

EVALUASI DAYA DUKUNG DAN PENURUNAN *BORED PILE* BERDASARKAN HASIL PENGUJIAN *PDA* (PEMBANGUNAN UNIVERSITAS KH. ABDUL WAHAB HASBULLAH JOMBANG)

Oktafiana Sari¹, M.Shofi'ul Amin²

^{1,2}Teknik Sipil, Politeknik Negeri Banyuwangi

Email corresponding author: oktafianasari21@gmail.com

Info Artikel

Diajukan :16/03/2023

Direview: 11/07/2023

Dipublikasi: 22/02/2024

Abstrak

Pondasi adalah bagian dari suatu sistem rekayasa yang meneruskan beban yang di topang oleh pondasi dan beratnya sendiri kepada tanah dan batuan yang terletak dibawahnya. Daya dukung ultimit pondasi harus lebih besar daripada beban yang bekerja pada pondasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui daya dukung tiang pancang dan penurunan masih dalam batas aman. Dengan menghitung besarnya daya dukung dan penurunan yang terjadi pada pondasi serta melihat perbedaan nilai sebagai bentuk evaluasi berdasarkan *PDA Test*. Berdasarkan data *Standard penetration test (SPT)* yang digunakan dan dihitung dengan beberapa metode diperoleh hasil perhitungan menggunakan metode Reese dan O'neil (1989) pada titik DB.1 $Q_u = 141.79$ ton, DB.2 $Q_u = 160.75$. Sedangkan untuk metode Mayerhof (1976) diperoleh pada titik DB.1 $Q_u = 107.12$ ton, DB.2 $Q_u = 108.95$. Perhitungan penurunan tiang tunggal dihitung menggunakan metode Poulos dan Davis dengan beban sesuai dengan *PDA Test* yang menghasilkan pada titik DB.1 $S = 4.15$ mm , DB.2 $S = 4.87$ mm. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan daya dukung ultimit dan penurunan pondasi masuk kedalam kriteria batas aman.

Kata Kunci : Daya dukung, *Bored pile*, Penurunan, *PDA Test*

Abstract

The foundation is part of an engineering system that transmits the load supported by the foundation and its own weight to the soil and rock that lies below it. The ultimate bearing capacity of the foundation must be greater than the load acting on the foundation. This research was conducted to determine the bearing capacity of the pile and settlement is still within safe limits. By calculating the amount of bearing capacity and settlement that occurs in the foundation and seeing the difference in value as a form of evaluation based on the *PDA Test*. Based on the *Standard penetration test (SPT)* data used and calculated by several methods, the results of calculations using the Reese and O'neil (1989) method are obtained at the point DB.1 $Q_u = 141.79$ tons, DB.2 $Q_u = 160.75$. As for the Mayerhof method (1976) obtained at the point DB.1 $Q_u = 107.12$ tons, DB.2 $Q_u = 108.95$. The calculation of single pile settlement was calculated using the Poulos and Davis method with the load according to the *PDA Test* which resulted in the points DB.1 $S = 4.15$ mm, DB.2 $S = 4.87$ mm. Based on the calculations carried out, the ultimate bearing capacity and the settlement of the foundation are included in the safe limit criteria.

Keyword : Pile Bearing Capacity, *Bored pile*, Reduction, *PDA Test*

PENDAHULUAN

Universitas KH. Abdul Wahab Hasbullah merupakan salah satu dari sekian banyak perguruan tinggi yang sedang melakukan pembangunan untuk gedung perkuliahan. Pada proyek pembangunan gedung Universitas KH. Abdul Wahab Hasbullah sendiri menggunakan metode empiris berdasarkan *Standart Penetration test (SPT)*, sondir, dan penyelidikan tanah untuk merencanakan daya dukung tiang. Pondasi yang digunakan pada gedung ini adalah pondasi tiang *bored pile* dengan kedalaman 15m. penelitian (Oemar et al., 2021) menyarankan data yang digunakan untuk menentukan daya dukung tiang

bored pile adalah data *Standart Penetration test (SPT)*. Pengujian dinamik diperlukan untuk melihat kualitas dari tiang yang telah dikerjakan. Salah satu pengujian dinamik yang sering digunakan adalah *High Strain Dynamics Pile Tests (HSDPT)* atau sering disebut *PDA test*. Pada penelitian sebelumnya Teddy (2012) menyatakan bahwa *PDA test* sangat memadai untuk evaluasi pondasi tiang. Pada (SNI 8460 : 2017, 2017) menyebutkan bahwa metode ini dilakukan untuk memperoleh gaya dan kecepatan tiang ketika terjadi tumbukan aksial yang dapat digunakan untuk mengevaluasi integritas tiang, kinerja sistem

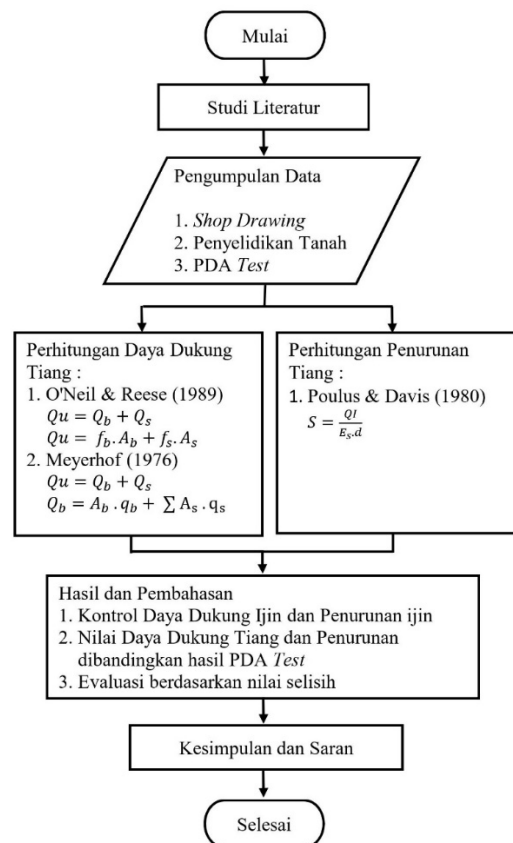
penumbukan, serta tegangan tekan dan tarik maksimum yang terjadi pada tiang.

Dengan data Standart Penetration Test (SPT) maka dilakukan perhitungan menggunakan metode O'Neil dan Reese (1989) pada (Muka et al., 2021; Oemar et al., 2021) serta Meyerhof (1976) untuk mengetahui nilai daya dukung tiang yang nantinya dibandingkan dengan hasil pengujian *PDA*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui batas aman dari daya dukung tiang dan penurunan yang terjadi sesuai (SNI 8460 : 2017, 2017).

METODE PENELITIAN

Tahap awal yang dilakukan adalah studi literatur terlebih dahulu. Tahap ini berisi pengumpulan dan pemahaman seputar uji *PDA*, SPT, dan pondasi tiang pancang yang digunakan sebagai referensi untuk memulai proyek akhir. Literatur ini berasal dari jurnal, buku, paper, dan lainnya yang memiliki bidang yang sama. Data yang dikumpulkan yaitu *shop drawing*, penyelidikan tanah, dan *PDA test* pada proyek pembangunan gedung Universitas KH. Abdul Wahab Hasbulloh Jombang.

Pengolahan data dengan menghitung daya dukung tiang dengan metode O'Neil dan Reese (1989) pada (Akbar, 2019; Fahriani & Apriyanti, 2015; Permana & Gunawan, 2021; SNI 8460 : 2017, 2017) serta Meyerhof (1976). Untuk memperoleh nilai Q_u yang telah dikontrol dengan faktor aman. Selanjutnya perhitungan penurunan *bored pile* untuk mencari besar penurunan (S) yang telah memenuhi penurunan ijin. Setelah diperoleh hasil dari perhitungan, maka dilakukan perbandingan besar daya dukung ultimit (Q_u) dengan daya dukung tiang hasil *PDA test* yang telah dianalisis dengan *CAPWAB* yang lebih akurat (R_u). Nilai dari penurunan juga akan dibandingkan dengan hasil *PDA test* (*DMX*). Dari data yang sudah diolah maka dilakukan penilaian atau evaluasi terhadap selisih daya dukung ultimit dan penurunan dengan *PDA test* yang ditunjukkan dalam bentuk presentase.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal

$$Q_u = Q_b + Q_s \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

Q_u = Kapasitas ultimate tiang bor (kN)

Q_b = Daya ujung ultimit (kN)

Q_s = Daya gesek ultimit (kN)

Metode Reese and O'neil 1989

Kohesif

$$Q_b = A_b \times N_c \times C_u \dots\dots\dots (2)$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times L \dots\dots\dots (3)$$

Non-kohesif

$$Q_b = q_p \cdot A_b \dots\dots\dots (4)$$

$$q_p = 57.5 \times N_{spt} \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_s = f_s \cdot p \cdot L \dots\dots\dots (6)$$

$$f_s = \beta \cdot \sigma_{r'} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

A_b = luas alas tiang bor

N_c = Nilai faktor kapasitas dukung, Skempton (1959) menggunakan nilai 9

C_u = Kohesi Undrained (kN/m²)

f_s = Tahanan gesek satuan (kN/m²)

p = Keliling tiang (m)

L = Kedalaman (m)

α = Faktor adhesi

Adapun untuk mencari nilai α sebagai berikut :

$$\alpha = 0.55 \rightarrow \text{jika } \frac{Cu}{Pa} \leq 1.5$$

$$= 0.55 - 0.5 \left(\frac{Cu}{Pa} - 1.5 \right) \rightarrow$$

$$\text{jika } 1.5 \leq \frac{Cu}{Pa} \leq 2.5 \dots\dots\dots (8)$$

Metode Mayerhoff 1976

Kohesif

$$Q_b = 9 \cdot Cu \cdot A_b \dots\dots\dots (9)$$

$$Cu = \frac{2}{3} \cdot N_{spt} \cdot 10 \dots\dots\dots (10)$$

$$Q_s = \alpha \cdot Cu \cdot p \cdot Li \dots\dots\dots (11)$$

Non-kohesif

$$Q_b = 40 \cdot N_{spt} \cdot (Lb/d) \cdot A_b \leq 400 \cdot N_{spt} \cdot A_b \dots\dots\dots (12)$$

$$Q_s = 2 \cdot N_{spt} \cdot p \cdot Li \dots\dots\dots (13)$$

Dimana :

A_b = Luas penampang *bored pile* (m^2)

Cu = Kohesi *Undrained* (kN/m^2)

p = Keliling tiang (m^2)

Li = Kedalaman lapisan tanah (m)

Perhitungan Penurunan Pondasi Tiang Tunggal Poulos dan Davis

Untuk tiang apung (*floating pile*) Persamaan (14) dan Persamaan (16) untuk tiang dukung ujung yang dianjurkan oleh Poulos dan Davis (1980), sebagai berikut :

$$S = \frac{QI}{E_s \cdot d} \dots\dots\dots (14)$$

$$I = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_\mu \dots\dots\dots (15)$$

Dimana :

S = Penurunan di kepala tiang

Q = Beban yang bekerja

I_o = Faktor pengaruh penurunan untuk tiang yang tidak mudah mampat (*incompressible*) dalam msa semi tak terhingga. (**Gambar 2.4**)

R_k = Faktor koreksi kemudahan-mapatan (kompresibilitas) tiang untuk

$\mu = 0,3$. (**Gambar 2.5**)

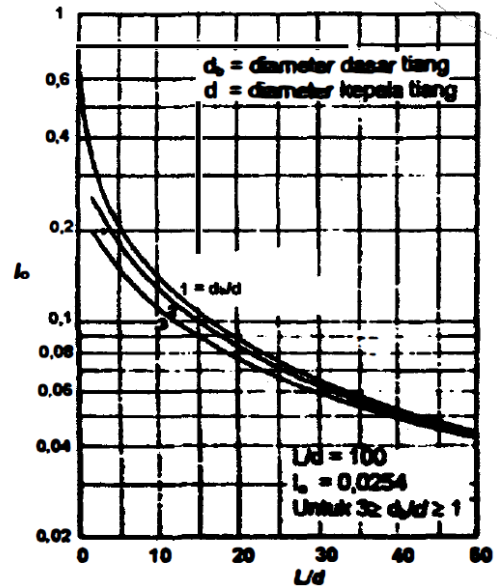
R_μ = Faktor koreksi angka poisson μ Terlihat pada (**Gambar 2.6**)

R_h = Faktor koreksi untuk ketebalan lapisan yang terletak pada tanah Keras (**Gambar 2.7**)

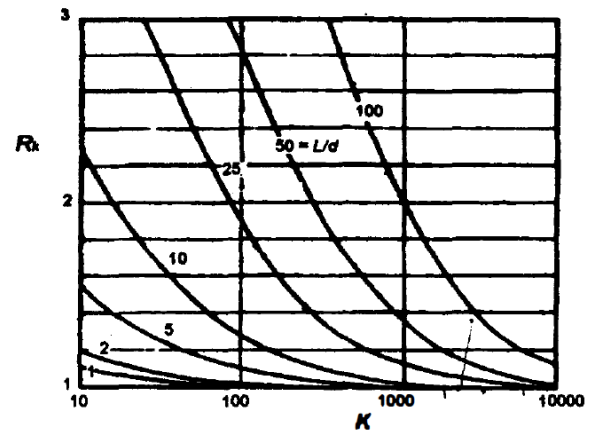
h = Kedalaman total lapisan tanah

$$S = \frac{QI}{E_s \cdot d} \dots\dots\dots (16)$$

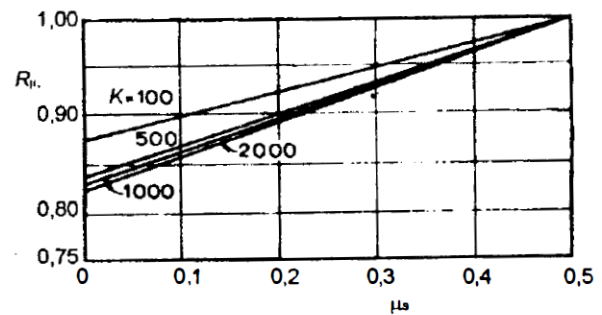
$$I = I_o \cdot R_k \cdot R_h \cdot R_b \dots\dots\dots (17)$$



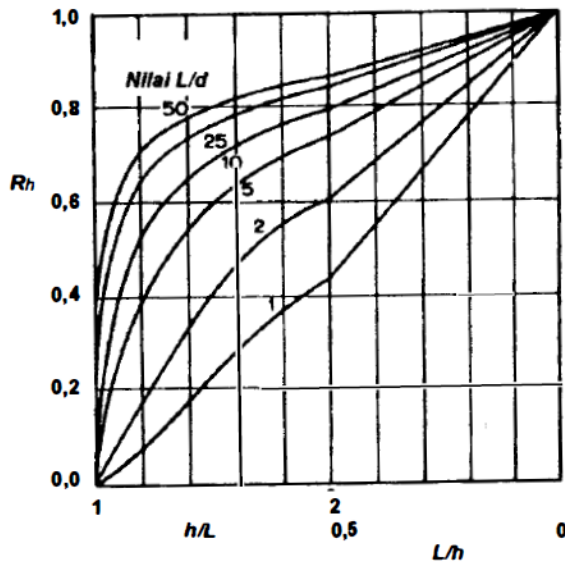
Gambar 2. Faktor Penurunan I_o Poulos dan Davis, 1980 (Yasin, 2022)



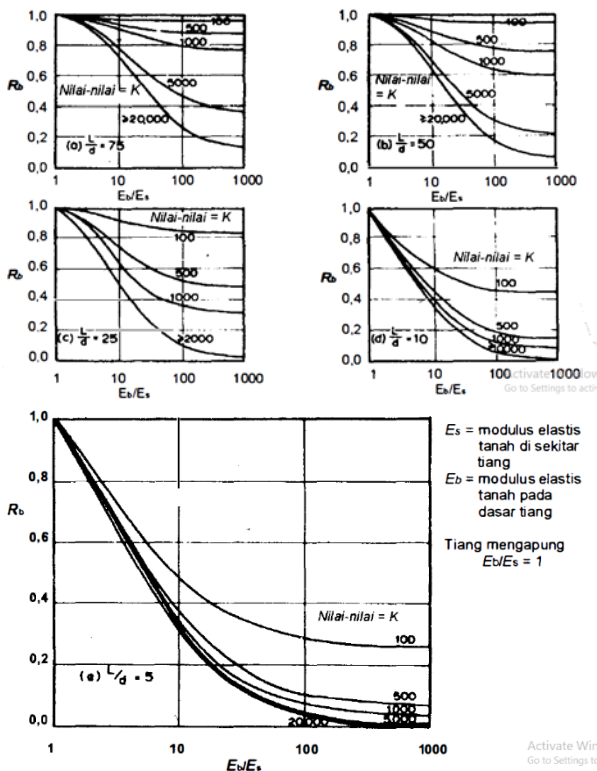
Gambar 3. Koreksi Kompresi, R_k Poulos dan Davis, 1980 (Yasin, 2022)



Gambar 4. Koreksi Angka Poisson, R_μ Poulos dan Davis, 1980 (Yasin, 2022)



Gambar 5. Koreksi Kedalaman R_h , Poulos dan Davis. 1980 (Yasin, 2022)



Gambar 6. Koreksi Kekakuan Lapisan Pendukung (Yasin, 2022)

Pengaruh kekerasan pada tanah pendukung di dasar tiang yaitu untuk mengurangi penurunan. K adalah suatu ukuran kompresibilitas relatif dari tiang dan tanah yang dinyatakan oleh Persamaan 18 :

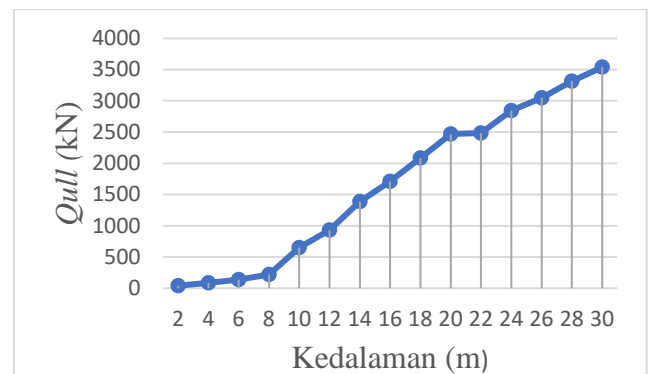
$$K = \frac{E_p R_A}{E_s} = \text{faktor kekakuan tiang} \dots\dots\dots (18)$$

$$R_A = \frac{A_p}{1/4 \cdot \pi d^2} = \text{rasio area tiang} \dots\dots\dots (19)$$

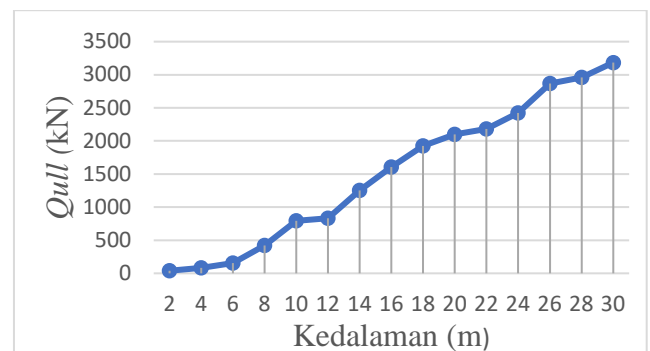
E_p dan E_s beturut-turut yaitu modulus elastis bahan tiang dan tanah. A_p yaitu luas penampang tiang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur pondasi yang digunakan pada Universitas KH. Abdul Wahab Hasbullah Jombang menggunakan jenis *bored pile* dengan kedalaman 15m sesuai gambar kerja. Diameter dari *bored pile* ini sendiri adalah 40 cm dengan mutu beton yang digunakan adalah $f_c' 30$. Titik pengujian untuk mendapatkan data uji SPT pada proyek pembangunan gedung perkuliahan terdiri dari 2 titik *Bore Hole*. *Bore Hole* tersebut terdiri dari DB – 1 dan DB – 2. Tiap titik pada *Bore Hole* dilakukan penggalian hingga kedalaman 40m.

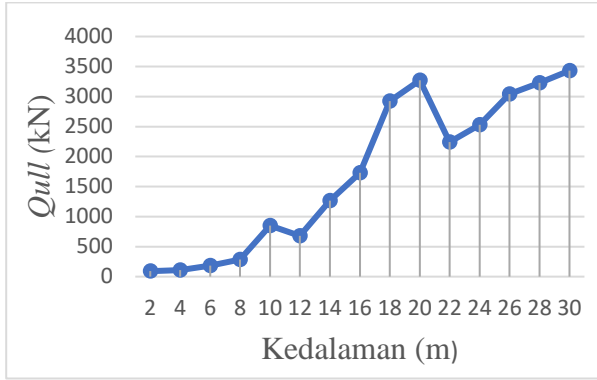


Gambar 7. Diagram Metode Reese dan O'neil pada DB.1

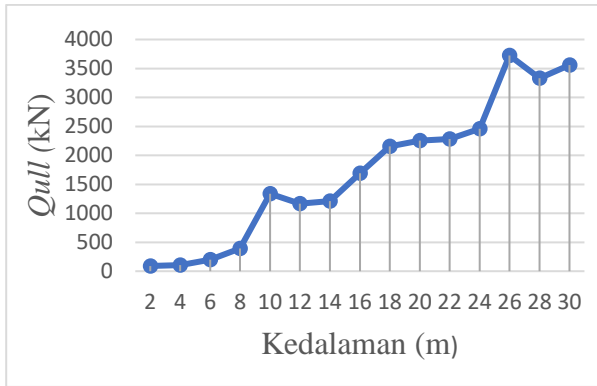


Gambar 8. Diagram Metode Reese dan O'neil pada DB.2

Gambar 7 dan Gambar 8 Berturut – turut adalah hasil perhitungan menggunakan Metode Reese dan O'neil adalah bentuk diagram dari daya dukung ultimit dengan tiap lapisan kedalaman. Pada diagram terlihat jelas bahwa daya dukung ultimit yang dihasilkan naik secara signifikan sehingga semakin dalam suatu tanah maka daya dukung yang dihasilkan semakin tinggi.



Gambar 9. Diagram Metode Mayerhoff pada DB.1



Gambar 10. Diagram Metode Mayerhoff pada DB.2

Jika dibandingkan, hasil pada titik DB.1 (**Gambar 9**) dan titik DB.2 (**Gambar 10**) grafik kenaikan dari titik DB.2 lebih terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa selain kedalaman jenis tanah juga mempengaruhi hasil perhitungan. Dari kedua metode tersebut maka diambil titik kedalaman 14m untuk dibandingkan dengan *PDA Tes* yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Daya Dukung Tiang Tunggal Kedalaman 14m.

No.	Metode	Daya Dukung Tiang (Qull) Ton	
		DB.1	DB.2
1.	Reese dan O'Neil (1999)	139	125.4
2.	Meyerhoff (1976)	126.4	121

Tabel 2 menunjukkan hasil dari pengujian *PDA Test* pada beberapa titik pondasi.

Tabel 3. Daya Dukung Tiang Pengujian *PDA Test*

No.	Titik	Daya Dukung Tiang (Qull) Ton	
		<i>PDA</i>	<i>CAPWAB</i>
1.	AS 1E	139	139
2.	AS 2G	144	158
3.	AS 3A	131	140
4.	AS 5A	125	125

Jika dilihat dari titik AS 1E yang dibandingkan dengan metode Reese dan O'neil (1989) pada titik DB.1 menunjukkan bahwa pondasi tiang bor tersebut dianggap aman karena memiliki nilai $139 \leq 139$. Kriteria penerimaan hasil dari *PDA test* jika $Q_u (SPT/CPT) \leq Q_u (PDA test)$ maka tiang dianggap aman.

Tabel 4. Rekapitulasi presentase selisih rata - rata

No.	Metode	Presentase Selisih Rata - Rata	
		DB.1	DB.2
1.	Reese dan O'Neil (1999)	-3.5%	6.7%
2.	Meyerhoff (1976)	5.9%	9.9%

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa presentase Metode Mayerhoff memiliki nilai positif yang menandakan bahwa hasil *PDA test* lebih besar daripada perhitungan menggunakan metode tersebut sehingga menunjukkan bahwa hasil Metode Mayerhoff aman (Fahriani & Apriyanti, 2015).

Tabel 5. Rekapitulasi Penurunan

Titik	Penurunan Tiang Apung	Penurunan Tiang Dukung Ujung	Penurunan Total
DB.1	2 mm	2.15 mm	4.15 mm
DB.2	2.35 mm	2.52 mm	4.87 mm

Berdasarkan **Tabel 6** menunjukkan hasil akhir dari perhitungan penurunan total menggunakan Metode Poulos dan Davis. Adapun penurunan izin yaitu $S = 10\% D$ (D dalam satuan mm). Dari perhitungan tersebut didapatkan penurunan ijin yang terjadi maksimum yaitu 40 mm. Sehingga jika penurunan total dimasukkan kedalam nilai S maka perkiraan penurunan yang terjadi memiliki hasil yang memenuhi syarat dari penurunan izin sesuai (SNI 8460 : 2017, 2017).

KESIMPULAN

Nilai daya dukung tiang yang dihasilkan berdasarkan data SPT yang diolah menggunakan metode Reese dan O'neil (1999) adalah 139 ton untuk titik DB.1 dan 125.4ton untuk titik DB.2. Sedangkan daya dukung tiang yang dihasilkan berdasarkan metode Mayerhof (1976) adalah 126.4 ton untuk titik DB.1 dan 121 untuk titik DB.2. Hasil perbandingan Metode Reese dan O'neil serta Mayerhof didapatkan metode yang mendekati nilai *PDA test* adalah Metode Mayerhof. Penurunan yang terjadi baik dari Metode Poulos dan Davis

serta *PDA test* masih dalam batas aman sesuai (SNI 8460 : 2017, 2017).

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, W. A. N. M. (2019). *Tinjauan Kapasitas Dukung dan Penurunan Tiang Paancang Tekan Berdasarkan Data Laboratorium di Menara BRI Pekanbaru*.
- Fahriani, F., & Apriyanti, Y. (2015). Analisis Daya Dukung Tanah Dan Penurunan Pondasi Pada Daerah Pesisir Pantai Utara Kabupaten Bangka. *Jurnal Fropil*, 3(2), 89–95. <https://www.journal.ubb.ac.id/index.php/fropil/article/view/1219>
- Muka, I. W., Indriani, M. N., & Ocky Wintara, I. P. (2021). Analisis Daya Dukung Tanah Pada Perencanaan Proyek Gedung Dengan Metode Terzaghi, Meyerhof, Hansen Dan Vesic. *Jurnal Ilmiah Kurva Teknik*, 10(2), 1–7. <https://doi.org/10.36733/jikt.v10i2.2979>
- Oemar, F., Utama, T. R., & ... (2021). Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Bore Pile Pada Pembangunan Proyek Fly Over Martadinata Kota Tangerang. *Jurnal Teknik Sipil - Arsitektur*, 20(1), 121–133. <http://jurnalftspjayabaya.ac.id/index.php/jsa/article/view/69%0Ahttps://jurnalftspjayabaya.ac.id/index.php/jsa/article/download/69/55>
- Permana, S., & Gunawan, A. (2021). Evaluasi Pondasi Bored Pile pada Proyek Kolam Ponds dengan Pile Driving Analyze Test. *Jurnal Konstruksi*, 18(2), 51–61. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.18-2.805>
- SNI 8460 : 2017. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI 8460:2017. *Badan Standarisasi Nasional*, 8460.
- Yasin, M. (2022). Analisis Kuat Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Mini Pada Gedung Rawat Jalan Poliklinik Terpadu Di Kecamatan Pangkalan Kerinci. *Tugas Akhir*, 8.5.2017, 2003–2005.