

ANALISIS PONDASI BORED PILE PADA STRUKTUR TUGU TALAWANG DI BUNARAN BESAR PALANGKA RAYA

Alveno Setiawan

Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: alsetiawan666@gmail.com

Stephanus Aleksander

Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: stephanus@eng.upr.ac.id

Fatma Sarié

Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: fatmasarie@jts.upr.ac.id

Suradji Gandi

Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: suradjigandi_ir@jts.upr.ac.id

Okrobianus Hendri

Jurusan/ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
Jln. Hendrik Timang, Palangka Raya
e-mail: okrobianus@gmail.com

Abstract : *In the Bundaran Besar area of Palangka Raya City, the Tugu Talawang structure will be built with a design height of 45 meters. The construction of the structure is planned to use a Bored Pile foundation because there is a layer of granite soil at a depth of 2 m below the ground surface. The structure has 16 foundation piles which are supported by Bored Pile foundations with a diameter of 600 mm, with different number of piles. On one support with another support will carry a different axial force. This is caused by the different super structure forces that are channeled into the ground. Foundation planning is carried out based on field test data with the SPT (Standard Penetration Test) test. The purpose of this study is to analyze the bearing capacity of the bored pile foundation, the amount of settlement, and the safety factor that occurs on the 16 existing supports. The calculation of the bearing capacity of the foundation uses the Meyerhof method based on data from the SPT (Standard Penetration Test) test results, while the calculation of pile settlement uses the Vesic method. Based on the analysis of the Bored Pile, the largest value of the pile group bearing capacity (Q_{gu}) using the Meyerhof method, is at point J-2 of 3923.6 kN and the smallest value at point J-7 of 119.7 kN. The largest value of pile group settlement (S_g) using the Vesic method is at point J-3 of 37.9 mm and the smallest value at point J-5 is 6.8 mm. The highest safety factor (SF) is at point J-9 of 3.56 and the smallest value at point J-14 is 2.05. The safety factor value is obtained from the ratio of the bearing capacity of the soil that occurs on the pile to the support reaction.*

Keywords: *Bundaran besar, Menara Talawang, Bored Pile, Soil Bearing Capacity, Soil Settlement, Safety Factor*

Abstrak : Pada area Bundaran Besar Kota Palangka Raya akan dibangun struktur Tugu Talawang dengan ketinggian rencana setinggi 45 meter. Pembangunan struktur direncanakan menggunakan pondasi *Bored Pile* karena terdapat lapisan tanah granit pada kedalaman 2 m di bawah permukaan tanah. Struktur memiliki 16 tumpuan pondasi yang didukung oleh pondasi *Bored Pile* diameter 600 mm, dengan jumlah tiang yang berbeda-beda. Pada tumpuan satu dengan tumpuan yang lain akan memikul gaya aksial yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh gaya *super structure* yang berbeda yang disalurkan kedalam tanah. Perencanaan pondasi dilakukan berdasarkan data uji lapangan dengan uji SPT (*Standart Penetration Test*). Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis daya dukung pondasi *bored pile*, besar

penurunan, dan angka faktor keamanan yang terjadi pada 16 tumpuan yang ada. Perhitungan daya dukung pondasi menggunakan metode Meyerhof berdasarkan data hasil uji SPT (*Standart Penetration Test*), sedangkan perhitungan penurunan tiang menggunakan metode Vesic. Berdasarkan analisis tiang *Bored Pile*, didapatkan nilai daya dukung grup tiang (Q_{gu}) terbesar dengan metode Meyerhof yaitu pada titik J-2 sebesar 3923,6 kN dan nilai terkecil pada titik J-7 sebesar 119,7 kN. Nilai penurunan grup tiang (S_g) terbesar dengan metode Vesic yaitu pada titik J-3 sebesar 37,9 mm dan nilai terkecil pada titik J-5 sebesar 6,8 mm. Nilai faktor keamanan (SF) terbesar yaitu pada titik J-9 sebesar 3,56 dan nilai terkecil pada titik J-14 sebesar 2,05. Nilai Safety factor didapatkan dari rasio nilai daya dukung tanah yang terjadi pada tiang berbanding reaksi tumpuan.

Kata Kunci: Bundaran besar, Menara Talawang, Bored Pile, Daya Dukung Tanah, Penurunan Tanah, Angka Faktor Keamanan.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pada area Bundaran Besar Kota Palangka Raya rencananya akan dibangun struktur Tugu Talawang dengan ketinggian rencana setinggi 45 meter. Jenis pondasi yang dipakai yaitu pondasi *Bored Pile* karena terdapat lapisan tanah granit pada kedalaman 2 m dibawah permukaan tanah. Struktur tugu tersebut memiliki 16 tumpuan. Setiap tumpuannya didukung oleh pondasi *Bored Pile*, dengan jumlah tiang yang berbeda-beda antar tumpuan satu dengan yang lain. Sedangkan untuk diameter tiang rencana yang akan digunakan yaitu 0,6 m. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perhitungan pondasi *Bored Pile* yang terdiri atas perhitungan daya dukung, besar penurunan, dan angka faktor keamanan. Metode analisis yang akan digunakan pada perhitungan daya dukung menggunakan metode Meyerhof berdasarkan data hasil uji SPT (*Standart Penetration Test*) dan perhitungan penurunan tiang pondasi menggunakan metode Vesic.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan :

1. Untuk menganalisis besar daya dukung pondasi *Bored Pile* dengan metode Meyerhof berdasarkan data hasil uji SPT (*Standart Penetration Test*).
2. Untuk menganalisis besar penurunan (*settlement*) pondasi *Bored Pile* dengan metode Vesic.
3. Untuk menganalisis angka faktor keamanan *Bored Pile*.

TINJAUAN PUSTAKA

Pondasi *Bored Pile*

Pondasi *Bored Pile* merupakan suatu jenis pondasi dalam yang pelaksanaannya dengan melakukan

pengeboran tanah, kemudian cor beton dimasukkan ke dalam lubang bor yang sudah diletakkan tulangan baja. Tergantung pada jenis dan keadaan tanah lubang bor dilapangan, sebelum pengecoran dapat dipasang casing baja atau penambahan larutan *bentonite* terlebih dahulu kedalam lubang agar tanah disekeliling lubang bor tidak runtuh lalu tercampur dengan cor beton yang dapat menurunkan kekuatan tiang *Bored Pile* yang telah direncanakan.

Daya Dukung Ultimit Berdasarkan Hasil SPT (*Standart Penetration Test*)

Murthy. (2007). Daya dukung ultimit merupakan jumlah besar daya dukung pada ujung dan sisi tiang. Terdapat beberapa metode perhitungan daya dukung, diantaranya dengan menggunakan metode Meyerhof.

- Metode Meyerhof (1976)

- 1) Daya dukung ujung (*End Bearing Capacity*)

$$Q_b = A_b \cdot q_b \quad (1)$$

$$q_b = \sigma_r' \cdot N_{q^*} \leq 50 \cdot N_{q^*} \cdot \tan \phi \quad (2)$$

dengan Q_b = daya dukung ujung (kN), A_b = luas ujung (m^2), q_b = tahanan ujung (kN/m^2), σ_r' = tegangan efektif (kN/m^2), N_{q^*} = faktor kuat dukung, ϕ = sudut geser dalam tanah.

Tabel 1 Nilai N_{q^*} terhadap Sudut Geser

ϕ	N_{q^*}
28	39.7
29	46.5
30	56.7
31	68.2
32	81.0
33	96.0
34	115.0
35	143.0
36	168.0
37	194.0

(sumber : Das, 2014)

2) Daya dukung gesek (*Friction Bearing Capacity*)

$$Q_s = \sum A_s \cdot q_s \tag{3}$$

$$A_s = S \cdot L \tag{4}$$

$$q_s = K \cdot \sigma_r' \cdot \tan \delta \tag{5}$$

dengan Q_s = daya dukung sisi (kN), A_s = luas selimut (m^2), q_s = tahanan sisi (kN/m^2), S = keliling (m), L = panjang tiang (m), K = koefisien tekanan tanah lateral sisi = $1 - \sin \phi$, σ_r' = tegangan efektif (kN/m^2), ϕ = sudut geser dalam tanah, δ = sudut geser sisi bernilai $\frac{1}{2} \phi$ hingga ϕ .

3) Daya dukung ultimit (*Ultimate Bearing Capacity*)

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s \tag{6}$$

dengan Q_{ult} = daya dukung ultimit, Q_b = daya dukung ujung, Q_s = daya dukung sisi.

Nilai sudut geser tanah diambil dengan korelasi besarnya sudut geser tanah terhadap nilai N-SPT terdapat pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Korelasi N-SPT Terhadap Sudut Geser Tanah

Konsistensi	N SPT	γ (kN/m ³)	ϕ (°)
Very loose	0-4	11-16	28
Loose	4-10	14-18	28-30
Medium	10-30	17-20	30-36
Dense	30-50	17-22	36-41
Very dense	50-100	20-23	41-45

(sumber : Verbrugge & Schroeder, 2018)

Daya Dukung Izin

$$Q_a = \frac{Q_b + Q_s}{3} \tag{7}$$

$$Q_a \text{ Bored Pile} = Q_a \times 0,75 \tag{8}$$

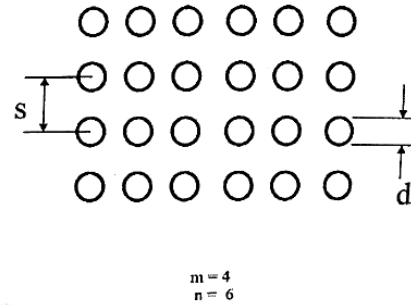
dengan Q_a = daya dukung izin (kN), Q_b = daya dukung ujung (kN), Q_s = daya dukung sisi (kN)

Daya Dukung Grup Tiang

$$Q_{gu} = \eta \cdot n_p \cdot Q_a \tag{9}$$

$$\eta = 1 - \theta \left[\frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \tag{10}$$

dengan Q_{gu} = Daya dukung grup tiang, η = Faktor efisiensi grup tiang, Q_a = Daya dukung izin, n_p = Jumlah tiang, η = Faktor efisiensi grup tiang, d = Diameter tiang, $\theta = tg^{-1} (d/S)$, s = Spasi tiang, n = Jumlah tiang dalam baris, m = Jumlah baris.



Gambar 3 Faktor Efisiensi Grup Tiang menurut Converse-Lebarre

Penurunan Tiang

Gouw, T. L. (2013). Penurunan tiang terdiri atas tiga jenis penurunan, yaitu penurunan pada material tiang, penurunan pada ujung tiang akibat beban, dan penurunan pada sisi tiang. Terdapat beberapa metode perhitungan penurunan, diantaranya dengan menggunakan metode Vesic.

- Metode Vesic (1977)

1) Penurunan Tiang Tunggal

$$S = S_3 + S_2 + S_1 \tag{11}$$

$$S_1 = \frac{(Q_{wp} + \alpha \cdot Q_{ws}) \cdot L_p}{A_p \cdot E_p} \tag{12}$$

$$S_2 = \frac{C_p \cdot Q_{wp}}{D \cdot q_{pult}} \tag{13}$$

$$S_3 = \frac{C_s \cdot Q_{ws}}{D \cdot q_{pult}} \tag{14}$$

$$C_s = C_p \cdot \left[0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{L_p}{D}} \right] \tag{15}$$

dengan S = Total penurunan tiang (mm), S_1 = Penurunan material tiang (mm), S_2 = Penurunan ujung akibat beban (mm), S_3 = Penurunan sisi (mm), Q_{wp} = Daya dukung ujung (kN), Q_{ws} = Daya dukung sisi (kN), L_p = Panjang (m), A_p = Luas ujung tiang (m²), E_p = Modulus elastisitas bahan tiang (kN/m^2), C_p = Koefisien empiris ujung tiang, C_s = Koefisien empiris gesek tiang, D = Diameter (m), q_{pult} = Daya dukung ultimit (kN/m^2), α = Faktor distribusi daya dukung sisi sepanjang tiang.

Tabel 3 Nilai Koefisien Empiris (C_p)

Jenis	Pancang	Bored Ple
Sand		
(dense to loose)	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04
Clay (stiff to soft)	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04
Silt (dense to loose)	0,02 – 0,04	0,02 – 0,04

(sumber : Das, 1995)

2) Penurunan Grup Tiang

$$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}} \tag{16}$$

dengan S_g = penurunan kelompok tiang (cm),
 S = penurunan tunggal tiang (cm), B_g = lebar kelompok tiang (cm), D = diameter tunggal tiang (cm)

Penurunan Izin

$$S_{total} \leq S_{izin} \tag{17}$$

$$S_{izin} = 10\%.D \tag{18}$$

dengan S_{total} = penurunan total, S_{izin} = penurunan izin, D = diameter tiang tunggal.

Angka Faktor Keamanan Tiang

$$SF = \frac{\text{daya dukung grup tiang}}{\text{beban aksial}} \tag{19}$$

dengan SF = *Safety factor* atau angka faktor keamanan

METODE PENELITIAN

Tempat/ Lokasi Penelitian

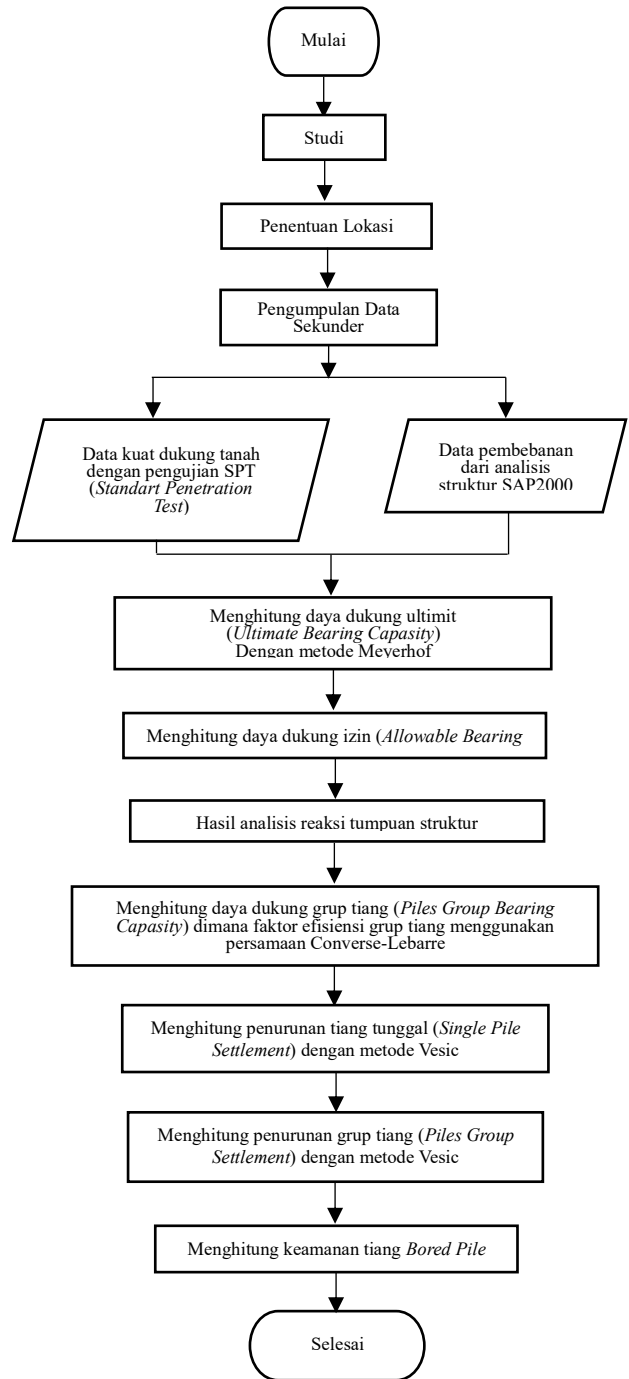
Penelitian ini dilakukan di Bundaran Besar Palangka Raya, Jalan Yos Sudarso, Kelurahan Palangka, Kecamatan Jekan Raya, Kota Palangka Raya, Provinsi Kalimantan Tengah.



Gambar 4 Bagan Alir Penelitian

Metode Pengambilan Data

Data sekunder digunakan pada penelitian ini berupa data karakteristik lapisan tanah dari uji SPT (*Standart Penetration Test*), dan data pembebanan dari analisis dengan aplikasi bantu struktur SAP2000 yang didapat dari laporan hasil analisis yang dilakukan oleh konsultan perencana, yaitu PT. Gubahreka Consultant.

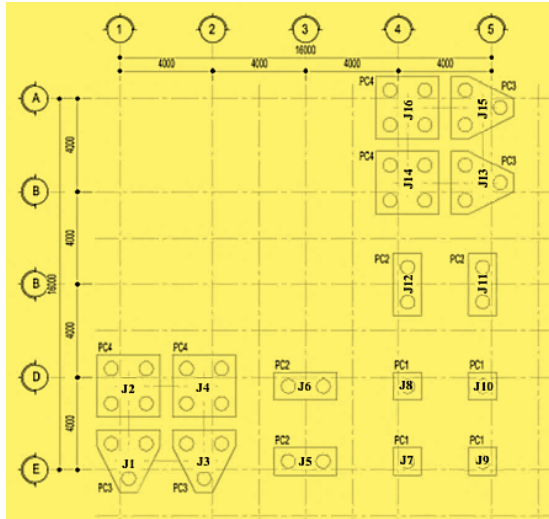


Gambar 5 Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Struktur

Model denah pondasi menara Tugu Talawang menunjukkan posisi 16 titik tumpuan pondasi yang dilihat dari tampak atas struktur dapat dilihat pada Gambar 6.



(sumber : PT. Gubahreka Consultant, 2022)

Gambar 6 Denah Pondasi

Data analisis struktur yang digunakan merupakan data hasil analisis dari pihak konsultan perencana, yaitu PT. Gubahreka Consultant. Kombinasi pembebanan yang akan digunakan yaitu data dengan kombinasi pembebanan yang memiliki beban maupun momen struktur yang paling besar, yaitu kombinasi $1.2DL + 1.2SIDL + LL + 3.96Ex + 1.18Ey$. Untuk detail beban dan momen yang terjadi pada tiap tumpuan dengan kombinasi struktur terdapat pada **Tabel 4**.

Tabel 4 Nilai Gaya dan Momen Struktur pada Kombinasi Terbesar

Nama Join	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
J1	8.083	9.164	378.373	-31.195	31.984	-0.362
J2	8.242	8.625	1163.434	-30.120	33.542	-0.343
J3	7.535	7.996	608.747	-28.038	30.892	-0.473
J4	7.661	7.515	1186.023	-27.074	32.387	-0.467
J5	0.122	0.015	23.699	-0.024	0.499	-0.055
J6	0.074	-0.047	25.610	0.138	0.361	-0.043
J7	0.348	-0.272	20.413	0.839	0.990	-0.060
J8	0.328	-0.324	32.143	0.939	0.950	-0.002
J9	0.749	-0.771	9.585	1.685	1.641	-0.005
J10	0.277	-0.356	20.432	1.012	0.852	0.054
J11	-0.012	-0.126	23.594	0.514	-0.015	0.052
J12	0.049	-0.072	25.659	0.354	0.146	0.041
J13	-8.064	-7.602	588.586	31.206	-27.970	0.268
J14	-7.582	-7.506	1199.253	31.905	-27.005	0.262
J15	-9.174	-8.153	358.556	32.305	-30.773	0.152
J16	-8.635	-8.086	1199.255	33.059	-29.698	0.134

(sumber : PT. Gubahreka Consultant, 2022)

Data Tanah

Pengujian tanah dilakukan dengan uji SPT (*Standart Penetration Test*) yang dilakukan sebanyak 4 titik yang hasil pengujiannya dapat dilihat pada **Tabel 5**. Dimana titik uji yang berada di area pembangunan Tugu Talawang, yaitu titik uji SPT di titik 1.

Tabel 5 Hasil Uji SPT di Titik 1

Dalam (m)	N SPT	Dalam (m)	N SPT
2	4	22	22
4	19	24	20

Dalam (m)	N SPT	Dalam (m)	N SPT
6	16	26	19
8	13	28	22
10	11	30	24
12	13	32	26
14	13	34	28
16	14	36	20
18	16	38	17
20	19	40	23

(sumber : PT. Cemara Geo Engineering, 2022)

Dari hasil uji SPT tersebut, dicari nilai tegangan efektif, berat isi tanah, dan sudut geser dalam tanah dari korelasi menggunakan tabel pada lampiran yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan daya dukung ultimit (*Ultimate Bearing Capacity*) dan perhitungan besar momen. Hasil korelasi nilai Tegangan efektif, berat isi tanah, dan sudut geser dalam tanah menggunakan data hasil uji SPT terdapat pada **Tabel 6** dan **Tabel 7**.

Tabel 6 Nilai Sudut Geser dan Berat Isi Tanah Titik 1

Dalam (m)	N-SPT Rata-rata	Konsistensi	γ (kN/m ³)	ϕ (°)
2	4	Very loose	16	28
4-6	18		18	32
8-16	13		17	30
18	16	Medium	17	31
20-28	20		18	33
30-34	26		19	34
36-40	21	Medium	18	37

Tabel 7 Nilai Tegangan efektif *overburden* di Titik 1

Kedalaman (m)	N-SPT Rata-rata	σ_r' (kN/m ²)	σ_r' rata-rata (kN/m ²)
2	4	12	6
4	18	28	20
6	18	44	36
8	13	58	51
10	13	72	65
12	13	86	79
14	13	100	93
16	13	114	107
18	16	130	122
20	20	148	139
22	20	166	157
24	20	184	175
26	20	202	193
28	20	220	211
30	26	232	226
32	26	244	235
34	26	256	250
36	21	274	265
38	21	292	283
40	21	310	301

Perhitungan Daya Dukung Tiang

Pada analisis ini diambil sebagian kecil contoh analisis daya dukung dengan metode Meyerhof (1976), dengan data-data sebagai berikut :

- Panjang tiang (L) = 40 m
- Sudut geser tanah (ϕ) = 37°
- Sudut geser sisi tiang (δ)= 18,5°
- Diameter tiang (D) = 0,6 m
- Keliling tiang (S) = 3,14 x 0,6 = 1,884 m²
- Spasi antar tiang (s) = 2,5 x D = 1,5 m

A. Metode Meyerhof

Nilai N_q^* pada tanah dengan kuat geser sebesar 37° adalah 194 dan nilai K pada konstruksi *Bored Pile* adalah $1 - \sin \phi = 0,4$.

1) Daya Dukung Ultimit

- Daya Dukung Ujung

$$Q_b = A_b \cdot q_b$$

$$A_b = \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,6^2 = 0,2826 \text{ m}^2$$

$$q_b = \sigma_r' \cdot N_q^* \leq 50 \cdot N_q^* \cdot \tan \phi$$

$$= 302 \times 194 \leq 50 \times 194 \times \tan 37^\circ$$

$$= 58588 \text{ kN/m}^2 \leq 7372 \text{ kN/m}^2$$

Nilai q_b yang akan digunakan yaitu, $q_b = 7372 \text{ kN/m}^2$

$$Q_b = A_b \cdot q_b = 0,2826 \times 7372 = 2083,33 \text{ kN}$$

- Daya Dukung Gesek

$$Q_s = \sum A_s \cdot q_s$$

$$A_s = S \times L = 1,884 \times 40 = 75,36 \text{ m}^2$$

$$q_s = K \cdot \sigma_r' \cdot \tan \delta = 0,4 \times 302 \times \tan 18,5^\circ = 41,07 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_s = \sum A_s \cdot q_s = 75,36 \times 41,07 = 3095,19 \text{ kN}$$

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s = 2083,33 + 3095,19 = 5178,51 \text{ kN}$$

2) Daya Dukung Izin

$$Q_a = Q_{ult} / 3 = 5178,51 / 3 = 1726,2 \text{ kN}$$

$$Q_a \text{ bored pile} = Q_a \times 0,75 = 1726,2 \times 0,75 = 1294,6 \text{ kN}$$

3) Daya Dukung Grup Tiang

$$Q_{gu} = \eta \cdot n_p \cdot Q_a$$

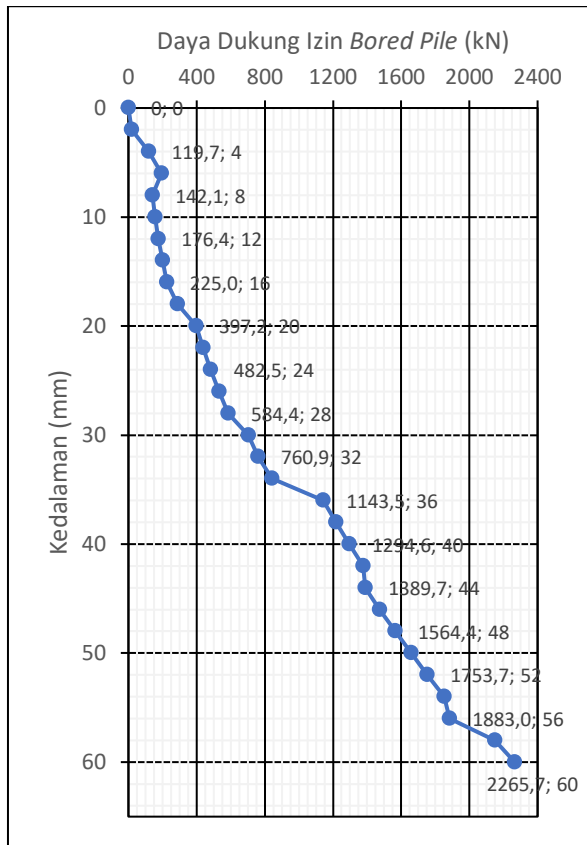
Tiang 1 buah susunan grup tiang yaitu 1x1., didapat nilai $m = 1$ dan nilai $n = 1$.

$$\eta = 1 - \theta \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right]$$

$$= 1 - \tan^{-1}(0,6/1,5) \times 0 = 1$$

$$Q_{gu} = \eta \cdot n_p \cdot Q_a = 1 \times 1 \times 1294,6 = 1294,6 \text{ kN}$$

Dari perhitungan dengan menggunakan rumus (1) sampai (8), dapat dibuat diagram daya dukung ijin untuk satu tiang *Bored Pile* (Q_{gu}) metode Meyerhof seperti pada **Gambar 7**.



Dengan data **Gambar 7** di atas dan perhitungan menggunakan rumus (9) dan (10), dapat dibuat tabel kedalaman rencana yang daya dukung nya kuat untuk menopang beban aksial dari masing-masing join perletakan seperti pada **Tabel 8**.

Gambar 7 Grafik Nilai Daya Dukung Izin Tiang *Bored Pile* vs Kedalaman Tiang dengan Metode Meyerhof

Tabel 8 Daya Dukung Grup Tiang Pada Join J-1 sampai J-16

Join	Beban Aksial (kN)	Kedalaman (m)	Q_b (kN)	Q_s (kN)	Q_{ult} (kN)	Q_a (kN)	Jumlah Tiang	η	Q_{gu} (kN)
J1	853.48	32	1104.97	1938.55	3043.51	760.88	3	0.80	1821.7
J2	1869.51	40	2083.33	3095.19	5178.51	1294.63	4	0.76	3923.6
J3	887.57	34	1104.97	2260.76	3365.73	841.43	3	0.80	2014.5
J4	1680.05	36	2083.33	2490.50	4573.82	1143.46	4	0.76	3465.4
J5	60.99	4	457.81	20.98	478.79	119.70	2	0.88	210.4
J6	64.43	4	457.81	20.98	478.79	119.70	2	0.88	210.4
J7	50.50	4	457.81	20.98	478.79	119.70	1	1.00	119.7
J8	68.21	6	721.05	56.65	777.70	194.43	1	1.00	194.4
J9	33.63	4	457.81	20.98	478.79	119.70	1	1.00	119.7
J10	50.92	4	457.81	20.98	478.79	119.70	1	1.00	119.7
J11	61.68	4	457.81	20.98	478.79	119.70	2	0.88	210.4
J12	64.31	4	457.81	20.98	478.79	119.70	2	0.88	210.4
J13	930.33	34	1104.97	2260.76	3365.73	841.43	3	0.80	2014.5
J14	1690.87	36	2083.33	2490.50	4573.82	1143.46	4	0.76	3465.4
J15	850.62	32	1104.97	1938.55	3043.51	760.88	3	0.80	1821.7
J16	1904.13	40	2083.33	3095.19	5178.51	1294.63	4	0.76	3923.6

Perhitungan Penurunan Tiang

Pada analisis ini diambil sebagian kecil contoh analisis penurunan dengan metode Vesic (1977), dengan data-data sebagai berikut :

Diameter (D) = 0,6 m
 $A_p = \frac{1}{4} \times 3,14 \times D^2 = 0,2826 \text{ m}^2$
 $\alpha = 0,67$
 $E_p = 23452953 \text{ kN/m}^2$
 Panjang (L_p) = 40 m
 $Q_{wp} = 694,44 \text{ kN}$
 $Q_{ws} = 1031,73 \text{ kN}$
 $q_{pult} = 7413,07 \text{ kN/m}^2$

$S = S_1 + S_2 + S_3$
 $S_1 = \frac{(Q_{wp} + \alpha \cdot Q_{ws}) \cdot L_p}{A_p \cdot E_p} = \frac{(694,44 + 0,67 \cdot 1031,73) \cdot 10}{0,2826 \cdot 23452953}$
 $= 0,0084 \text{ m} = 8,4 \text{ mm}$

Nilai C_p didapat dari **Tabel 3**. Nilai C_p tanah pasir (padat - longgar) dan tipe konstruksi tiang *Bored Pile* adalah 0,04.

$S_2 = \frac{C_p \cdot Q_{wp}}{D \cdot q_{pult}} = \frac{0,04 \cdot 694,44}{0,6 \cdot 7413,07} = 0,0062 \text{ m} = 6,2 \text{ mm}$

$C_s = C_p \cdot [0,93 + 0,16 \sqrt{L_p/D}]$
 $= 0,04 \cdot [0,93 + 0,16 \sqrt{\frac{40}{0,6}}] = 0,089$

$S_3 = \frac{C_s \cdot Q_{ws}}{D \cdot q_{pult}} = \frac{0,089 \cdot 1031,73}{0,6 \cdot 7413,07} = 0,0208 \text{ m} = 20,8 \text{ mm}$

$S = S_1 + S_2 + S_3 = 8,4 + 6,2 + 20,8 = 35,4 \text{ mm}$

$S_g = S \sqrt{\frac{B_g}{D}} = 35,4 \times \sqrt{\frac{0,6}{0,6}} = 35,4 \text{ mm}$

$S_{total} \leq S_{izin} \rightarrow 35,4 \text{ mm} \leq 10\% \times 600 \text{ mm} \rightarrow 35,4 \text{ mm} \leq 60 \text{ mm}$ (TERPENUHI)

Dari perhitungan dengan menggunakan rumus (11) sampai (18), dapat dibuat tabel nilai penurunan yang memenuhi syarat penurunan izin (S_{izin}) seperti pada **Tabel 9**.

Tabel 9 Nilai Penurunan Tiang Pada Join J-1 sampai J-16

Join	S_g (mm)
J1	33.0
J2	35.4
J3	37.9
J4	29.2
J5	6.8
J6	6.8
J7	6.8
J8	7.2
J9	6.8
J10	6.8
J11	6.8
J12	6.8

Join	S_g (mm)
J13	37.9
J14	29.2
J15	33.0
J16	35.4

Perhitungan Angka Faktor Keamanan

Dari perhitungan dengan menggunakan rumus (19), dapat dibuat tabel nilai angka faktor keamanan seperti pada **Tabel 10**.

Tabel 10 Angka Faktor Keamanan Tiang Pada Join J-1 sampai J-16

Join	Beban Aksial (kN)	Q_{gu} (kN)	SF
J1	853.477	1821.67	2.13
J2	1869.51	3923.59	2.10
J3	887.569	2014.53	2.27
J4	1680.05	3465.43	2.06
J5	60.992	210.39	3.45
J6	64.43	210.39	3.27
J7	50.504	119.70	2.37
J8	68.212	194.43	2.85
J9	33.633	119.70	3.56
J10	50.922	119.70	2.35
J11	61.679	210.39	3.41
J12	64.308	210.39	3.27
J13	930.33	2014.53	2.17
J14	1690.87	3465.43	2.05
J15	850.617	1821.67	2.14
J16	1904.13	3923.59	2.06

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan analisis perhitungan yang dilakukan, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan daya dukung grup tiang (Q_{gu}) berdasarkan metode Meyerhof memiliki nilai terbesar terdapat pada tumpuan titik J-2, yaitu sebesar 3923,6 kN. Sedangkan nilai terkecil terdapat pada tumpuan titik J-7, yaitu sebesar 119,7 kN.
2. Perhitungan penurunan grup tiang (S_g) berdasarkan metode Vesic memiliki nilai terbesar terdapat pada tumpuan titik J-3, yaitu sebesar 37,9 mm. Sedangkan nilai terkecil

terdapat pada tumpuan titik J-5, yaitu sebesar 6,8 mm.

3. Perhitungan angka faktor keamanan (SF) memiliki nilai terbesar terdapat pada tumpuan titik J-9, yaitu sebesar 3,56. Sedangkan nilai terkecil terdapat pada tumpuan titik J-14, yaitu sebesar 2,05.

Saran

1. Perhitungan daya dukung pada penelitian ini terbatas hanya dengan menggunakan metode Meyerhof. Apabila diteliti lebih lanjut dapat menggunakan metode perhitungan lainnya.
2. Perhitungan besar penurunan grup tiang pada penelitian ini terbatas hanya dengan menggunakan metode Vesic. Apabila diteliti lebih lanjut dapat menggunakan metode perhitungan lainnya.
3. Perhitungan dilakukan berdasarkan hasil uji SPT (*Standart Penetration Test*), tanpa melakukan pengujian sampel di laboratorium. Apabila diteliti lebih lanjut dapat menggunakan perhitungan dari hasil uji laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. 1995. *Mekanika Tanah 1*. Erlangga, Jakarta.
- Das, B.M. 2014. *Principles of Foundation Engineering, Eighth Edition*. Cengage
- Gouw, T. L. 2013. *Pondasi Dalam*. Jakarta.
- Murthy, V.N.S. 2007. *Advance Foundation Engineering*. CBS Publisher & Distributors, New Delhi.
- PT. Cemara Geo Engineering. 2022. Laporan Pekerjaan SPT di Perencanaan Pembangunan Bundaran Besar Palangka Raya.
- PT. Gubahreka Consultant. 2022. Laporan Analisis Struktur Pada Perencanaan Renovasi Bundaran Besar Palangka Raya.
- Verbrugge & Schroeder. 2018. *Geotechnical Correlations for Soils and Rocks*. John Wiley & Sons, Hoboken.