

ANALISIS PONDASI BORED PILE DENGAN METODE HITUNGAN DAN AXIAL LOADING TEST

Moch Rizky Ramadhan¹, Lydia Darmiyanti²

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana, Jl. Kampus Unkris
Email: Rizky7295@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Krisnadwipayana, Jl. Kampus Unkris
Email: lydiadarmiyanti@gmail.com

ABSTRAK

Pondasi merupakan bagian dari struktur bawah (sub structure), mempunyai peranan penting dalam memikul beban struktur atas sebagai akibat dari adanya gaya-gaya yang terjadi pada struktur atas (upper structure) seperti gaya angin, gaya gempa maupun berat struktur itu sendiri. Tujuan dari penelitian ini untuk menghitung penurunan (settlement) pondasi bored pile dan menghitung kuat dukung 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) Q_u sebesar 1627,8 ton, dengan metode Reese & Wright (1977) Q_u sebesar 1276,4 ton dan dengan software Plaxis Q_u 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 merupakan bagian dari struktur bawah (sub structure), mempunyai peranan penting dalam memikul beban struktur atas sebagai akibat dari adanya gaya-gaya yang terjadi pada struktur atas (upper structure) seperti gaya angin, gaya gempa maupun berat struktur itu sendiri. Struktur bawah secara umum terdiri atas 2 tipe pondasi yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

Setiap pondasi bangunan perlu direncanakan berdasarkan jenis, kekuatan dan daya dukung tanah tempat berdirinya. Bagi tanah yang stabil dan memiliki daya dukung baik, maka pondasinya juga membutuhkan konstruksi yang sederhana. Jika tanahnya berlapis dan memiliki daya dukung buruk, maka pondasinya juga harus 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).

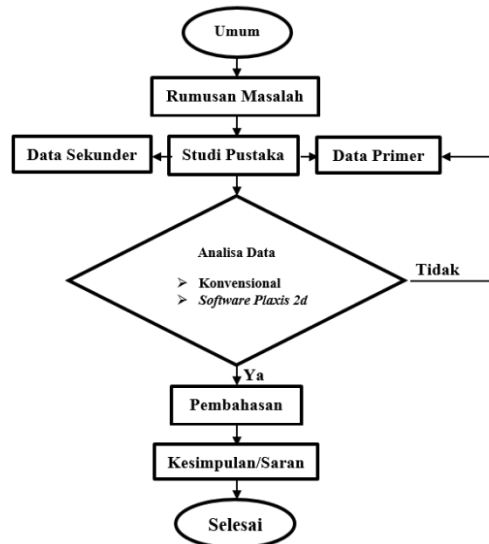
Untuk mengetahui penurunan maksimal tiang tersebut, pengetesan yang biasa dilakukan adalah dengan menggunakan metode uji aksial tekan statik. Uji aksial tekan statik dilakukan untuk mengetahui daya dukung tiang terhadap beban yang diterima oleh tiang pondasi tersebut. Dengan menganalisa jarak penurunan (settlement) yang terjadi pada tiang tersebut.

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. METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Metode penelitian adalah cara atau jalan yang ditempuh sehubungan dengan penelitian yang dilakukan, yang memiliki langkah-langkah yang sistematis. Metode penelitian mencakup prosedur dan teknik penelitian. Dengan menguasai metode penelitian, bukan hanya dapat memecahkan berbagai masalah penelitian, namun juga dapat mengembangkan bidang keilmuan yang digeluti. Selain itu, memperbanyak penemuan-penemuan baru yang bermanfaat bagi masyarakat luas dan dunia pendidikan. Metodologi yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada diagram alir 2.1.



Gambar 1 Bagan Alir Penelitian

Analisis Daya Dukung Metode Reese & Wright (1977)

Daya Dukung Ujung

Daya dukung ultimit pada ujung tiang bor dinyatakan sebagai berikut

$$Q_p = q_p \cdot A$$

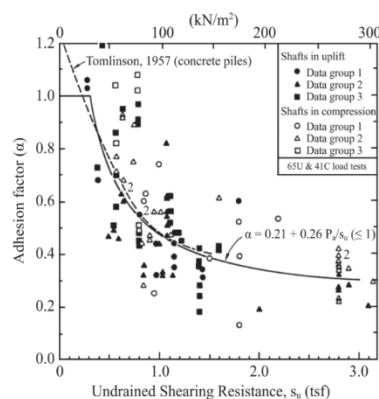
dimana :

Q_p = daya dukung ultimit ujung tiang

q_p = tahanan ujung per satuan luas (ton/m²)

A = luas penampang tiang bor (m²)

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 2.



Gambar 2. Tahanan Ujung Ultimit pada Tanah Non Kohesif

Daya Dukung Selimut

Perhitungan daya dukung selimut tiang pada tanah homogen dapat dituliskan dalam bentuk:

$$Q_s = f \cdot L \cdot p$$

dimana :

Q_s = daya dukung ultimit selimut tiang (ton)

f = gesekan selimut tiang (ton/m²)

L = panjang tiang (m)

p = keliling penampang tiang (m)

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:

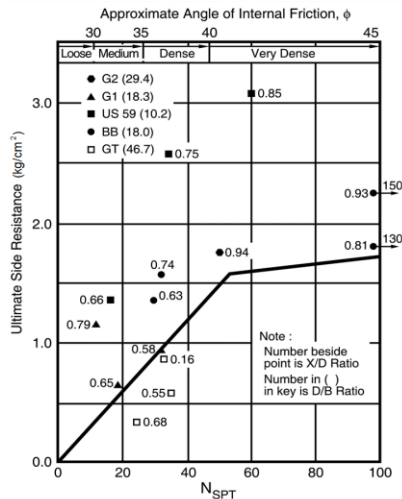
$$f = \alpha \cdot c_u$$

dimana :

α = faktor adhesi

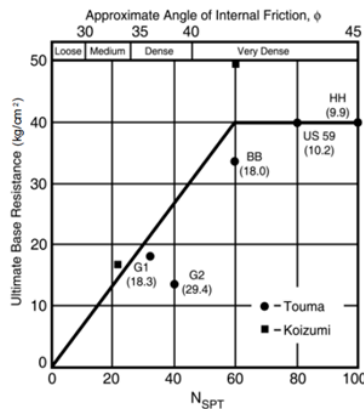
c_u = kohesi tanah (ton/m²)

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



Gambar 3 Grafik Korelasi Faktor Adhesi terhadap Kuat Geser Tanah Tak Teralir

Untuk tanah non-kohesif, gesekan selimut tiang dapat diperoleh dari korelasi langsung dengan nilai NSPT Gambar 2.4.



Gambar 4 Tahanan Selimut Ultimit vs NSPT

Hasil Perhitungan

Berikut adalah perhitungan daya dukung tiang bor diameter 1000 mm dengan panjang efektif tiang 25.1 m :

$$A = 0.7854 \text{ m}^2$$

$$p = 3.1416 \text{ m}$$

Tabel 1 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Metode Reese and Wright

Panjang Tiang [m]	NSPT [blows/30 cm]	Jenis Tanah	Su [kPa]	fs SILT [ton/m ²]	fs SAND [ton/m ²]	qp [ton/m ²]	Luas Selimut Tiang [m ²]	Qs [ton]	ΣQs [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	SAND			15.98		4.71	75.3	552.8		
16.7	60	SAND			15.98		4.71	75.3	628.1		
18.2	44	SAND			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	SAND			15.98		4.71	75.3	841.8		
24.2	60	SAND			15.98		4.71	75.3	917.1		
25.1	60	SAND			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.

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) menganjurkan formula daya dukung sebagai berikut :

$$Qult = 40 \cdot Nb \cdot Ap + 0,1 \cdot N \cdot As$$

dimana :

Qult = daya dukung ultimit pondasi tiang pancang (ton)

Nb = nilai NSPT pada elevasi dasar tiang

Ap = luas penampang dasar tiang (m²)

As = luas selimut tiang (m²)

N = nilai NSPT rata-rata sepanjang tiang

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.

Hasil Perhitungan

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 Metode Meyerhof

Depth [m]	NSPT [blows/ft]	Jenis Tanah	Qp [ton]	Luas Selimut Tiang [m ²]	fs SAND [ton/m ²]	Qs [ton]	ΣQs [ton]	Qult [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	SAND		4.71	6.00	28.27	35.7		
6.2	60	SAND		4.71	6.00	28.27	63.9		
7.7	34	SILT		4.71	3.40	16.02	80.0		
9.2	32	SILT		4.71	3.20	15.08	95.0		
10.7	60	SAND		4.71	6.00	28.27	123.3		
12.2	60	SAND		4.71	6.00	28.27	151.6		
13.7	60	SAND		4.71	6.00	28.27	179.9		
15.2	60	SAND		4.71	6.00	28.27	208.1		
16.7	60	SAND		4.71	6.00	28.27	236.4		
18.2	44	SAND		4.71	4.40	20.73	257.1		
19.7	26	SILT		4.71	2.60	12.25	269.4		
21.2	60	SILT		4.71	6.00	28.27	297.7		
22.7	60	SAND		4.71	6.00	28.27	325.9		
24.2	60	SAND		4.71	6.00	28.27	354.2		
25.1	60	SAND	1256.6	2.83	6.00	16.96	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.

Analisis Penurunan Pondasi Tiang

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

1. Adanya gangguan pada kondisi tegangan tanah saat pengeboran.
2. Ketidakpastian mengenai distribusi dari posisi pengalihan beban (*load transfer*) dari tiang ke tanah.

Penurunan Pondasi Tiang Tunggal Metode Empiris (Vesic,1970)

Karena penurunan dipengaruhi mekanisme pengalihan beban, maka penyelesaian untuk perhitungan penurunan hanya bersifat pendekatan. Untuk memperkirakan 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 :

$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p}$$

dimana :

S = penurunan total di kepala tiang (inchi)

D = diameter atau sisi tiang (inchi)

Q = beban kerja (pon atau lbs)

Ap = luas penampang tiang (inchi²)

L = panjang tiang (inchi)

Ep = modulus elastis tiang (pon/in² atau psi)

Hasil Perhitungan Beban Kerja 400 ton

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

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

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

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

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

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

Hasil Perhitungan Beban Kerja 800 ton

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

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

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

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

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

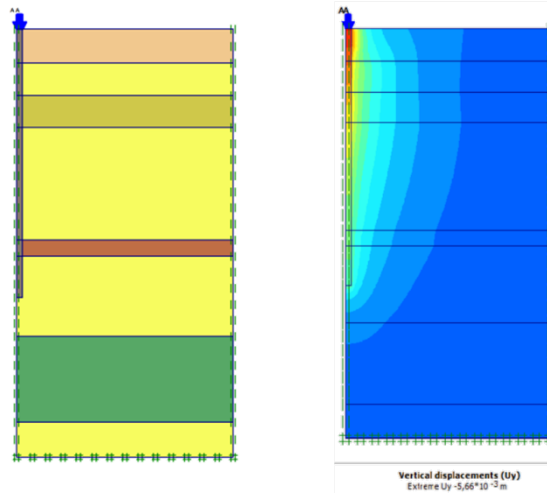
$$S = \frac{D}{100} + \frac{Q \cdot L}{A_p \cdot E_p} = \frac{39.3701}{100} + \frac{(1600000) \cdot (988.1895)}{(1217.371) \cdot (3045798)} = 0.82 \text{ inch} = 20.83 \text{ mm}$$

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 2.3.

Tabel 3 Parameter Geoteknik

Depth from COL			Soil Type	NSPT	Su (c)	□□'	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



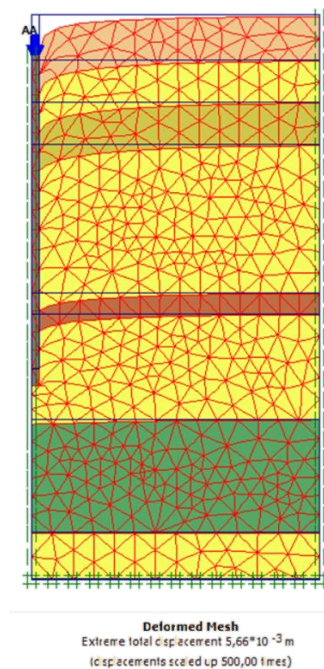
Gambar 5 Model Penurunan Tiang Tunggal Test Pile TP-4 dalam PLAXIS 2D

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.

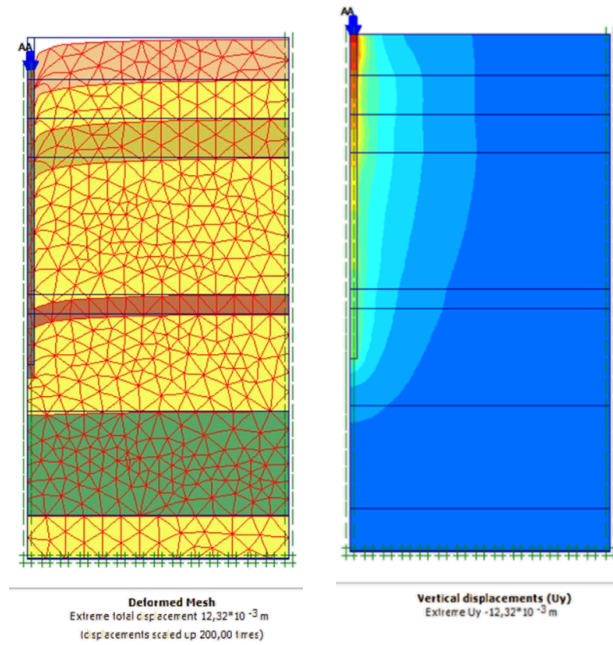
1. Pembebanan 400 ton : Penurunan tiang = 5.66 mm



Gambar 6 Hasil Analisis Test Pile TP-4 PLAXIS 2D Fase Pembebanan 400 ton

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

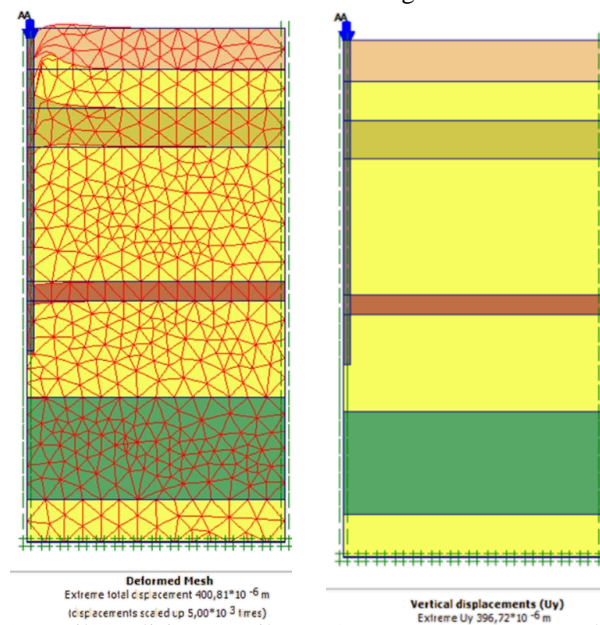
2. Fase *Unloading* 1 : Penurunan tiang = 0 mm



Gambar 7 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.

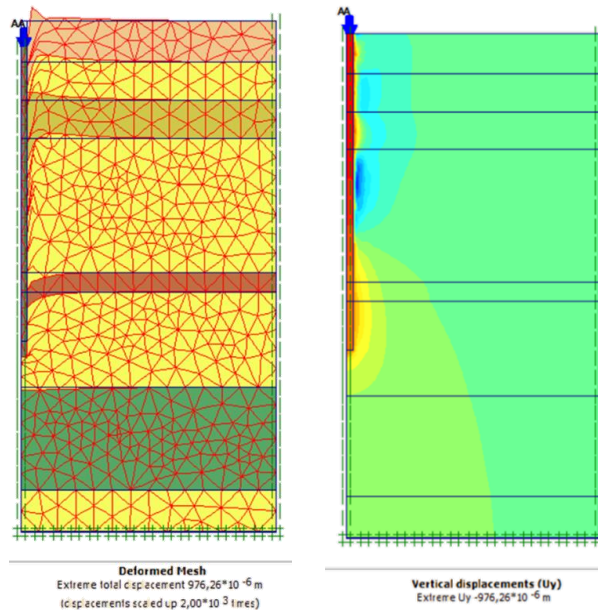
3. Fase Pembebanan 800 ton : Penurunan tiang = 12.32 mm



Gambar 8 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 .9 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.

3. HASIL ANALISIS

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

1. Daya Dukung Ultimit :

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%.

2. 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

Berdasarkan hasil dari analisis dan pembahasan secara manual beserta program yang telah dilakukan, dapat disimpulkan 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 tiang *bored pile* dengan perhitungan manual menggunakan 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*.

DAFTAR PUSTAKA

- Fahriani, F., & Apriyanti, Y. (2015). Analisis Daya Dukung Tanah Dan Penurunan Pondasi Pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka. *Forum Profesional Teknik Sipil*, 3(2), 89–95.
- Husnah. (n.d.). *ANALISA DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA PROYEK PEMBANGUNAN PONDASI TISSUE BLOCK 5 & 6 Husnah A s = Luas kulit tiang pancang metode diantaranya : Metode Aoki dan De Alencar Keterangan : 73*, 1–10.
- 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>
- Saptowati, H., Prayogo, K., & Gunawan, H. A. (2017). *Evaluasi Tes Beban Pondasi Bore Pile Gedung Iradiator Gamma Kapasitas 2 Mci*. 14, 20–29.
- 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>
- Yusti, A. (2014). DIVERIFIKASI DENGAN HASIL UJI PILE DRIVING ANALYZER TEST DAN CAPWAP (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel di Pangkalpinang). *ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG DIVERIFIKASI DENGAN HASIL UJI PILE DRIVING ANALYZER TEST DAN CAPWAP (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Kantor Bank Sumsel Babel Di Pangkalpinang)*, 2, 19–31.