tiang searah sumbu y (tm)

A_b = Luas ujung tiang.

X_i = Jarak tiang pancang terhadap titik berat tiang kelompok dua arah X (m)

Σ_x² = Jumlah kuadrat tiang pancang pada arah x (m²)

2.6. Efisiensi tiang kelompok(η)

Untuk mencari besar dari efisiensi tiang kelompok dapat menggunakan beberapa metode yaitu

1. Metode Converse-Labarre

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

2. Metode Los Angeles

$$E_g = 1 - \frac{d}{\pi \cdot s \cdot m \cdot n} [m(n-1) + n(m-1) + \sqrt{2} (n-1)(m-1)]$$

3. Metode Seiler – Keeney

$$E_g = \left\{ 1 - \left[\frac{11s}{7(s^2-1)} \right] \left[\frac{n+m-2}{n+m-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m+n}$$

Di mana :

- θ = Arc tan d/s (derajat)
- n = Jumlah tiang 1 baris
- m = Jumlah baris tiang
- d = Diameter tiang (m)
- c = Jarak antar tiang (m) (as ke as)
- π = Phi lingkaran = $3,14 / \frac{22}{7}$

Kapasitas ultimit tiang pancang kelompok dengan menggunakan hasil penjumlahan efisiensi dinyatakan dengan rumus berikut :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

Di mana :

- Q_g = Beban maksimal pada kumpulan tiang yang diakibatkan keruntuhan (ton)
- n = Jumlah tiang pancang pada kumpulan tiang
- Q_a = Beban maksimal tiang tunggal (ton)

2.7. Penurunan Tiang Pancang

a. Penurunan Tiang Pancang Tunggal

Berdasarkan teori Poulos & Davis (1980) penurunan tiang pancang dengandurasiwaktu yang cukup lamapada pondasi tiang pancang tunggal tidak memerlukan peinjauansebab penurunan tiang tunggal disebabkan karena konsolidasi tanahnyacukup kecil.

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

Dengan :

- S = Penurunan keseluruhan tiang
- S_s = Penurunan elastis dan tiang
- S_p = Penurunan dampak beban di ujung tiang pancang
- S_{ps} = Penurunan tiang dikarenakan beban sepanjang batang tiang.

b. Penurunan Tiang Kelompok

Penurunan kelompok tiang pancang dapat diartikanmenjadi perpindahan titik tiang pancang yang disebabkan kenaikan tegangan dilapisan dasar tanah dengan kedalaman sesuai pemancangan tiang pancang yang mana sifat elastisitasnyatanah di tambah pemotongan elastis tiang dampak adanya pembebanan.

Menurut Vesic (1969) tiang pancang kelompok yang terjadi penurunan bisa dihitung memakai persamaan :

$$S_g = \sqrt{\frac{B_g}{D}} S_e$$

Menurut Meyerhoff (1976) penurunan kelompok tiang pancang dapat dihitung dengan menggunakan datas sondir dengan persamaan berikut :

$$S_g = \frac{q \cdot B_g \cdot L}{2 \cdot q_c}$$

Di mana :

- S_g = Penurunan kelompok tiang (mm)
- = Penurunan total per tiang (mm)
- S_e =
- q = Tekanan dasar pondasi
- B_g = Lebar kelompok tiang (cm)
- q_c = Nilai konus pada rata-rata kedalaman B_g
- L = Kedalaman pondasi tiang (cm)
- I = Faktor pengaruh

III. METODOLOGI PENELITIAN

Proyek Pembangunan Gedung Fortunate Citra Grand City Palembang yaitu proyek pembangunan yang membangun gedung, jalan, dan beberapa kontruksi lainnya. Pada pembangunan gedung pondasi utama yang digunakan yaitu pondasi tiang pancang, dikarenakan kondisi tanah yang tidak dapat menahan beban bangunan yang sudah direncanakan. Kedalaman tiang pancang yang dibutuhkan pada pembangunan ini sepanjang 14 meter.

3.1. Data Umum Proyek

Data ini didapat dari lapangan sesuai dengan perhitungan pihak pemilik proyek yang datanyamencakup :

1. Nama Proyek : Proyek Pembangunan Gedung Fortunante Citra Grand City Palembang.
2. Fungsi Gedung : Gedung 2 lantai
3. Lokasi Proyek : Fortunante Citra Grand City (Kelurahan Bukit baru Kec.Iilir Barat I Kota Palembang Sumatera Selatan
- 4.



Gambar 1. Lokasi Penelitian
(Sumber : Google Earth)

3.2. Data Teknis

Data yang digunakan dalam penulisan jurnal ini diperoleh dari lapangan atas persetujuan dari pemilik proyek dengan data:

1. Jenis Pondasi : Pondasi Minipile Segitiga
2. Diameter Tiang Pancangnya : 28 cm
3. Panjang Tiang Pancangnya: 14 m
4. Mutu Beton : K - 450

3.3. Metode Pengolahan Data

Untuk memperlancarkan penulisan jurnal, penulis memakai beberapalangkah pelaksanaannya dengan upaya sesuai dengan tujuan dan maksud dari penelitian ini, tahapan-tahapan tersebut yaitu :

- a. Mengumpulkan beberapa literatur seperti buku ilmiah yang berkaitan dengan jurnal ini
- b. Penulisan jurnal ini yang dibutuhkan yaitu data *Cone Penetration Test* (CPT).
- c. Menganalisis data yang telah didapatkan dari proyek dengan berbagai buku serta beberapa bentuk literatur yang berkaitan dengan jurnal ini
- d. Di tahap ini melakukan perhitungan daya dukung *ultimateserta* daya dukung izin dari data *Cone Penetration Test* (CPT) menggunakan beberapa caraserta menghitung penurunan tiang pancang tunggal serta tiang pancang kelompok secara analisis.
- e. Membuat analisa dari hasil yang telah dihitung dan menyimpulkan dari hasil analisa tersebut

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Daya Dukung Ultimit Aksial

A. Metode Langsung

Perhitungan Titik Sondir 1 (S.01) pada kedalaman 4 meter

Data Tiang Mini Pile (D)

Keliling Mini Pile (K) = $28 \times 28 \times 28 = 84$ cm

Luas Mini Pile (A_p) = $\frac{1}{2} \times 28 \times 24,2$
 = $338,8 \approx 339$ cm

Daya dukung tiang ultimate (Q_{ult}) :

$$Q_{ult} = (q_c \cdot A_p) + (JHL \cdot K)$$

$$= (5 \times 339) + (152,42 \times 84)$$

$$= 14.498,28 \text{ kg}$$

$$= 14,49 \text{ ton}$$

Daya dukung tiang ijin (Q_{ijin}) :

$$Q_{ijin} = \frac{q_c \times A_p}{3} + \frac{JHL \times K}{5}$$

$$= \frac{5 \times 339}{3} + \frac{152,42 \times 84}{5}$$

$$= 3.125,65 \text{ kg} = 3,12 \text{ ton}$$

B. Metode Aoki de Alencar

Perhitungan di Titik Sondir 2 (S.02)

Data Tiang Mini Pile (D)

Diameter Tiang Mini Pile (D)

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 31,6 \text{ cm}$$

$$\text{Luas Mini Pile } (A_p) = \frac{1}{2} \times 28 \times 24,2$$

$$= 338,8 \approx 339 \text{ cm}$$

- Perhitungan kapasitas daya dukung ujung tiang

Kedalaman (meter)	Perlawanan konus (kg/cm ²)
13,40	175
13,80	175
13,80	183
14,00	183
14,20	183
14,40	183
14,60	183
14,80	210

Gambar 2 Perkiraan Nilai q_c (base) Titik Sondir 1 (S.01)

(Sumber : Hasil Perhitungan Nilai q_{ca})

Nilai q_{ca} diambil rata-ratanya :

$$q_{ca} = \frac{175 + 183 + 183 + 183 + 183}{5}$$

$$= 181,4 \text{ kg/cm}^2$$

Kesanggupan daya dukung ujung (q_b) :

$$q_b = \frac{q_{ca}(\text{base})}{F_b} \text{ (Nilai } F_b = 1,75)$$

$$= \frac{181,4}{1,75}$$

$$= 103,65 \text{ kg/cm}^2$$

Kesanggupan nilai ujung tiang (Q_b) :

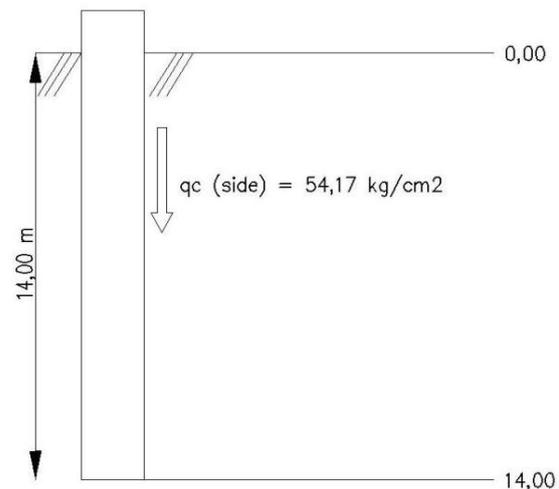
$$Q_b = q_b \times A_p$$

$$= 103,65 \times 339$$

$$= 35.137,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$= 35,13 \text{ ton}$$

- Perhitungan daya dukung kulit tiang (Q_s)



Gambar 3. Nilai q_c (side) di Titik Sondir 1 (S.01)

(Sumber : Hasil Perhitungan Nilai q_{cb})

Kesanggupan daya dukung kulit (f) :

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

$$f = 54,17 \cdot \frac{0,024}{3,5}$$

$$= 0,37145 \text{ kg/cm}^2$$

Kesanggupan dukung kulit (Q_s) :

$$Q_s = f \cdot A_s$$

$$= 0,37145 \cdot 11,76$$

$$= 43682,52 \text{ kg/m}^2$$

$$= 43,68 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung ultimit (Q_u) :

$$Q_u = Q_b + Q_s$$

$$= 35,13 + 43,68$$

$$= 78,81 \text{ ton}$$

4.2. Perhitungan Besar Gaya Yang Diterima Pada Tiang Kelompok

Data Pondasi Tiang Pancang :

V = 40,22 ton (sumber dari perencana)

M_x = 5,51 ton (sumber dari perencana)

X_i = 0,4 m (diketahui dari perencana)

Σx² = 0,32 (diketahui dari perencana)

Beban maksimal yang akan diterima kelompok tiang yaitu :

$$P = \frac{\sum V}{n} \pm \frac{\sum M_x \cdot X_i}{\sum x^2}$$

$$= \frac{40,22}{2} \pm \frac{5,51 \cdot 0,4}{0,32}$$

$$= 20,11 \pm 6,8875$$

$$P_{\max} = 20,11 + 6,8875$$

$$= 26,99 \text{ ton}$$

$$P_{\min} = 20,11 - 6,8875$$

$$= 13,22 \text{ ton}$$

4.3. Effisiensi Tiang Kelompok

Metode Converse - Labarre

Effisiensi Tiang Kelompok (E_g) :

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

$$\theta = \text{Arc tan } d/s$$

$$= \text{Arc tan } \frac{28}{60}$$

$$= 25,01^\circ$$

$$n' = 2$$

$$m = 1$$

$$E_g = 1 - 25,01 \frac{(2-1) \cdot 1 + (1-1) \cdot 2}{90 \cdot 1 \cdot 2}$$

$$= 0,861$$

Metode Los Angeles

$$E_g = 1 - \frac{D}{s \cdot m \cdot n'} [m(n'-1) + n'(m-1) + 2m-1 \cdot (n'-1)]$$

$$E_g = 1 - \frac{28}{60 \cdot 1 \cdot 2} [1(2-1) + 2(1-1) + 2 \cdot 1 - 1 \cdot (2-1)]$$

$$= 0,766$$

Metode Seiler - Keeney

$$E_g = \left\{ 1 - \left[\frac{11s}{7(s^2-1)} \right] \left[\frac{n+m-2}{n+m-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{m+n}$$

$$E_g = \left\{ 1 - \left[\frac{11 \cdot 60}{7(60^2-1)} \right] \left[\frac{2+1-2}{2+1-1} \right] \right\} + \frac{0,3}{1+2}$$

$$= 1,086$$

Kesanggupan kelompok izin tiang (Q_g)

berdasarkan data Sondir :

1. Berdasarkan Metode Los Angeles:

- Q_s = 163,14 (*Metode Langsung*)

Kesanggupan ultimit kelompok tiang (Q_g) :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$= 0,861 \cdot 2 \cdot 163,14$$

$$= 280,92 \text{ ton}$$

- Q_s = 78,81 (*Metode Aoki De Alecar*)

Kesanggupan ultimit kelompok tiang (Q_g) :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$= 0,861 \cdot 2 \cdot 78,81$$

$$= 135,71 \text{ ton}$$

2. Berdasarkan Metode Los Angeles

- Q_s = 163,14 (*Metode Langsung*)

Kesanggupan ultimit kelompok tiang (Q_g) :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$= 0,766 \cdot 2 \cdot 163,14$$

$$= 249,93 \text{ ton}$$

- Q_s = 78,81 (*Metode Aoki De Alecar*)

Kesanggupan ultimit kelompok tiang (Q_g) :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$= 0,766 \cdot 2 \cdot 78,81$$

$$= 120,73 \text{ ton}$$

3. Berdasarkan Metode Seiler - Keeney

- Q_s = 163,14 (*Metode Langsung*)

Kapasitas ultimit kelompok tiang (Q_g) :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$= 1,086 \cdot 2 \cdot 163,14$$

$$= 354,34 \text{ ton}$$

- Q_s = 78,81 (*Metode Aoki De Alecar*)

Kesanggupan ultimit kelompok tiang (Q_g) :

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$= 1,086 \cdot 2 \cdot 78,81$$

$$= 171,17 \text{ ton}$$

Tabel 1. Rekapitulasi perhitungan efisiensi tiang pancang kelompok di titik sondir 1

Metode efisiensi	Titik sondir 1	
	Aoki de Alencar	langsung
	Qg (Ton)	Qg (Ton)
Converse-Labbare Eg = 0,861	280,92	135,71
Los Angeles Eg = 0,766	249,93	120,73
Seiler-Keeney Eg = 1,86	354,34	171,17

(Sumber : Perhitungan Efisiensi Tiang Pancang Kelompok)

4.4. Penurunan Tiang Pancang

Pada titik Sondir 1 (S.01) berdasarkan data Pembangunan Gedung Fortunate Citra Grand City Palembang.

Data yang diperoleh dari titik 1 adalah :

1. Panjangnya Tiang Pancang(L)= 14 m
2. Diameternya Tiang Pancang (D) = 0,28 m
3. Mutu benton tiang (fc) = 37,35 / K450
4. Tahanan ujung (qc) = 54,17 kg/cm²

Penurunan total (S)

$$\begin{aligned}
 S &= S_s + S_p + S_{ps} \\
 &= 0,00898166 + 0,0344228 + 0,01524658 \\
 &= 0,05865052 \text{ m} \\
 &= 58,65 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penurunan kelompok tiang dengan menggunakan Metode Vesic(Sg) :

$$\begin{aligned}
 S_g &= \sqrt{\frac{600}{280}} \cdot 58,64 \\
 &= 85,84 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Penurunan kelompok tiang dengan menggunakan Metode Meyerhoff (Sg) :

$$\begin{aligned}
 S_g &= \frac{q \cdot B_g \cdot l}{2 \cdot q_c} \\
 &= \frac{0,060666 \cdot 600 \cdot 0,75}{2 \cdot 54,17} \\
 &= 0,251 \text{ cm} \\
 &= 2,51 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Hasil pada perhitungan serta hasil pembahasantersebut penulis memberi beberapa saran berikut :

1. Daya dukung ultimit aksial yang diperoleh pondasi tiang diameter 0,28 m dengan panjang 14 m dengan menggunakan data Cone Penetration Test (CPT) adalah sebesar :
 - a. CPT yang diperoleh dengan menggunakan Metode Langsung pada titik sondir 1 nilai Q_{ult} sebesar 163,14 ton, titik sondir 2 nilai Q_{ult} sebesar 155,93 ton, titik sondir 3 nilai Q_{ult} sebesar 149,46 ton.

- b. CPT yang diperoleh dengan menggunakan Metode Aoki de Alencardi titik sondir 1 nilai Q_{ult} sebesar 78,81 ton, titik sondir 2 nilai Q_{ult} sebesar 80,98 ton, titik sondir 3 nilai Q_{ult} sebesar 80,47 ton
2. Dari hasil perhitungan besarnya gaya maksimal pada tiang sebesar 26,99 ton untuk gaya minimum yang diterima pada tiang sebesar 13,22 ton.
 3. Besarnya daya dukung ijin pada tiang kelompok berdasarkan efisiensi menggunakan 2 tiang pancang pada satu kelompok yaitu :
 - a. Kapasitas ijin kelompok tiang dengan menggunakan Metode Converse-LabbareE_g sebesar 0,861.
 - b. Kapasitas ijin kelompok tiang dengan menggunakan Metode Los Angeles E_gyaitu 0,766.
 - c. Metode Seiler-Keeneydidapat kapasitas kelompok ijin E_g sebesar 1,086
 4. Hasil dari perhitungan penurunan total pada tiang tunggal dititik sondir 1 yaitu 0,636 cm, titik sondir 2 yaitu 0,645 cm, titik sondir 3 sebesar 0,656 cm.
 5. Hasil dari perhitungan penurunan tiang kelompok (S_g) :
 - a. Metode Vesic pada titik sondir 1 sebesar 85,84 mm, titik sondir 2 sebesar 65,74 mm, titik sondir 3 sebesar 67,05 mm.
 - b. Penurunan tiang kelompok dengan Metode Meyerhoff pada ketiga titik sondir tersebut sama yaitu sebesar 25,51 mm.
 6. Analisa dan Perbandingan dari hasil perhitungan
 - a. Pada perhitungan dengan Metode Langsung upaya untuk mendapatkan hasil daya dukung sangat besar sehingga untuk mendapatkan hasil kapasitas izin yang realistis dan aman harus dibagikan dengan safety factor, namun berbeda dengan Metode Aoki de Alencar karena dalam upaya mencari besarnya daya dukung ultimit harus diketahui besar dari daya dukung kulit dan daya dukung ujung. Pada saat melakukan perencanaan pondasi hasil yang lebih tepat digunakan Metode Aoki de Alencar dan bisa juga membantu saat mencari berapa besarnya penurunan tiang.
 - b. Kelompok tiang mampu menahan beban maksimum sebesar 26,99 ton dan beban minimum sebesar 13,22 ton.
 - c. Hasil perhitungan efisiensi kelompok tiang yang paling terkecil nilai effisiensinya ialah Metode Los Angeles
 - d. Untuk penurunan total pada tiang tunggal sudah memenuhi syarat aman yaitu sebesar 0,636 < 2,8 cm.
 - e. Penurunan tiang kelompok dengan menggunakan Metode Vesic yaitu sebesar 85,84 mm untuk penurunan dengan Metode Meyerhoff yaitu sebesar 25,51

5.2 Saran

1. Upaya dalam mendapatkan hasil daya dukung pada tiang pancang secara maksimal yaitu lebih perhatikan tata cara yang sesuai di laboratorium dan dilapangan
2. Lebih berhati-hati dan teliti dalam melakukan pengujian baik saat penggunaan alat maupun mencatat hasil yang terdapat di alat ukur sampai pengolahan datanya.
3. Untuk merencanakan pondasi lebih disarankan menggunakan hasil perhitungan *Metode Aoki de Alencar* karena bisa digunakan menjadi acuan pada saat mencari penurunan elastis tiang tunggal yang akan direncanakan.
4. Karena itu pengujian sondir kurang akurat, sehingga melakukan pengujian dengan alat yang berbeda seperti pengujian pembebanan tiang, pengecekan laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Arifta A, 2016, *Redisain Fondasi Tiang Pancang pada Proyek Pembangunan Gedung B Fakultas Bioogi UGM*. Tugas Akhir UII Yogyakarta.
- [2]. Bowles, J. E. 2000. *Analisa dan Desain Pondasi, Edisi ke-4 Jilid 1*, Erlangga : Jakarta.
- [3]. Bowles, J. E. 2000. *Analisa dan Desain Pondasi, Edisi ke-4 Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- [4]. Darlina, T., dan Bangun Pasaribu., dan Jupriah, S., 2015, *Rekayasa Pondasi II*, Medan.
- [5]. Das, Braja M., 2011. *Principles of Foundation Engineering, SI (7th ed.)*. USA.
- [6]. Gultom, E., 2010. *Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal pada Proyek Pembangunan PLTU 2 Sumatra Utara*
- [7]. Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [8]. Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 1*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- [9]. Randyanto, E. S., & Sumampouw, J. E. R., Balamba, S. 2015. *Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Memakai Metode Statik dan Kalendring Studi Kasus: Proyek Pembangunan Manado Town Square. Sipil Statik, Universitas Sam Ratulangi Manado, Vol 3 (9)*.
- [10]. Shirley, L.H., 1987, *Penuntun praktis Geoteknik dan Mekanika Tanah*, Nova Bandung.
- [11]. Simalango, A. 2016, *Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga Pada Bore Hole II (Studi Kasus Pembangunan Bendung Bajayu Sei Padang Kabupaten Serdang Berdagai Sumatera Utara)*. Medan: USU.
- [12]. Sosrodarsono, I. S. 2000. *Mekanika Teknik dan Teknik Pondasi*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.