

ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG MENGUNAKAN DATA SONDIR PADA PROYEK PEMBANGUNAN PERLUASAN GEDUNG KANTOR SUCOFINDO MEDAN SUMATERA UTARA

Ridho Purba, Kartika Indah Sari

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Komputer, Universitas Harapan Medan
ridooopurbaa17@gmail.com

Abstrak

Pondasi tiang berfungsi untuk memikul dan menahan beban yang bekerja. Setiap pondasi harus mampu memikul beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk memikul beban maksimum untuk mentransfer beban dari bagian struktur atas kelapisan tanah keras. Pondasi tiang memiliki kekuatan yang daya dukungnya ditentukan berdasarkan tahanan ujung dan pelekatan tiang dengan tanah, sehingga untuk lapisan tanah keras yang terletak cukup jauh dari permukaan tanah pondasi ini sangat sesuai untuk digunakan. Tujuan dari penulisan skripsi ini yaitu untuk menganalisis daya dukung tiang tunggal dengan metode Meyerhoff dan menganalisis daya dukung serta efisiensi tiang kelompok dengan metode Converse-Labarre menggunakan data hasil penyelidikan Cone Penetration Test (CPT). Kesimpulan dari analisis daya dukung izin tiang tunggal pada titik sondir (S-1) diameter 25 cm diperoleh 39,39 ton, diameter 30 cm diperoleh 52,26 ton, diameter 35 cm diperoleh 67,18 ton, diameter 40 cm diperoleh 83,11 ton, diameter 45 cm diperoleh 100,87 ton, serta diameter 50 cm diperoleh 120,73 ton dan pada titiksondir (S-2) diameter 25 cm diperoleh 65,01 ton, diameter 30 cm diperoleh 84,69 ton, diameter 35 cm diperoleh 107,36 ton, diameter 40 cm diperoleh 132,13 ton, diameter 45 cm diperoleh 159,07 ton dan diameter 50 cm diperoleh 189,41 ton. Kemudian dari analisis daya dukung tiang kelompok didapatkan sebesar 125,41 ton dan efisiensi tiang diperoleh 0,796 dengan jumlah tiang sebanyak 4 tiang. Berdasarkan dari hasil dan pembahasan ini, ada beberapa saran yang akan penulis sampaikan, yaitu sebagai berikut. Data sondir pada titik 1 dan 2 didapat ke dalaman tanah keras (dense) berbeda jauh, maka saya sarankan untuk diadakan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan boring machine. Penulis menyarankan untuk membandingkan hasil analisis daya dukung tiang dengan beberapa metode lainnya. Hasil penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, maka perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk analisis dan permasalahan yang serupa.

Kata Kunci : Pondasi, Daya Dukung, Tiang Pancang, Efisiensi,

I. PENDAHULUAN

Dalam pekerjaan konstruksi, seperti gedung, jembatan, jalanraya, terowongan, dinding penahan, menara, tanggul, harus mempunyai pondasi yang dapat mendukungnya. Pondasi harus diperhitungkan untuk dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban – beban bangunan, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi, dan lain-lain. Disamping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diizinkan agar kegagalan fungsi pondasi dapat dihindari, maka pondasi bangunan harus diletakkan pada lapisan tanah yang cukup keras, padat, dan kuat mendukung beban bangunan tanpa menimbulkan penurunan yang berlebihan. Pondasi adalah struktur bagian bawah yang umumnya terletak di bawah permukaan tanah yang berfungsi untuk meneruskan gaya yang diterimanya kelapisan tanah pendukung. Pondasi tiang pancang merupakan salah satu jenis pondasi dalam yang umum digunakan. Tiang ini berfungsi untuk menyalurkan beban struktur kelapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang letak tanah kerasnya cukup dalam. Tujuan analisis daya dukung pondasi tersebut untuk

mengetahui berapa beban yang dapat diterima oleh suatu pondasi dengan tidak melebihi kapasitas ijin dari pondasi tersebut. Berdasarkan latar belakang tersebut tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisis kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data sondir menggunakan metode Meyerhoff pada proyek Pembangunan Perluasan Gedung Kantor Sucofindo Medan Sumatera Utara.

II. DATA PROYEK

2.1 Lokasi

Proyek berada di Gedung Sucofindo Medan yang terletak di Jl. Jenderal Gatot Subroto, No.105, KM 5.5 Medan.



Gambar 1. Lokasi Proyek

2.2. Metode Penyelidikan Tanah Menggunakan Sondir (*Cone Penetration Test*)

Di dalam perbedaan hasil tes di lapangan, sondir atau *cone penetration test (CPT)* seringkali sangat dipertimbangkan berperanan dari geoteknik. *CPT* atau sondir ini merupakan tes yang sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus menerus dari permukaan tanah-tanah dasar. *CPT* atau sondir juga dapat mengklasifikasi lapisan tanah dan dapat memperkirakan kekuatan serta karakteristik dari tanah. Untuk perencanaan pondasi tiang pancang data tanah sangat diperlukan agar dapat diketahui kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dari tiang pancang sebelum pembangunan dimulai, guna menentukan kapasitas daya dukung dari tiang pancang.

2.3 Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Tunggal Menggunakan Metode Meyerhoff

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Meyerhoff* dapat dilihat sebagai berikut:

$$Q_p = A_p \cdot (q_c \cdot r) \cdot 10 \quad (1)$$

$$Q_s = TF \cdot A_k / 10 \quad (2)$$

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (3)$$

$$Q_i = \frac{Q_p}{FK1} + \frac{Q_s}{FK2} \quad (4)$$

Sedangkan untuk daya dukung ijin dapat dihitung dengan rumus :

Q_u = Daya dukung ultimate tiang pancang (kg atau ton)

Q_i = Daya dukung izin tiang (kg atau ton)

Q_p = Daya dukung ujung tiang (kg atau ton)

Q_s = Dayadukunglekat(*friction*) kg atau ton

TF =Jumlahhambatanlekat(*total skin friction*) kg/cm

$q_c \cdot r$ =Perlawanankonusrata-rata

A_p = Luas penampangtiang (cm^2)

A_k = Kelilingtiang (cm)

10 = Faktoralat

$FK1$ =Faktor keamanan daya dukung ujung tiang

$FK2$ = Faktor keamanan hambatan lekat tiang

2.4 Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Kelompok Menggunakan Metode Converse-Labarre

Untuk menghitung daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data hasil pengujian sondir dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Meyerhoff* dapat dilihat sebagai berikut:

a. Jumlah Tiang

$$n = P_u / Q_i \quad (5)$$

Dimana :

P_u = Beban rencana

Q_i = Daya dukung izin tiang tunggal

n = Jumlah tiang

b. Efisiensi Kelompok Tiang

$$Eff = 1 - \left(\frac{\theta}{90} \right) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right) \quad (6)$$

Dimana :

Eff = Efisiensi Kelompok Tiang

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang satu baris

θ = arc tan d/s , dalam derajat

d = Diameter tiang (cm)

S = Jarak antar tiang

c. Daya Dukung Izin Tiang Pancang Kelompok

d.

$$Q_{ijin} \text{ Kelompok} = Eff \times Q_{ijin} \text{ Tunggal} \times n \quad (7)$$

2.5. Data Tiang Pancang

Proyek Pembangunan dan Perluasan Gedung Kantor Sucofindo terletak di Jl. Jenderal Gatot Subroto, No.105, KM 5.5 Medan, Sumatera Utara ini menggunakan pondasi tiang pancang beton.

Berikut ini adalah data tiang pancang *Concrete Pile* :

Beban rencana bangunan (P_u) = 111,08 Ton

Jenis tiang pancang = *Concrete pile*

Panjang tiang pancang = 6 meter

Kedalaman tiang pancang = 11 m

Diameter tiang pancang (D) = 0,25 m^2

Keliling tiang pancang (A_k) = 0,785 m

Luas penampang (A_p) = 0,049 m^2

Mutu beton tiang pancang = K-350

($f_c' = 29,05 \text{ MPa}$)

Beratbetonbertulang (W_c) = 24 kN/m^3

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Hasil Penyelidikan Tanah

Hasil Pengujian menggunakan metode *Cone Penetration Test (Sondering Test)* dilakukan sebanyak 2 titik dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Data Sondir S-1 dan S-2

Titik Sondir	Kedalaman (m)	q_c (Kg/cm^2)	TF (Kg/cm)	Lokasi
S-1	5,80	225	718,20	Sucofindo
S-2	10,80	235	2012,40	Sucofindo

Dari tabel di atas bahwa pada kedalaman tersebut untuk ke 2 (dua) titik sondir dijumpai tanah dengan tingkat kepadatan tanah sangat padat, yaitu berkisar antara kedalaman 05.80 m – 10.80 m dengan nilai q_c antara 225 Kg/cm^2 sampai dengan 235 Kg/cm^2 .

3.2 Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Pada Titik Sondir S-1 Kedalaman 5,80 Meter Menggunakan Metode Meyerhoff

Analisis daya dukung tiang pancang tunggal pada titik sondir S-1 variasi diameter 25cm, 30cm, 35cm, 40cm, 45cm, 50cm, menggunakan metode *Meyerhoff*. Berdasarkan data sondir yang diperoleh dari proyek pembangunan perluasan gedung kantor Sucofindo Medan adalah sebagai berikut :

1. Diameter 25 cm

$$\begin{aligned}
 qcr &= 172,20 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 Ap &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,25)^2 \\
 &= 0,049 \text{ m}^2 \\
 Ak &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 0,25 \\
 &= 0,785 \text{ m} \\
 Qp &= Ap \cdot (qcr) \cdot 10 \\
 &= 0,049 \text{ m}^2 (172,20 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\
 &= 84,37 \text{ Ton} \\
 Qs &= TF \cdot Ak / 10 \\
 &= 718,20 \text{ Kg/cm} (0,785 \text{ m}) / 10 \\
 &= 56,37 \text{ Ton} \\
 Qu &= Qp + Qs \\
 &= 84,37 + 56,37 \\
 &= 140,74 \text{ Ton} \\
 Qi &= Qp/FK1 + Qs/FK2 \\
 &= 84,37/3 + 56,37/5 \\
 &= 39,39 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

2. Diameter 30 cm

$$\begin{aligned}
 qcr &= 166,00 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 Ap &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,30)^2 \\
 &= 0,070 \text{ m}^2 \\
 Ak &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 0,30 \\
 &= 0,942 \text{ m} \\
 Qp &= Ap \cdot (qcr) \cdot 10 \\
 &= 0,070 \text{ m}^2 (166,00 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\
 &= 116,2 \text{ Ton} \\
 Qs &= TF \cdot Ak / 10 \\
 &= 718,20 \text{ Kg/cm} (0,942 \text{ m}) / 10 \\
 &= 67,65 \text{ Ton} \\
 Qu &= Qp + Qs \\
 &= 116,2 + 67,65 \\
 &= 183,85 \text{ Ton} \\
 Qi &= Qp/FK1 + Qs/FK2 \\
 &= 116,2/3 + 67,65/5 \\
 &= 52,26 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

3. Diameter 35 cm

$$\begin{aligned}
 qcr &= 160,64 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 Ap &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,35)^2 \\
 &= 0,096 \text{ m}^2 \\
 Ak &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 0,35 \\
 &= 1,099 \text{ m} \\
 Qp &= Ap \cdot (qcr) \cdot 10 \\
 &= 0,096 \text{ m}^2 (160,64 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\
 &= 154,21 \text{ Ton} \\
 Qs &= TF \cdot Ak / 10 \\
 &= 718,20 \text{ Kg/cm} (1,099 \text{ m}) / 10 \\
 &= 78,93 \text{ Ton} \\
 Qu &= Qp + Qs \\
 &= 154,21 + 78,93 \\
 &= 231,95 \text{ Ton} \\
 Qi &= Qp/FK1 + Qs/FK2 \\
 &= 154,21/3 + 78,93/5 \\
 &= 67,18 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

4. Diameter 40 cm

$$\begin{aligned}
 qcr &= 156,19 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 Ap &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,40)^2 \\
 &= 0,125 \text{ m}^2 \\
 Ak &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 0,40 \\
 &= 1,256 \text{ m} \\
 Qp &= Ap \cdot (qcr) \cdot 10 \\
 &= 0,125 \text{ m}^2 (156,19 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\
 &= 195,23 \text{ Ton} \\
 Qs &= TF \cdot Ak / 10 \\
 &= 718,20 \text{ Kg/cm} (1,256 \text{ m}) / 10 \\
 &= 90,20 \text{ Ton} \\
 Qu &= Qp + Qs \\
 &= 195,23 + 90,20 \\
 &= 285,43 \text{ Ton} \\
 Qi &= Qp/FK1 + Qs/FK2 \\
 &= 195,23/3 + 90,20/5 \\
 &= 83,11 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

5. Diameter 45 cm

$$\begin{aligned}
 qcr &= 153,00 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 Ap &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,45)^2 \\
 &= 0,158 \text{ m}^2 \\
 Ak &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 0,45 \\
 &= 1,413 \text{ m} \\
 Qp &= Ap \cdot (qcr) \cdot 10 \\
 &= 0,158 \text{ m}^2 (153,00 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\
 &= 241,74 \text{ Ton} \\
 Qs &= TF \cdot Ak / 10 \\
 &= 718,20 \text{ Kg/cm} (1,413 \text{ m}) / 10 \\
 &= 101,48 \text{ Ton} \\
 Qu &= Qp + Qs \\
 &= 241,74 + 101,48 \\
 &= 343,22 \text{ Ton} \\
 Qi &= Qp/FK1 + Qs/FK2 \\
 &= 241,74/3 + 101,48/5 \\
 &= 100,87 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

6. Diameter 50 cm

$$\begin{aligned}
 qcr &= 150,30 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 Ap &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,50)^2 \\
 &= 0,196 \text{ m}^2 \\
 Ak &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 0,50 \\
 &= 1,57 \text{ m} \\
 Qp &= Ap \cdot (qcr) \cdot 10 \\
 &= 0,196 \text{ m}^2 (150,30 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\
 &= 294,58 \text{ Ton} \\
 Qs &= TF \cdot Ak / 10 \\
 &= 718,20 \text{ Kg/cm} (1,57 \text{ m}) / 10 \\
 &= 112,72 \text{ Ton} \\
 Qu &= Qp + Qs \\
 &= 294,58 + 112,72 \\
 &= 407,3 \text{ Ton} \\
 Qi &= Qp/FK1 + Qs/FK2 \\
 &= 294,58/3 + 112,72/5
 \end{aligned}$$

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

Hasil analisis daya dukung tiang pancang selanjutnya dibuat dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut:

Tabel 2. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang S-1

No.	Diameter (cm)	Qp (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)	Qi (ton)
1.	25	84,37	56,37	140,74	39,39
2.	30	116,2	67,65	183,85	52,26
3.	35	154,21	78,93	233,14	67,18
4.	40	195,23	90,20	285,43	83,11
5.	45	241,74	101,48	343,22	100,87
6.	50	294,58	112,72	407,3	120,73

Tabel 2 di atas merupakan hasil analisis daya dukung tiang pancang tunggal pada titik sondir S-1 yang menggunakan metode Meyerhoff oleh penulis dengan variasi diameter 25cm, 30cm, 35cm, 40cm, 45cm, dan 50cm.

3.3. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Pada Titik Sondir S-2 Kedalaman 10,80 Meter Menggunakan Metode Meyerhoff

Analisis daya dukung tiang pancang tunggal pada titik sondir S-2 variasi diameter 25cm, 30cm, 35cm, 40cm, 45cm, 50cm, menggunakan metode Meyerhoff. Berdasarkan data sondir yang diperoleh dari proyek pembangunan perluasan gedung kantor Sucofindo Medan adalah sebagai berikut :

1. Diameter 25 cm

$$\begin{aligned} q_{cr} &= 204,60 \text{ Kg/Cm}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,25)^2 \\ &= 0,049 \text{ m}^2 \\ A_k &= \pi \cdot d \\ &= 3,14 \cdot 0,25 \\ &= 0,785 \text{ m} \\ Q_p &= A_p \cdot (q_{cr}) \cdot 10 \\ &= 0,049 \text{ m}^2 (204,60 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\ &= 100,25 \text{ Ton} \\ Q_s &= TF \cdot A_k / 10 \\ &= 2012,40 \text{ Kg/cm} (0,785 \text{ m}) / 10 \\ &= 157,97 \text{ Ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 100,25 + 157,97 \\ &= 258,22 \text{ Ton} \\ Q_i &= Q_p / FK1 + Q_s / FK2 \\ &= 100,25 / 3 + 157,97 / 5 \\ &= 65,01 \text{ Ton} \end{aligned}$$

2. Diameter 30 cm

$$\begin{aligned} q_{cr} &= 200,50 \text{ Kg/Cm}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,30)^2 \\ &= 0,070 \text{ m}^2 \\ A_k &= \pi \cdot d \\ &= 3,14 \cdot 0,30 \\ &= 0,942 \text{ m} \\ Q_p &= A_p \cdot (q_{cr}) \cdot 10 \\ &= 0,070 \text{ m}^2 (200,50 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \end{aligned}$$

$$= 140,35 \text{ Ton}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= TF \cdot A_k / 10 \\ &= 2012,40 \text{ Kg/cm} (0,942 \text{ m}) / 10 \\ &= 189,56 \text{ Ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 140,35 + 189,56 \\ &= 329,91 \text{ Ton} \\ Q_i &= Q_p / FK1 + Q_s / FK2 \\ &= 140,35 / 3 + 189,56 / 5 \\ &= 84,69 \text{ Ton} \end{aligned}$$

3. Diameter 35 cm

$$\begin{aligned} q_{cr} &= 197,29 \text{ Kg/Cm}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,35)^2 \\ &= 0,096 \text{ m}^2 \\ A_k &= \pi \cdot d \\ &= 3,14 \cdot 0,35 \\ &= 1,099 \text{ m} \\ Q_p &= A_p \cdot (q_{cr}) \cdot 10 \\ &= 0,096 \text{ m}^2 (197,29 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\ &= 189,39 \text{ Ton} \\ Q_s &= TF \cdot A_k / 10 \\ &= 2012,40 \text{ Kg/cm} (1,099 \text{ m}) / 10 \\ &= 221,16 \text{ Ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 189,39 + 221,16 \\ &= 410,55 \text{ Ton} \\ Q_i &= Q_p / FK1 + Q_s / FK2 \\ &= 189,39 / 3 + 221,16 / 5 \\ &= 107,36 \text{ Ton} \end{aligned}$$

4. Diameter 40 cm

$$\begin{aligned} q_{cr} &= 195,81 \text{ Kg/Cm}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,40)^2 \\ &= 0,125 \text{ m}^2 \\ A_k &= \pi \cdot d \\ &= 3,14 \cdot 0,40 \\ &= 1,256 \text{ m} \\ Q_p &= A_p \cdot (q_{cr}) \cdot 10 \\ &= 0,125 \text{ m}^2 (195,81 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\ &= 244,76 \text{ Ton} \\ Q_s &= TF \cdot A_k / 10 \\ &= 2012,40 \text{ Kg/cm} (1,256 \text{ m}) / 10 \\ &= 252,75 \text{ Ton} \\ Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 244,76 + 252,75 \\ &= 497,51 \text{ Ton} \\ Q_i &= Q_p / FK1 + Q_s / FK2 \\ &= 244,76 / 3 + 252,75 / 5 \\ &= 132,13 \text{ Ton} \end{aligned}$$

5. Diameter 45 cm

$$\begin{aligned} q_{cr} &= 194,06 \text{ Kg/Cm}^2 \\ A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\ &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,45)^2 \\ &= 0,158 \text{ m}^2 \\ A_k &= \pi \cdot d \\ &= 3,14 \cdot 0,45 \\ &= 1,413 \text{ m} \\ Q_p &= A_p \cdot (q_{cr}) \cdot 10 \\ &= 0,158 \text{ m}^2 (194,06 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\ &= 306,61 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_s &= TF \cdot A_k / 10 \\
 &= 2012,40 \text{ Kg/cm} (1,413 \text{ m}) / 10 \\
 &= 284,35 \text{ Ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 306,61 + 284,35 \\
 &= 590,96 \text{ Ton} \\
 Q_i &= Q_p / FK1 + Q_s / FK2 \\
 &= 306,61/3 + 284,35/5 \\
 &= 159,07 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

6. Diameter 50 cm

$$\begin{aligned}
 q_{cr} &= 193,20 \text{ Kg/Cm}^2 \\
 A_p &= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (d)^2 \\
 &= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,50)^2 \\
 &= 0,196 \text{ m}^2 \\
 A_k &= \pi \cdot d \\
 &= 3,14 \cdot 0,50 \\
 &= 1,57 \text{ m} \\
 Q_p &= A_p \cdot (q_{cr}) \cdot 10 \\
 &= 0,196 \text{ m}^2 (193,20 \text{ Kg/Cm}^2) \cdot 10 \\
 &= 378,67 \text{ Ton} \\
 Q_s &= TF \cdot A_k / 10 \\
 &= 2012,40 \text{ Kg/cm} (1,57 \text{ m}) / 10 \\
 &= 315,94 \text{ Ton} \\
 Q_u &= Q_p + Q_s \\
 &= 378,67 + 315,94 \\
 &= 694,61 \text{ Ton} \\
 Q_i &= Q_p / FK1 + Q_s / FK2 \\
 &= 378,67/3 + 315,94/5 \\
 &= 189,41 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Hasil analisis daya dukung tiang pancang selanjutnya dibuat dalam bentuk tabel sebagai berikut :

Tabel 3. Analisis Daya Dukung Tiang Pancang S-2

No.	Diameter (cm)	Q _p (ton)	Q _s (ton)	Q _u (ton)	Q _i (ton)
1.	25	100,25	157,97	258,22	65,01
2.	30	140,35	189,56	329,91	84,69
3.	35	189,39	221,16	410,55	107,36
4.	40	244,76	252,75	497,51	132,13
5.	45	306,61	284,35	590,96	159,07
6.	50	378,67	315,94	694,61	189,41

Tabel 3 di atas merupakan hasil analisis daya dukung tiang pancang tunggal pada titik sondir S-2 yang menggunakan metode *Meyerhoff* oleh penulis dengan variasi diameter 25cm, 30cm, 35cm, 40cm, 45cm, dan 50cm.

3.4 Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Menggunakan Metode *Converse-Labarre*

Analisa daya dukung tiang pancang kelompok menggunakan metode *Converse – Labarre* adalah sebagai berikut :

1. Data tiang pancang yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Beban rencana bangunan (Pu)} &= 111,08 \text{ Ton} \\
 \text{Jenis tiang pancang} &= \text{Concrete pile} \\
 \text{Panjang tiang pancang} &= 6 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kedalaman tiang pancang} &= 11 \text{ m} \\
 \text{Diameter tiang pancang (D)} &= [0,25 \text{ m}]^2 \\
 \text{Keliling tiang pancang (A_k)} &= 0,785 \text{ m} \\
 \text{Luas penampang (A_p)} &= [0,049 \text{ m}]^2 \\
 \text{Mutu beton tiang pancang} &= \text{K-350 (f'c' = 29,05 MPa)} \\
 \text{Berat beton bertulang (W_c)} &= 24 \text{ kN/m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Hasil Analisis Data Sondir Diameter 25cm

No.	Titik Sondir	Q _{ijin} Tunggal (Ton)
1.	S-1	39,39
2.	S-2	65,01

Dari 2 titiksondir yang dilaksanakan, diambil Q_i terkecil pada titiksondir S-1 dengan diameter 25cm sebesar 39,39 ton.

2. Perhitungan Jumlah Tiang Pancang Kelompok
Perhitungan jumlah tiang pancang kelompok menggunakan rumus :

$$\begin{aligned}
 n &= Pu / Q_i \\
 &= (111,08 \text{ ton}) / (39,39 \text{ ton}) \\
 &= 2,82 \rightarrow 4 \text{ tiang}
 \end{aligned}$$

Untuk kestabilan struktur maka digunakan tiang pondasi kelompok, n = 4 tiang.

3. Effisiensi Tiang Kelompok

Perhitungan effisiensi tiang kelompok dapat menggunakan persamaan *Converse-Labarre* sebagai berikut:

Diketahui,

$$\begin{aligned}
 m &= 2 \text{ baris} \\
 n &= 2 \text{ tiang} \\
 d &= 25 \text{ cm} \\
 S &= 75 \text{ cm} \\
 \theta &= \arctan d/S \\
 &= \arctan (25/75) \\
 &= 18,43^\circ
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Eff} &= 1 - \left(\frac{\theta}{90^\circ} \right) \left(\frac{(n-1)m + (m-1)n}{m \cdot n} \right) \\
 &= 1 - \left(\frac{18,43^\circ}{90^\circ} \right) \left(\frac{(2-1)2 + (2-1)2}{2 \cdot 2} \right) \\
 &= 1 - (0,204 \times 1) \\
 &= 0,796
 \end{aligned}$$

4. Daya Dukung Izin Tiang Pancang Kelompok

Perhitungan daya dukung izin tiang pancang kelompok dapat menggunakan persamaan *Converse-Labarre* sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{ijin} \text{ Kelompok} &= \text{Eff} \times Q_{ijin} \text{ Tunggal} \times n \\
 &= 0,796 \times 39,39 \times 4 \\
 &= 125,41 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisis perhitungan daya dukung izin (Q_i) untuk pondasi tiang pancang kelompok diameter 25cm dari data sondir yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode *Converse – Labarre* diperoleh jumlah tiang sebanyak 4 tiang, effisiensi sebesar 0,796 dan daya dukung izin sebesar 125,41 ton.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan analisis perhitungan yang dilakukan oleh penulis maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Daya dukung izin (Q_i) untuk pondasi tiang pancang tunggal dari data sondir S-1 dengan kedalaman 5,80 meter menggunakan metode Meyerhoff diperoleh beberapa yaitu untuk tiang diameter 25 cm sebesar 39,39 ton, diameter 30 cm sebesar 52,26 ton, diameter 35 cm sebesar 67,18 ton, diameter 40 cm sebesar 83,11 ton, diameter 45 cm sebesar 100,87 ton, dan diameter 50 cm sebesar 120,73 ton. Daya dukung izin (Q_i) untuk pondasi tiang pancang tunggal dari data sondir S-2 dengan kedalaman 10,80 meter menggunakan metode Meyerhoff diperoleh beberapa yaitu untuk tiang diameter 25 cm sebesar 65,01 ton, diameter 30 cm sebesar 84,69 ton, diameter 35 cm sebesar 107,36 ton, diameter 40 cm sebesar 132,13 ton, diameter 45 cm sebesar 159,07 ton, dan diameter 50 cm sebesar 189,41 ton.
2. Dari hasil analisis perhitungan daya dukung izin (Q_i) untuk pondasi tiang pancang kelompok diameter 25 cm dari data sondir yang dilakukan oleh penulis menggunakan metode Converse – Labarre diperoleh sebesar 125,41 ton dan efisiensi tiang kelompok menggunakan metode Converse – Labarre diperoleh efisiensi sebesar 0,796 dengan jumlah tiang sebanyak 4 tiang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1.] A., Hanggoro Tri Cahyo, 2006, *Hand Out Rekayasa Pondasi 2, Pondasi Tiang Pancang*, Jurusan Teknik Sipil –FT, Universitas Negeri Semarang.
- [2.] Arifin, Zainul, 2007, *Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung dengan Beberapa Metode Analisis*, Tesis, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro Semarang..
- [3.] Bowles, J. E., 1991, *Analisis dan Desain Pondasi*, Edisi Keempat jilid 1, Jakarta : Erlangga.
- [4.] Bowles JE, 1993, *Analisa dan desain Pondasi* (Edisi keempat Jilid 2). Jakarta: Erlangga.
- [5.] Bowles JE, 1996. *Foundation Analysis and Design*. Tokyo, Japan: McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- [6.] Das, M. B., 1941, *Principles of Foundation Engineering Fourth Edition*, California : State University Sacramento.
- [7.] Das, M. B., 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)* Jilid 1 Jakarta : Erlangga.
- [8.] Direktorat Jenderal Bina Marga. 1976. *Manual Pemeriksaan Jalan. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik* : Jakarta.
- [9.] Hardiyatmo, H.C, 1996, *Teknik Pondasi 1*, Yogyakarta : Gramedia Pustaka
- [10.] Hardiyatmo, H.C, 2010, *Analisis dan Perancangan Pondasi bagian II*, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- [11.] Hardiyatmo, H.C, 2011, *Analisis dan Perancangan Pondasi bagian I*, Edisi ke-2, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- [12.] Meyerhof, G. G. 1956. *Penetration tests and bearing capacity of cohesionless soils*. ASCEJ Soil Mech Found Div 82:866–1019.
- [13.] Meyerhof, G. G. 1976. *Bearing capacity and settlement of pile foundations*, J Geotech Eng Div 102:195–228.
- [14.] Sosrodarsono, S. Dan Nakazawa, 2005, *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, Jakarta : PT Pradnya Paramita.
- [15.] Tambunan, J., 2012 *Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang*, Jurnal Rancang Sipil, Universitas Simalungun.