

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN BORED PILE BERDASARKAN DATA SPT DAN LOADING TEST

Bima khairul ikhwan¹, Lydia Darmiyanti², Gali Pribadi³

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana

^{2*}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana

³Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Krisnadwipayana

Email: 1bkhairulikhwan@gmail.com, 2*lydiadarmiyanti@unkris.ac.id, 3galipribadi@unkris.ac.id

Abstrak

Kapasitas daya dukung bored pile dapat dianalisis dengan berbagai metode. Penggunaan metode analisis yang tepat dilihat dari jenis pondasi dan kondisi tanah. Sementara pengukuran insitu kapasitas bored pile dapat diketahui dari hasil loading test. Penurunan bored pile juga di analisis dengan berbagai metode yang telah dikembangkan sejak lama. Perkembangan teknologi menghasilkan tools yang digunakan untuk mencari penurunan bore pile, salah satunya plaxis 2D. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan besar daya dukung dan penurunan (*settlement*) pondasi *bored pile*. Analisis daya dukung pondasi *bored pile* menggunakan metode Mayerhoff, menghitung penurunan (*settlement*) menggunakan metode Vesic. Kapasitas pondasi dan penurunannya akan dibandingkan dengan hasil loading test dan diverifikasi dengan plaxis. Daya dukung yang dihasilkan (Q_u) = 3.693,916 kN, dan hasil loading test (Q_u) = 2.598,76 kN. Penurunan tiang kelompok yang terjadi (S_g) = 7,212 cm, dan hasil program aplikasi Plaxis 2D diperoleh sebesar (S_g) = 10,81 cm. hasil penurunan dari kedua nya masih memenuhi standard SNI 8460- 2017.

Kata Kunci : *Bored pile*, Daya dukung pondasi, Penurunan pondasi

Abstrack

The bearing capacity of bored piles can be analyzed by various methods. The appropriate method of analysis is based on the type of foundation and soil conditions. While insitu measurement of bored pile capacity can be known from loading test results. Bored pile settlement is also analyzed by various methods that have been developed for a long time. The development of technology produces tools used to find the decline of bore piled, one of which is 2D plaxis. The purpose of this research is to compare the bearing capacity and settlement of bored pile foundation. Analyze the bearing capacity of the bored pile foundation using the Mayerhoff method, calculate the settlement using the Vesic method. The foundation capacity and settlement will be compared with the loading test results and verified with Plaxis. The resulting bearing capacity (Q_u) = 3,693.916 kN, and the loading test result (Q_u) = 2,598.76 kN. The decrease in group poles that occurred (S_g) = 7.212 cm, and the results of the Plaxis 2D application program obtained by (S_g) = 10.81 cm. the results of the decrease of the two still meet the standards of SNI 8460-2017.

Keywords : *Bearing capacity of the foundation, Drilled pile, and Foundation settling*

1. Pendahuluan

Perkembangan infrastuktur juga terus meningkat setiap tahunnya demi menunjang dan menyediakan fasilitas, sarana, dan prasarana bagi masyarakat yang paling sering dijumpai salah satunya adalah rumah sakit.

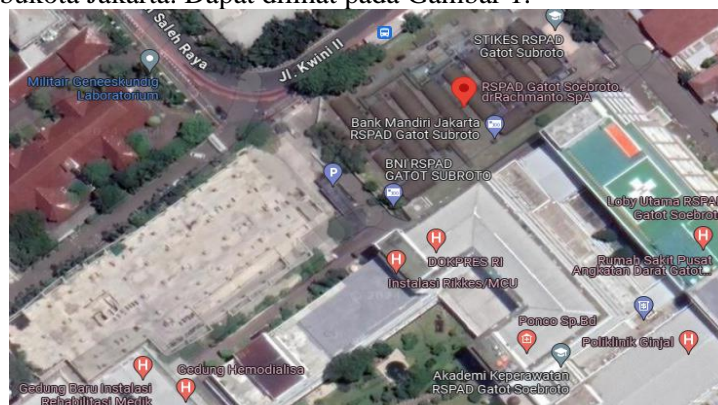
Pondasi adalah bagian struktur terbawah dari bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan secara keseluruhan dan menyalurkan beban struktur termasuk beban mati, beban hidup, serta beban gempa ke tanah atau batuan di bawahnya.[1] Pondasi secara umum dapat dibagi dalam 2 jenis, yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal.

Pondasi *Bored Pile* merupakan jenis pondasi dengan elemen beton bertulang sering digunakan sebagai pondasi bangunan ketika lapisan tanah di bawah bangunan tidak cukup kuat untuk menopang berat bangunan dan bebannya yang sangat dalam.[2] Tujuan dari pondasi tiang adalah untuk memindahkan atau menahan beban dari struktur di atasnya ke lapisan tanah keras yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang terletak lebih di dalam tanah.[3]

Analisis daya dukung dan penurunan pondasi menjadi aspek utama dalam perencanaan struktur bangunan, untuk itu ada beberapa metode yang bisa digunakan dalam menganalisis daya dukung pondasi yaitu dengan menggunakan metode *Mayerhoff* dan metode *Chin*, serta penurunan pondasi yaitu dengan menggunakan metode *Vesic* dan program Aplikasi Plaxis 2D.

2. Metode

Analisis dilakukan dengan studi kasus pada Proyek Gedung Proton Beam RSPAD Gatot Soebroto berlokasi di Jl. Dr. Abdul Rahman Saleh No.24, RT.10/RW.05, Senen, Kec.Senen, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

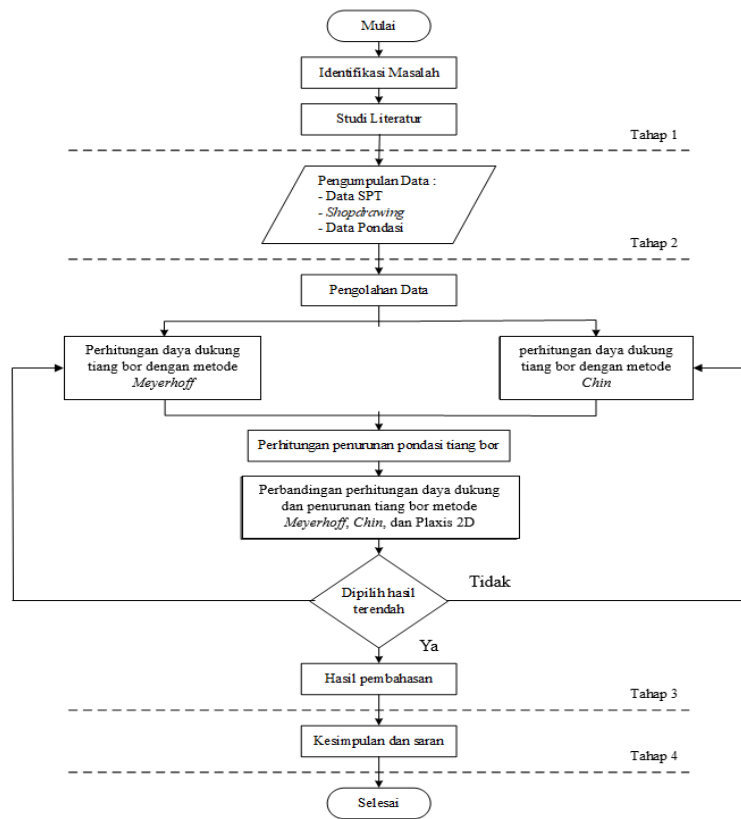
Data yang diperoleh dari peninjauan, serta wawancara dengan instansi yang berkaitan pada pembangunan. Data dapat dilihat pada **Tabel.1**

Tabel 1. Data Proyek

Nama Proyek	Gedung Proton Beam RSPAD Gatot Soebroto
Lokasi Proyek	Jl. Dr. Abdul Rahman Saleh No.24, RT.10/RW.05, Senen, Kec.Senen, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta
Luas Bangunan	10.659 m ³
Fungsi Bangunan	3 lantai + 2 basemant

Data yang dipakai untuk analisis adalah data teknis *bored pile*, denah *pile cap* dan titik koordinat *bored pile*, data hasil SPT, dan data hasil *loading test*.

Tahapan Penelitian dimulai dari Studi literatur, pengumpulan data, dan pengolahan data. Pembahasan ini mengenai daya dukung pondasi *Bored pile* berdasarkan data SPT dan hasil *Loading test*, serta penurunan (*settlement*) pondasi *Bored pile* dengan menggunakan Aplikasi Plaxis 2D. Diagram alus penelitian dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Hasil SPT

Perhitungan daya dukung pondasi *bored pile* berdasarkan data hasil SPT pada kedalaman 30 m dan 36 m dengan metode *Mayerhoff*.

Daya Dukung Pondasi *Bored pile* pada kedalaman 30 m

1. Daya dukung ujung tiang (Q_p)

$$A_p = \pi \cdot r^2$$

$$= 3,14 \times 0,4^2$$

$$= 0,502 \text{ m}^2$$

$$C_u = N - SPT \times \frac{2}{3} \times 10$$

$$= 46 \times \frac{2}{3} \times 10$$

$$= 306,6 \text{ kN}$$

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p$$

$$= 9 \times 306,6 \times 0,502$$

$$= 1.385,218 \text{ kN}$$

2. Daya dukung selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = \alpha \times C_u \times A_p \times Li$$

$$= 0,5 \times 306,6 \times 0,502 \times 30$$

$$= 2.308,698 \text{ kN}$$

3. Daya dukung ultimit tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

$$= 1.385,218 + 2.308,698$$

$$= 3.693,916 \text{ kN}$$

4. Daya dukung ijin tiang (Q_a)

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{3.693,916}{2,5} \\ &= 1.477,566 \text{ kN} \end{aligned}$$

Daya Dukung Pondasi *Bored pile* pada kedalaman 36 m

1. Daya dukung ujung tiang (Q_p)

$$\begin{aligned} A_p &= \pi \cdot r^2 \\ &= 3,14 \times 0,4^2 \\ &= 0,502 \text{ m}^2 \\ C_u &= N - SPT \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 50 \times \frac{2}{3} \times 10 \\ &= 333,3 \text{ kN} \\ Q_p &= 9 \times C_u \times A_p \\ &= 9 \times 333,3 \times 0,502 \\ &= 1.505,849 \text{ kN} \end{aligned}$$

2. Daya dukung selimut tiang (Q_s)

$$\begin{aligned} Q_s &= \alpha \times C_u \times A_p \times Li \\ &= 0,5 \times 333,3 \times 0,502 \times 30 \\ &= 2.509,749 \text{ kN} \end{aligned}$$

3. Daya dukung ultimit tiang (Q_u)

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_p + Q_s \\ &= 1.505,849 + 2.509,749 \\ &= 4.015,598 \text{ kN} \end{aligned}$$

4. Daya dukung ijin tiang (Q_a)

$$\begin{aligned} Q_a &= \frac{Q_u}{SF} \\ &= \frac{4.015,598}{2,5} \\ &= 1.606,239 \text{ kN} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan daya dukung tiang tunggal yang didapat, diperoleh hasil pada kedalaman 30 m yaitu $Q_u = 3.693,916 \text{ kN}$ dan $Q_{all} = 1.477,566 \text{ kN}$, dan pada kedalaman 36 m yaitu $Q_u = 4.015,598 \text{ kN}$ dan $Q_{all} = 1.606,239 \text{ kN}$.

Tabel 2. Hasil Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal

Kedalaman	Q_p (kN)	Q_s (kN)	Q_u (kN)	Q_{all} (kN)
30	1.385,218	2.308,698	3.693,916	1.477,566
36	1.505,849	2.509,749	4.015,598	1.606,239

Analisis Daya Dukung Pondasi *Bored Pile* Berdasarkan Hasil Uji Pembebanan (*Loading Test*)

Perhitungan daya dukung *bored pile* menggunakan data hasil uji pembebanan (*Loading test*) dengan metode *Chin*.

$$\begin{aligned} C1 &= 0,00302 \text{ ton} \\ C2 &= 0,00832 \text{ ton} \\ y &= C1x + C2 \\ a &= 0,00302 \text{ ton} \\ fc &= 1,25 \text{ m}^3 \\ Q &= \frac{1}{C1} \\ &= \frac{1}{0,00302} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 331 \text{ ton} \\
 Q_{ult} &= \frac{Q}{fc} \\
 &= \frac{331}{1,25} \\
 &= 265 \text{ ton} \\
 &= 2.598,76 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Analisis Efisiensi Tiang Kelompok

Nilai terhadap kapasitas daya dukung ultimit tiang tunggal dengan memperhatikan pengaruh kelompok tiang diartikan sebagai efisiensi tiang (E_g). Persamaan tersebut didasarkan pada susunan tiang, jarak antar tiang dan diameter tiang.

$$\begin{aligned}
 m &= 1 \\
 n &= 2 \\
 S_{tiang} &= 2 \times D \\
 &= 2 \times 0,8 \\
 &= 1,6 \text{ m} \\
 \theta &= \arctan \frac{D}{S} \\
 &= \arctan \frac{0,8}{1,6} \\
 &= 26,565^\circ \\
 E_g &= 1 - \theta^{\frac{(n-1)m+(m-1)n}{90mn}} \\
 &= 1 - 26,565^{\frac{(2-1)1+(1-1)2}{90 \cdot 1 \cdot 2}} \\
 &= 0,852
 \end{aligned}$$

Pada kedalaman 30 m

$$\begin{aligned}
 E_g &= 0,852 \\
 Q_u &= 3.693,916 \text{ kN} \\
 Q_g &= E_g \cdot n \cdot Q_u \\
 &= 0,852 \times 3 \times 3.693,916 \\
 &= 9.441,649 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Pada kedalaman 36 m

$$\begin{aligned}
 E_g &= 0,852 \\
 Q_u &= 4.015,598 \text{ kN} \\
 Q_g &= E_g \cdot n \cdot Q_u \\
 &= 0,852 \times 3 \times 4.015,598 \\
 &= 10.263,868 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis perhitungan daya dukung tiang kelompok yang didapat, diperoleh hasil pada kedalaman 30 m yaitu sebesar $Q_g = 9.441,649 \text{ kN}$, dan pada kedalaman 36 m yaitu sebesar $Q_g = 10.263,868 \text{ kN}$.

Tabel 3. Hasil Daya Dukung Tiang Kelompok

Kedalaman	Q_g (kN)
DB - 01	9.441,649
DB - 02	10.263,868

3.2 Analisis Penurunan Tiang Tunggal (Single Pile)

Perhitungan Penurunan pondasi tunggal *bored pile* pada kedalaman 30 m dan 36 m dihitung dengan menggunakan metode *Vesic*.

Penurunan pada kedalaman 30 m

1. Penurunan akibat deformasi tiang

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 1.385,218 \text{ kN} \\
 Q_s &= 2.308,698 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_p &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 25.742,9 \text{ Mpa} \\
 &= 25.742,900 \text{ kN/m}^2 \\
 a &= 0,5 \\
 L &= 30 \text{ m} \\
 A_p &= 0,502 \text{ m}^2 \\
 S_s &= \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
 &= \frac{(1.385,218 + 0,5 \cdot 2.308,698) 30}{0,502 \cdot 25.742,900} \\
 &= 0,00589 \text{ m} \\
 &= 0,589 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2. Penurunan akibat dari ujung tiang

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 1.385,218 \text{ kN} \\
 C_p &= 0,05 \\
 D &= 0,8 \text{ m} \\
 qp &= \frac{Q_p}{A_p} \\
 &= \frac{1.385,218}{0,502} \\
 &= 2.759,398 \text{ kN/m}^2 \\
 S_p &= \frac{Q_p \cdot C_p}{D \cdot qp} \\
 &= \frac{1.385,218 \cdot 0,05}{0,8 \cdot 2.759,398} \\
 &= 0,0313 \text{ m} \\
 &= 3,13 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

3. Penurunan akibat beban disepanjang tiang

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 2.308,698 \text{ kN} \\
 P &= \pi \cdot D \\
 &= 3,14 \cdot 0,8 \\
 &= 2,512 \text{ m} \\
 L &= 30 \text{ m} \\
 D &= 0,8 \text{ m} \\
 E_s &= 20.000 \text{ kN/m}^2 \\
 \mu_s &= 0,35 \\
 I_{ws} &= 2 + 0,35 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}} \\
 &= 2 + 0,35 \cdot \sqrt{\frac{30}{0,8}} \\
 &= 4,143 \\
 S_{ps} &= \frac{Q_s}{p \cdot L} \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws} \\
 &= \frac{2.308,698}{2,512 \cdot 30} \cdot \frac{0,8}{20000} \cdot (1 - 0,35^2) 4,143 \\
 &= 0,00445 \text{ m} \\
 &= 0,445 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4. Penurunan total

$$\begin{aligned}
 S &= S_s + S_p + S_{ps} \\
 &= 0,589 + 3,13 + 0,445 \\
 &= 4,164 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

5. Penurunan yang diijinkan

$$\begin{aligned}
 S_{\text{total}} &\leq S_{\text{ijin}} \\
 S_{\text{total}} &\leq 10\% \cdot D \\
 4,164 \text{ cm} &\leq 10\% \cdot 80 \\
 4,164 \text{ cm} &\leq 8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Penurunan Pada kedalaman 36 m

1. Penurunan akibat deformasi tiang

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 1.505,849 \text{ kN} \\
 Q_s &= 2.509,749 \text{ kN} \\
 E_p &= 4700 \cdot \sqrt{f'c} \\
 &= 4700 \cdot \sqrt{30} \\
 &= 25.742,9 \text{ Mpa} \\
 &= 25.742,900 \text{ kN/m}^2 \\
 a &= 0,5 \\
 L &= 30 \text{ m} \\
 A_p &= 0,502 \text{ m}^2 \\
 S_s &= \frac{(Q_p + \alpha \cdot Q_s) \cdot L}{A_p \cdot E_p} \\
 &= \frac{(1.505,849 + 0,5 \cdot 2.509,749) 30}{0,502 \cdot 25.742,900} \\
 &= 0,0064 \text{ m} \\
 &= 0,64 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2. Penurunan akibat dari ujung tiang

$$\begin{aligned}
 Q_p &= 1.505,849 \text{ kN} \\
 C_p &= 0,05 \\
 D &= 0,8 \text{ m} \\
 qp &= \frac{Q_p}{A_p} \\
 &= \frac{1.505,849}{0,502} \\
 &= 2.999,7 \text{ kN/m}^2 \\
 S_p &= \frac{Q_p \cdot C_p}{D \cdot qp} \\
 &= \frac{1.505,849 \cdot 0,05}{0,8 \cdot 2.999,7} \\
 &= 0,0313 \text{ m} \\
 &= 3,13 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

3. Penurunan akibat beban disepanjang tiang

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 2.509,749 \text{ kN} \\
 P &= \pi \cdot D \\
 &= 3,14 \cdot 0,8 \\
 &= 2,512 \text{ m} \\
 L &= 30 \text{ m} \\
 D &= 0,8 \text{ m} \\
 E_s &= 20.000 \text{ kN/m}^2 \\
 \mu_s &= 0,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{ws} &= 2 + 0,35 \cdot \sqrt{\frac{L}{D}} \\
 &= 2 + 0,35 \cdot \sqrt{\frac{30}{0,8}} \\
 &= 4,143 \\
 S_{ps} &= \frac{Q_s}{p \cdot L} \cdot \frac{D}{E_s} \cdot (1 - \mu_s^2) \cdot I_{ws} \\
 &= \frac{2.509,749}{2,512 \cdot 30} \cdot \frac{0,8}{20000} \cdot (1 - 0,35^2) \cdot 4,143 \\
 &= 0,00484 \text{ m} \\
 &= 0,484 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

4. Penurunan total

$$\begin{aligned}
 S &= S_s + S_p + S_{ps} \\
 &= 0,64 + 3,13 + 0,484 \\
 &= 4,254 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

5. Penurunan yang diijinkan

$$\begin{aligned}
 S_{total} &\leq S_{ijin} \\
 S_{total} &\leq 10\% \cdot D \\
 4,254 \text{ cm} &\leq 10\% \cdot 80 \\
 4,254 \text{ cm} &\leq 8 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Analisis Penurunan Tiang Kelompok (*Pile Group*)

1. Penurunan Pondasi Tiang

$$\begin{aligned}
 S &= 4,164 \text{ cm} \\
 B_g &= 240 \text{ cm} \\
 D &= 80 \text{ cm} \\
 S_g &= S \cdot \sqrt{\frac{B_g}{D}} \\
 &= 4,164 \cdot \sqrt{\frac{240}{80}} \\
 &= 7,212 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

2. Penurunan Konsolidasi

$$\begin{aligned}
 B &= 2,4 \text{ m} \\
 L &= 4 \text{ m} \\
 Z &= \frac{10 - 9,5}{2} \\
 &= 0,25 \text{ m} \\
 Q_g &= 9.441,649 \text{ kN} \\
 C_c &= 0,63 \\
 e_o &= 1,068 \\
 P_o &= 125 \\
 \Delta P &= \frac{Q_g}{(B + Z)(L + Z)} \\
 &= \frac{9.441,649}{(2,4 + 0,25)(4 + 0,25)} \\
 &= 838,326 \text{ kN/m}^2 \\
 S_c &= C_c \frac{H}{1 + e_o} \log \frac{P_o + \Delta P}{P_o}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,63 \frac{1}{1+1,068} \log \frac{125+838,326}{125} \\
 &= 0,01965 \text{ m} \\
 &= 1,965 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. Data Lab

Kedalaman (m)	Void Ratio, e_o	Indeks Kompresibilitas, C_c	Tegangan Efektif Tanah, P_o
5,50 – 6,00	1,34	0,53	210
9,50 – 10,00	1,068	0,63	125

Sumber : Data Proyek

Berdasarkan analisis penurunan pondasi secara manual dengan metode Vesic pada tiang tunggal nilai yang diperoleh pada kedalaman 30 m adalah sebesar 4,164 cm dan pada kedalaman 36 m diperoleh sebesar 4,254 cm. Pada penurunan tiang kelompok diperoleh nilai sebesar 7,212 cm dan penurunan konsolidasi diperoleh nilai sebesar 1,965 cm.

3. Penurunan Tiang Yang Diijinkan

$$\begin{aligned}
 S &= S_g + S_c \\
 &= 7,212 + 1,965 \\
 &= 9,177 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

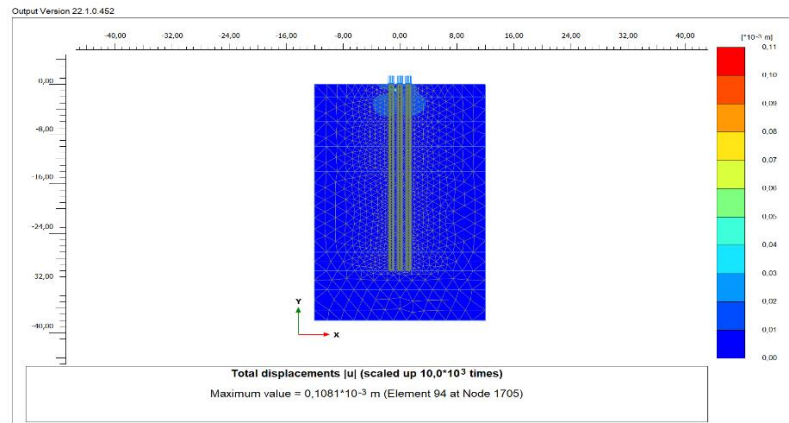
$$\begin{aligned}
 S_{total} &\leq 15 + B/600 \\
 9,177 \text{ cm} &\leq 15 + 2,4/600 \\
 9,177 \text{ cm} &\leq 15,004 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. Hasil Penurunan Pondasi

Hasil Analisis Penurunan (Settlement)		
Tiang Tunggal (cm)	Tiang Kelompok (cm)	
4,164	4,254	7,212

3.3 Analisis Penurunan Tiang Kelompok dengan Program Plaxis 2D

Analisis permodelan aplikasi dengan menggunakan program Plaxis 2D untuk menghitung penurunan tiang kelompok. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan peneliti dengan menggunakan program Plaxis 2D diperoleh hasil perhitungan penurunan sebesar 0,1081 m = 10,81 cm, dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber : Aplikasi Plaxis 2D

Gambar 3. Hasil Penurunan Bored Pile

3.4 Rekapitulasi Hasil Analisis Daya Dukung Pondasi

Berdasarkan hasil analisis yang telah dihitung, diperoleh nilai daya dukung pondasi sebagai berikut :

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Analisis Daya Dukung Pondasi

Hasil Analisis Perhitungan Daya Dukung Pondasi	
Metode <i>Mayerhoff</i> (kN)	Metode <i>Chin</i> (kN)
3.693,916	3.693,916

Hasil analisis daya dukung pondasi *bored pile* berdasarkan hasil SPT dengan metode *Mayerhoff* (1976) nilai yang diperoleh adalah sebesar 3.693,916 kN. Hasil Uji Pile Test (*Loading Test*) dengan metode *Chin* nilai yang diperoleh adalah sebesar 2.598,76 kN. Maka, hasil 2 metode yang dilakukan dalam analisis daya dukung pondasi secara manual terpenuhi karena tidak melampaui nilai dari safety faktor yaitu sebesar 2,5.

3.5 Rekapitulasi Hasil Penurunan (Settlement) Tiang Kelompok

Berdasarkan hasil analisis yang telah dihitung, diperoleh nilai penurunan pondasi sebagai berikut :

Tabel 7. Rekapitulasi Hasil Analisis Penurunan (Settlement) Tiang Kelompok

Hasil Penurunan (<i>Settlement</i>) Tiang Kelompok (cm)	
Manual (<i>Vesic</i>)	<i>Plaxis</i> 2D
7,212	10,81

Hasil analisis penurunan (*settlement*) tiang kelompok berdasarkan hasil perhitungan secara manual dengan metode *vesic* diperoleh nilai penurunan tiang kelompok sebesar 7,212 cm, sedangkan berdasarkan hasil analisis Aplikasi *Plaxis* 2D diperoleh nilai penurunan sebesar 10,81 cm. Berdasarkan penurunan izin yang mengacu pada (BSN SNI 8460, 2017) Persyaratan perencanaan geoteknik, penurunan izin adalah <15 cm. Maka, berdasarkan hasil analisis penurunan (*settlement*) yang terjadi dikatakan AMAN.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis perhitungan daya dukung dan penurunan tiang bor yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perhitungan daya dukung tiang bor dihitung dengan menggunakan metode *Mayerhoff* (1976) berdasarkan data borlog (SPT). Pada kedalaman 30 m hasil kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_p) didapat sebesar 1.385,218 kN/m², daya dukung selimut tiang (Q_s) didapat sebesar 2.308,698 kN/m², daya dukung ultimit tiang (Q_u) didapat sebesar 3.693,916 kN, daya dukung ijin tiang (Q_{all}) didapat sebesar 1.477,566 kN. Pada kedalaman 36 m hasil kapasitas daya dukung ujung tiang (Q_p) didapat sebesar 1.505,849 kN/m², daya dukung selimut tiang (Q_s) didapat sebesar 2.509,749 kN/m², daya dukung ultimit tiang (Q_u) didapat sebesar 4.015,598 kN, daya dukung ijin tiang (Q_{all}) didapat sebesar 1.606,239 kN. Hasil analisis kapasitas daya dukung ultimit tiang bor dihitung dengan menggunakan metode *Chin* berdasarkan uji pile test (*loading test*) adalah sebesar 2.598,76 kN dengan faktor keamanan 2,5.
2. Berdasarkan hasil analisis efisiensi tiang kelompok dengan metode *Coverse - Labbare Formula* adalah (E_g) didapat sebesar 0.852. Analisis penurunan (*settlement*) tiang tunggal dihitung dengan menggunakan metode *Vesic*. Pada kedalaman 30 m penurunan total (S) didapat sebesar 4,164 cm. Pada kedalaman 36 m penurunan total (S) didapat sebesar 4,254 cm. Berdasarkan hasil analisis penurunan tiang kelompok dihitung dengan menggunakan metode *Vesic* nilai (S_g) didapat sebesar 7,212 cm, dan nilai (S_c) didapat sebesar 1,965 cm. Sedangkan hasil perhitungan penurunan tiang kelompok dengan program *Plaxis* 2D didapat sebesar 10,81 cm dan nilai penurunan izin menurut (BSN SNI 8460, 2017) adalah sebesar <15 cm, sehingga syarat penurunan tersebut terpenuhi (AMAN).

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Sanjaya and R. Aseanto, "Analysis of Carrying Capacity of the Bored Pile Foundation in Cibubur Transpark Project," *J. World Conf.*, vol. 2, no. 3, pp. 63–68, 2020, doi:

- 10.29138/prd.v2i3.226.
- [2] J. E. Bowles, “Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1,” *Erlangga, Jakarta*, p. 1, 1997.
 - [3] Gunadarma, “Rekayasa Fondasi II,” *Gunadarma. Jakarta*. p. 274, 2009.
 - [4] H. C. Hardiyatmo, *Teknik Fondasi 1 Edisi Kedua*. 2011.
 - [5] J. E. Bowles, “Analisa dan Desain Pondasi Jilid 2,” *Erlangga, Jakarta*, vol. 1, no. 69, pp. 5–24, 2014.
 - [6] M. Dr. Ir. Abdul Hakam, “Rekayasa Pondasi Untuk Mahasiswa Dan Praktisi,” no. April 2008, p. 240, 2008.
 - [7] M. R. Ramadhan and L. Darmiyanti, “Analisis Pondasi Bored Pile Dengan Metode Hitungan Dan Axial Loading Test,” *Konf. Nas. Tek. Sipil*, pp. 20–21, 2021.
 - [8] E. Yuliawan and T. Rahayu, “Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian Spt Dan Cyclic Load Test,” *J. Konstr.*, vol. 9, no. 2, pp. 1–13, 2018.
 - [9] R. Zain, A. Azizi, and M. A. S. Al Fathoni, “Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Bor Pada Proyek Pembangunan Gedung K Universitas Muhammadiyah Purwokerto,” *CIVeng J. Tek. Sipil dan Lingkungan.*, vol. 2, no. 2, pp. 59–68, 2021, doi: 10.30595/civeng.v2i2.11057.