

Analisis Pondasi Bored Pile Pada Proyek Metrostater Depok Jawa Barat

Achmad Pahrul Rodji^{1*)}; Sahat Martua Sihombing¹; Mochammad Rizky Ramadhan¹

1. Jurusan Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana, Jalan Kampus UNKRIS Jatiwaringin, Pondok Gede, Bekasi, Jawa Barat 13077, Indonesia

*)Email: achmadpahrulrodji@unkris.co.id

ABSTRACT

The foundation of the building is part of the lower structure, which plays an important role in carrying the burden of the upper structure of the building due to the forces that occur in the upper structure of the building, such as earthquake forces, wind forces or the load of the structure itself. The purpose of this study was to determine the settlement of the bored pile foundation and to determine the bearing strength of the bored pile foundation based on the results of the standard penetration test (SPT). Calculation methods to calculate the decrease using the method of Vesic (1970) and Plaxis Software. The calculation method for calculating the bearing strength of the foundation uses the Meyerhoff method (1956), the Reese & Wright method (1977) and Plaxis software. Based on the calculation of Vesic (1970) obtained a decrease of 20.83 mm and the Plaxis Software obtained a decrease of 12.32 mm. Based on the SPT data, the calculation results using the Meyerhoff (1956) Qu method of 1627.8 tons, the Reese & Wright (1977) Qu method of 1276.4 tons and the Plaxis Qu software of 1300 tons. From the calculation results, the plaxis software is closer to the results of the axial test than the Vesic method (1970) as well as the calculation of the bearing capacity of the foundation, the Reese & Wright (1977) method is closer to the results of the axial test compared to the Meyerhoff method (1956) and the Plaxis software.

Keywords: Bored Pile, Settlement, Bearing Capacity

ABSTRAK

Pondasi bangunan adalah bagian dari struktur bawah, yang berperan penting dalam memikul beban struktur atas bangunan akibat dari adanya gaya-gaya yang terjadi pada struktur atas bangunan tersebut, seperti gaya gempa, gaya angin ataupun beban struktur itu sendiri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penurunan (settlement) pondasi bored pile dan mengetahui kuat dukung pada pondasi bored pile berdasarkan hasil standar penetration test (SPT). Metode perhitungan untuk menghitung penurunan menggunakan metode Vesic (1970) dan Software Plaxis. Metode perhitungan untuk menghitung kuat dukung pondasi menggunakan metode Meyerhoff (1956), metode Reese & Wright (1977) dan software Plaxis. Berdasarkan perhitungan Vesic (1970) didapat penurunan sebesar 20,83 mm dan pada Software Plaxis didapat penurunan sebesar 12,32 mm. Berdasarkan data SPT yang diperoleh hasil perhitungan menggunakan metode Meyerhoff (1956) Qu sebesar 1627,8 ton, dengan metode Reese & Wright (1977) Qu sebesar 1276,4ton dan dengan software Plaxis Qu sebesar 1300 ton. Dari hasil perhitungan penurunan didapat software plaxis lebih mendekati hasil axial test dibanding metode Vesic (1970) begitu pula untuk perhitungan daya dukung pondasi metode Reese & Wright (1977) lebih mendekati hasil axial test dibandingkan dengan metode Meyerhoff (1956) dan software plaxis.

Kata kunci: Bored Pile, Penurunan, Daya Dukung

1. PENDAHULUAN

Pondasi bangunan adalah bagian dari struktur bawah, yang berperan penting dalam memikul beban struktur atas bangunan akibat dari adanya gaya-gaya yang terjadi pada struktur atas bangunan tersebut, seperti gaya gempa, gaya angin ataupun beban struktur itu sendiri. Struktur bawah bangunan secara umum terdiri atas dua model pondasi yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal.

Setiap pondasi perlu direncanakan berdasarkan dari jenis kekuatan dan daya dukung tanah pada tempat berdirinya. Untuk tanah yang memiliki stabilitas dan daya dukung baik, maka untuk pondasinya hanya membutuhkan konstruksi yang sangat sederhana. Seandainya tanahnya berlapis dan mempunyai daya dukung yang buruk, maka memerlukan pondasi lebih kompleks.

Pada umumnya untuk menentukan atau memperkirakan berapa besaran daya dukung tanah pada area proyek tersebut dilakukan pengetesan. Salah satu contoh pengetesan yang biasa dilakukan adalah dengan menggunakan tes sondir atau yang biasa disebut juga *Cone Penetration Test* (CPT).

Untuk mengetahui penurunan maksimal tiang tersebut, pengetesan yang biasa dilakukan adalah dengan menggunakan metode uji aksial tekan statik. Uji aksial tekan statik dilaksanakan untuk dapat mengetahui daya dukung tiang terhadap beban yang bekerja pada tiang pondasi tersebut. Dengan Menganalisis dari jarak penurunan (*settlement*) yang terjadi pada tiang itu. [1]

Tujuan dari studi ini adalah menganalisis penurunan (*settlement*) untuk tiang bored pile secara perhitungan manual dibandingkan dengan *software Plaxis 2D* dan data *Loading Test* pada proyek Metrostater Depok dan juga menganalisis nilai daya dukung tiang bored pile secara perhitungan manual dibandingkan dengan *software plaxis 2D* dan data *Loading test* pada proyek Metrostater Depok. [2]

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan cara atau jalan yang ditempuh untuk melakukan penelitian yang didasarkan dari membuat langkah-langkah secara sistematis. Metode Penelitian mempunyai cakupan prosedur dan teknik penelitian. Dengan memahami metode penelitian, kita bukan hanya dapat menyelesaikan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat menambah wawasan pada bidang keilmuan yang jalankan. Selain itu, akan bermunculan penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi masyarakat umum dan dunia pendidikan.

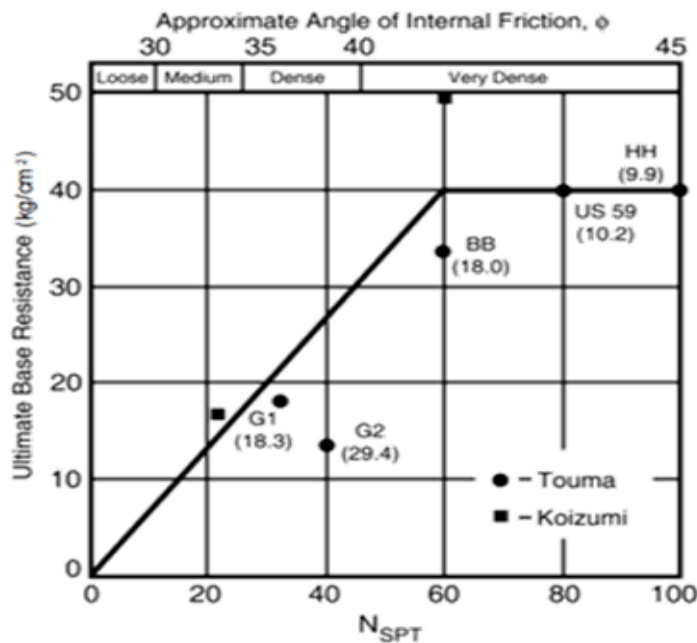
2.1. Analisis Daya Dukung Metode Reese & Wright (1977) [9]

2.1.1. Daya Dukung Ujung

Bahan dari Daya dukung ultimit pada ujung tiang bor dinyatakan sebagai berikut

$$Q_p = q_p \cdot A \quad (1)$$

Pada tanah kohesif besarnya tahanan ujung per satuan luas (q_p) dapat diambil sebesar 9 kali kuat geser tanah. Sedangkan untuk tanah nonkohesif, Reese mengusulkan korelasi antara q_p dengan NSPT yang dapat dilihat pada gambar 1.[3]



Sumber: Reese & Wright, 1977

Gambar 1. Tahanan Ujung Ultimate pada Tanah Non Kohesif

2.1.2. Daya Dukung Selimut

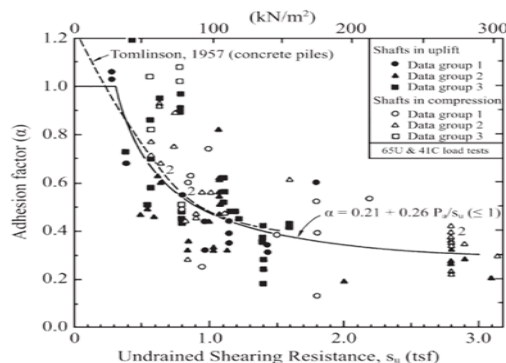
Perhitungan daya dukung selimut tiang pada tanah yang sejenis atau homogen dapat dituliskan dalam bentuk [4]:

$$Q_s = f \cdot L \cdot p \quad (2)$$

Gesekan selimut tiang per satuan luas dipengaruhi oleh jenis tanah dan parameter kuat geser tanah. Untuk tanah kohesif, gesekan selimut tiang dapat menggunakan formula sebagai berikut:

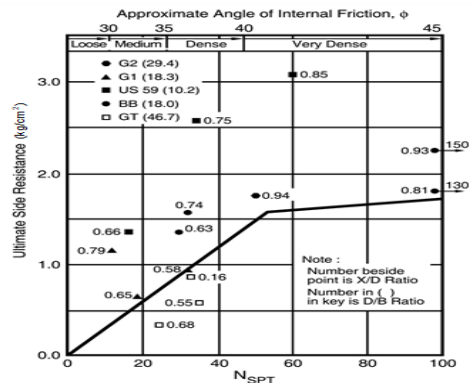
$$f = \alpha \cdot c_u \quad (3)$$

Pengambilan nilai faktor adhesi (α) mengacu kepada hasil penelitian dari Kulhawy (1991). Berikut adalah grafik korelasi Faktor Adhesi terhadap Kuat Geser Tanah Tak Teralir oleh Kulhawy, 1991 [5]



Gambar 2. Grafik Korelasi Faktor Adhesi terhadap Kuat Geser Tanah yang Tak Teralir

Untuk tanah non-koheusif, gesekan selimut tiang dapat diperoleh dari korelasi langsung dengan nilai NSPT Gambar 3.[6]



Gambar 3. Tahanan Selimut Ultimit vs NSPT Teralir

2.1.3. Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Metode Reese and Wright

Berikut adalah perhitungan daya dukung tiang bor diameter 1000 mm dengan panjang efektif tiang 25.1 m : $A = 0.7854 \text{ m}^2$, $p = 3.1416 \text{ m}$ [7]

Tabel 1. Hasil Perhitungan dari Daya Dukung Tiang Bor Metode Reese and Wright [8]

Panjan g Tiang [m]	NSPT [blows/ 30 cm]	Jenis Tan ah	Su [kP a]	fs SILT [ton/ m ²]	fs SAND [ton/ m ²]	qp [ton/ m ²]	Luas Selim ut Tiang [m ²]	Qs [ton]	ΣQ_s [ton]	Qp [ton]	Qult [ton]
0											
0.2	5	SILT	31.3	3.13			0.63	1.96	1.96		
1.7	6	SILT	37.5	3.39			4.71	15.96	17.93		
3.2	9	SILT	56.3	3.78			4.71	17.82	35.75		
4.7	60	SAND			15.98		4.71	75.3	111.0		
6.2	60	SAND			15.98		4.71	75.3	186.3		
7.7	34	SILT	212.5	7.06			4.71	33.3	219.6		
9.2	32	SILT	200.0	6.80			4.71	32.0	251.7		
10.7	60	SAND			15.98		4.71	75.3	327.0		
12.2	60	SAND			15.98		4.71	75.3	402.2		
13.7	60	SAND			15.98		4.71	75.3	477.5		

15.2	60	SAN D			15.98		4.71	75.3	552. 8		
16.7	60	SAN D			15.98		4.71	75.3	628. 1		
18.2	44	SAN D			12.87		4.71	60.7	688. 8		
19.7	26	SILT	162. 5	6.01			4.71	28.3	717. 1		
21.2	60	SILT	375. 0	10.48			4.71	49.4	766. 5		
22.7	60	SAN D			15.98		4.71	75.3	841. 8		
24.2	60	SAN D			15.98		4.71	75.3	917. 1		
25.1	60	SAN D			15.98	400	2.83	45.2	962. 3	314. 2	1276 .4

Berdasarkan metode Reese and Wright, daya dukung ultimate yang didapatkan adalah 1276 ton. Dengan menggunakan Faktor Keamanan (FK) sebesar 2.5, maka daya dukung izin untuk tiang tersebut adalah 510 ton.

2.2. Analisis Daya Dukung Metode Meyerhof (1956)

Penentuan daya dukung pondasi tiang dengan menggunakan data SPT antara lain diberikan oleh Meyerhof, Schmertmann dan Brown. Untuk tiang dengan desakan tanah yang kecil seperti tiang bor dan tiang baja H, Meyerhof (1956) [9] menganjurkan formula daya dukung sebagai berikut:

$$Q_{ult} = 40 \cdot N_b \cdot A_p + 0,1 \cdot N \cdot A_s \quad (4)$$

Meyerhof (1956) menyatakan bahwa nilai N yang digunakan pada tanah pasir dalam persamaan di atas merupakan nilai N yang telah dikoreksi terhadap tegangan vertikal efektif.

2.2.1. Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Metode Meyerhof

Berikut adalah perhitungan daya dukung tiang bor diameter 1000 mm dengan panjang efektif tiang 25.1 m; $A_p = 0.7854 \text{ m}^2$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Menggunakan Metode Meyerhof

Depth [m]	NSPT [blows/ft]	Jenis Tanah	Q_p [ton]	Luas Selimut Tiang [m ²]	f_s SAND [ton/m ²]	Q_s [ton]	ΣQ_s [ton]	Q_{ult} [ton]	Q_{all} tekan [ton]
0									
0.2	5	SILT		0.63	0.50	0.31	0.31		

1.7	6	SILT		4.71	0.60	2.83	3.14		
3.2	9	SILT		4.71	0.90	4.24	7.38		
4.7	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	35.7		
6.2	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	63.9		
7.7	34	SILT		4.71	3.40	16.0 2	80.0		
9.2	32	SILT		4.71	3.20	15.0 8	95.0		
10.7	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	123. 3		
12.2	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	151. 6		
13.7	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	179. 9		
15.2	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	208. 1		
16.7	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	236. 4		
18.2	44	SAN D		4.71	4.40	20.7 3	257. 1		
19.7	26	SILT		4.71	2.60	12.2 5	269. 4		
21.2	60	SILT		4.71	6.00	28.2 7	297. 7		
22.7	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	325. 9		
24.2	60	SAN D		4.71	6.00	28.2 7	354. 2		
25.1	60	SAN D	1256. 6	2.83	6.00	16.9 6	371. 2	1627. 8	542. 6

Berdasarkan metode Meyerhof, daya dukung ultimate yang didapatkan adalah 1627 ton. Dengan menggunakan Faktor Keamanan (FK) sebesar 3.0, maka daya dukung izin untuk tiang tersebut adalah 542 ton.

2.3. Analisis Penurunan Pondasi Tiang

Perkiraan dari penurunan (*settlement*) pada pondasi tiang merupakan masalah yang sangat kompleks karena beberapa hal berikut ini :

1. Adanya gangguan pada kondisi tegangan tanah saat pengeboran.
2. Ketidakpastian terkait mengenai distribusi dari posisi pengalihan beban dari tiang ke tanah.

[10]

2.3.1. Penurunan Pondasi Tiang Tunggal Metode Empiris (Vesic,1970) [11]

Karena penurunan sangat dipengaruhi dari mekanisme pengalihan beban, maka penyelesaian untuk perhitungan penurunan hanya bersifat pendekatan. Untuk memprediksi besarnya penurunan elastis atau penurunan seketika pada pondasi tiang tunggal, dapat digunakan dua metode, yaitu metode semi-empiris dan metode empiris. Metode Empiris dikembangkan oleh Vesic (1970) dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} \quad (5)$$

1) Hasil Perhitungan Beban Kerja 400 ton

$$D = 1 \text{ m} = 39.3701 \text{ inch}$$

$$Q = 400 \text{ ton} = 800000 \text{ pon}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (39.3701)^2 = 1217.371 \text{ inch}^2$$

$$L = 25.1 \text{ m} = 988.1895 \text{ inch}$$

$$E_p = 21000000 \text{ kPa} = 3045798 \text{ psi}$$

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} = \frac{39.3701}{100} + \frac{(800000) \cdot (988.1895)}{(1217.371) \cdot (3045798)} = 0.607 \text{ inch} = 15.42 \text{ mm}$$

2) Hasil Perhitungan Beban Kerja 800 ton

$$D = 1 \text{ m} = 39.3701 \text{ inch}$$

$$Q = 800 \text{ ton} = 1600000 \text{ pon}$$

$$A_p = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (39.3701)^2 = 1217.371 \text{ inch}^2$$

$$L = 25.1 \text{ m} = 988.1895 \text{ inch}$$

$$E_p = 21000000 \text{ kPa} = 3045798 \text{ psi}$$

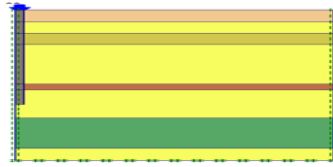
$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} = \frac{39.3701}{100} + \frac{(1600000) \cdot (988.1895)}{(1217.371) \cdot (3045798)} = 0.82 \text{ inch} = 20.83 \text{ mm}$$

2.3.2. Penurunan Pondasi Tiang Tunggal dalam model PLAXIS 2D

Pemodelan penurunan pondasi tiang tunggal Test Pile TP-4 dimodelkan dalam program PLAXIS 2D. Model yang digunakan dalam PLAXIS 2D adalah model Axisymmetry, dimana model tersebut paling menyerupai kondisi asli (3D) dengan merotasikan model pada sumbu y dimana koordinat X = 0. Pemodelan pondasi tiang bor digambarkan selebar 0,5 x diameter tiang dengan beban merata diatas pondasi tiang bor. Berdasarkan hasil pengujian tanah yang sudah dilakukan, maka parameter desain geoteknik yang digunakan dalam PLAXIS 2D ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Geoteknik [12]

Depth from COL			Soil Type	NSPT	Su (c)	f'	E	E'
[m]				[blows/30cm]	[kPa]	(°)	[kPa]	[kPa]
0	-	3.2	SILT	6	37.5	-	6000	-
3.2	-	6.2	SAND	60	-	41	-	42000
6.2	-	9.2	SILT	33	206.25	-	33000	-
9.2	-	19.7	SAND	60	-	41	-	42000
19.7	-	21.2	SILT	26	162.5	-	26000	-
21.2	-	28.7	SAND	60	-	41	-	42000
28.7	-	36.7	SILT	36	225	-	36000	-
36.7	-	40	SAND	60	-	41	-	42000



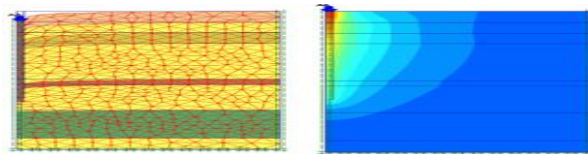
Gambar 4. Model Penurunan Tiang Tunggal Test Pile TP-4 dalam PLAXIS 2D

Fase konstruksi yang digunakan dalam pemodelan penurunan tiang tunggal adalah sebagai berikut:

- Initial Phase : Fase awal penyusunan pelapisan tanah
- Konstruksi Tiang : Fase perubahan material pada mesh Pondasi Tiang Bor
- Pembebanan 400 ton : Memodelkan pembebanan sebesar 100% Working Load
- Unloading 1 : Pelepasan beban di atas kepala tiang
- Pembebanan 800 ton : Memodelkan pembebanan sebesar 200% Working Load
- Unloading 2 : Pelepasan beban di atas kepala tiang

Berikut adalah hasil analisis menggunakan program PLAXIS 2D.

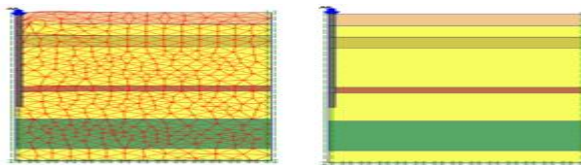
1. Pembebanan 400 ton : Penurunan tiang = 5.66 mm



Gambar 5. Hasil Analisis Test Pile TP-4 PLAXIS 2D Fase Pembebanan 400 ton

Pada fase pertama, beban yang bekerja adalah beban desain atau 400 ton [10]. Pada fase pertama ini dapat dilihat penurunan tiang sebesar 5.66 mm. Sedangkan untuk Axial test nya sebesar 3.15 mm.

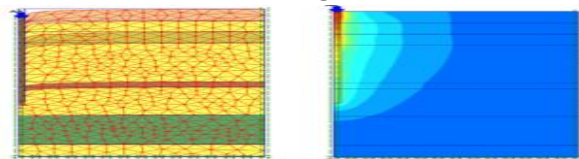
2. Fase *Unloading 1*: Penurunan tiang = 0 mm



Gambar 6. Hasil Analisis Test Pile TP-4 PLAXIS 2D Fase Unloading 1

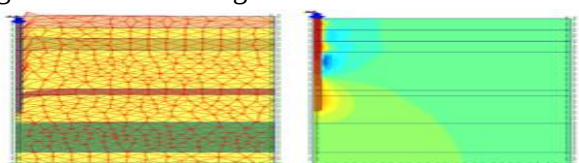
Pada fase kedua, beban dilepas ke awal atau 0 ton. Pada fase kedua ini dapat dilihat bahwa tiang kembali ke posisi awal.

3. Fase Pembebanan 800 ton: Penurunan tiang = 12.32 mm

**Gambar 7.** Hasil Analisis Test Pile TP-4 PLAXIS 2D Fase Pembebanan 800 ton

Pada fase ketiga, beban yang bekerja adalah beban percobaan atau 800 ton. Pada fase ketiga ini dapat dilihat penurunan tiang sebesar 12.32 mm. Sedangkan untuk Axial test nya sebesar 7.82 mm.

4. Fase Unloading 2 : Penurunan tiang = 0.97 mm

**Gambar 8.** Hasil Analisis Test Pile TP-4 PLAXIS 2D Fase *Unloading 2*

Pada fase terakhir, beban dilepas ke awal atau 0 ton. Pada fase kedua ini dapat dilihat bahwa tiang tidak kembali ke posisi awal. Terdapat penurunan sebesar 0.97 mm dari kondisi awal.[12]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan dari hasil analisis, maka dapat disimpulkan beberapa poin, sebagai berikut:

3.1. Daya Dukung Ultimate:

Tabel 4. Daya Dukung Ultimate

Metode	Daya Dukung Aksial Tekan [ton]
<i>Reese and Wright (1977)</i>	1276.4
<i>Meyerhof (1956)</i>	1627.8
PLAXIS 2D	1300
<i>Axial Test</i>	1250

Setelah dilakukan beberapa perhitungan baik itu menggunakan perhitungan manual maupun menggunakan *software* terdapat selisih dengan hasil *Axial Test* yang sudah dilaksanakan. Selisih antara metode Reese & Wright (1977) dengan hasil *Axial Test* sebesar 26.4 ton atau 2.11%. Selisih antara metode Meyerhoff (1956) dengan hasil *Axial Test* sebesar 377.8 ton atau 30.22%. Selisih antara *Software* Plaxis 2D dengan hasil *Axial Test* sebesar 50 ton atau 4%.

3.2. Penurunan Tiang Tunggal :

Tabel 5. Penurunan Tiang Tunggal

Metode	Beban [ton]	Penurunan Tiang [mm]
Vesic (1970)	400	15.42
	800	20.83

PLAXIS 2D	400	5.66
	800	12.32
<i>Axial Test</i>	400	3.15
	800	7.82

Pada perhitungan *settlement* baik menggunakan perhitungan manual maupun dengan menggunakan *software* terdapat selisih dengan hasil *Axial Test* yang sudah dilaksanakan. Selisih antara metode vesic (1970) dengan hasil *Axial Test* sebesar 13.01 mm. Selisih antara *software* plaxis 2D dengan hasil *Axial Test* sebesar 4.5 mm.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan yang dilakukan secara manual dan menggunakan program dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai penurunan total dengan menggunakan metode (Vesic,1970) pada beban 400 ton sebesar 15,42 mm dan pada beban 800 ton sebesar 20,83 mm. Kemudian hasil yang didapat *software* Plaxis 2D pada beban 400 ton sebesar 5,66 mm dan pada beban 800 ton sebesar 12,35 mm. Nilai tersebut di konfirmasi dengan hasil *Axial Test* yaitu pada beban 400 ton sebesar 3,15 mm dan pada beban 800 ton sebesar 7,82 mm. Dari hasil tersebut didapat bahwa pada metode manual maupun menggunakan Plaxis nilai nya sama-sama lebih besar dari hasil *Axial Test* yaitu untuk metode vesic selisih 13,01 mm dan untuk *software Plaxis* selisih 4,5 mm.
2. Daya dukung pada tiang *bored pile* dengan perhitungan manual memakai metode (Reese & Wright,1977) sebesar 1276,4 ton dan metode (Meyerhof,1956) sebesar 1627,8 Ton, dikonfirmasi dengan hasil *Axial Test* sebesar 1250 Ton dan hasil Plaxis sebesar 1300 Ton. Dari hasil tersebut didapat bahwa pada metode (Reese & Wright,1977) nilai nya lebih besar 50 ton dibandingkan hasil *Axial Test*. Dan pada metode (Meyerhof,1956) nilai nya lebih besar 377.8 ton dibandingkan hasil *Axial Test*.

4.2. Saran

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan secara manual beserta program yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang mungkin bisa dijadikan pedoman antara lain sebagai berikut:

1. Diperlukan ketelitian agar dapat menghasilkan hasil analisis *software* yang tepat, Perbandingan hasil bisa sama atau berbeda tergantung dari keakuratan perhitungan dan analisis beserta data-data penunjang yang mendukung dari analisa tersebut.
2. Sebaiknya ketika menghitung daya dukung pondasi terutama pada pondasi yang dalam tidak dianjurkan menghitung dengan metode (Meyerhof,1956) karena dari hasil yang didapat, metode tersebut terlalu optimis. Sedangkan kenyataannya ketika dilakukan uji axial test hasil nya terlalu jauh dari aktualnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahriani, F, 2015. Analisis Daya Dukung Tanah Dan Penurunan Pondasi Pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka. *Forum Profesional Teknik Sipil*, 3(2), 89–95.
- [2] Brinkgreve, R.B.J, 2007. *Manual Acuan PLAXIS 2D Versi 8*. Delft University of Technology & PLAXIS b.v., Belanda. A.A. Balkema Publishers: Netherlands
- [3] Jusi, U. (2018). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test). *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), 50–82. <https://doi.org/10.31849/siklus.v1i2.136>.
- [4] Berry Peter L (1987), *An introduction TO Soil Mechanic*, Mc Graw – Hill Book Company England.
- [5] Kulhawy, F.H. (1991). Drilled Shaft Foundation, Chapter 14 in *Foundation Engineering Handbook*, 2nd Edition. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [6] Tomlinson, MJ, 1977, *Piled Design and Contruction Practices*, London : A viewpoint Publication.
- [7] Reese, L. C., and O’Neil, M. W., 1998. *Drilled Shaft: Construction Procedures and Design Methods*, U. S. Departement of Transportation, FHWA, Offic Implementation, McLean, VA.
- [8] Lastiasih, Yudhi, 2012. Reliability evaluation of Axial Bored Pile Bearing Capacity in City of Jakarta. *Proceeding Fifth Asian-Pasific Symposium on Structural Reliability and its Applications (5APSSRA)*, Singapore
- [9] Lastiasih, Yudhi, 2012. *Studi Reabilitas Metode Perkiraan Daya Dukung Pondasi berdasarkan Hasil Uji Beban Tiang di Indonesia*, PIT HATTI. Jakarta.
- [10] Saptowati, H., Prayogo, K., & Gunawan, H. A, 2017. Evaluasi Tes Beban Pondasi Bore Pile Gedung Iradiator Gamma Kapasitas 2 Mci. 14, 20–29.
- [11] Tomlinson, MJ, 1977, *Piled Design and Contruction Practices*, London : A viewpoint Publication.
- [12] Triastuti, N. S., & Indriasari, I. (2020). Analisis Pondasi Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Perhitungan dan Loading Test. *Indonesian Journal of Construction Engineering and Sustainable Development (Cesd)*, 2(2), 48. <https://doi.org/10.25105/cesd.v2i2.6450>