

ANALISIS PENGARUH VARIASI BENTUK DAN VARIASI DIMENSI TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI TIANG PANCANG PADA GEDUNG KULIAH BERSAMA DAN LABORATORIUM FEB UPN “VETERAN” JAWA TIMUR

Mochammad Nouval Diva Ramadhan¹, Dian Purnamawati Solin^{1,*}, Made Dharma Astawa¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding authors: diansolin.ts@upnjatim.ac.id

Submitted: 11 August 2022, Revised: 14 September 2022, Accepted: 30 September 2022

ABSTRACT: The foundation is the most important parts of the lower structure in a building work. This is because the foundation has a function as a bearer and load-bearing that is above it. Therefore, careful calculations are needed accompanied by a comparative analysis of methods to get an efficient type of foundation. In this study, a calculation analysis will be carried out using the conventional method, namely the Mayerhof, Luciano Decourt and Reese O'Neil method to analyze the bearing capacity of the pile with two types of pile shapes namely circle and square accompanied by differences in pile dimension data 300 mm, 400 mm, 500mm and 600 mm with reference to the comparison of the foundation carrying capacity data with the PDA (Pile Driving Analyzer) test. As well as knowing the settlement of the pile foundation of the Joint Lecture Building and Laboratory of the FEB UPN "Veteran" East Java using the PLAXIS version 8.2 aid program. from the results of the study obtained the value of the bearing capacity of the foundation, the smallest deflection and settlement as well as the comparison of the BCR (Bearing Capacity Ratio) value close to 1, the foundation with variations in the shape of a square cross section with dimensions of 300 x 300 mm is efficient and safe to use.

KEYWORDS: foundation bearing capacity; pile foundation; settlement.

ABSTRAK: Pondasi merupakan bagian struktur bawah terpenting dalam suatu bangunan. Hal ini dikarenakan pondasi memiliki fungsi sebagai pemikul dan penahan beban yang berada di atasnya. Perhitungan yang matang disertai dengan analisa perbandingan metode dibutuhkan untuk mendapat jenis pondasi yang efisien. Pada penelitian ini, metode konvensional yakni metode Mayerhof, Luciano Decourt dan Reese O'Neil digunakan dalam analisa perhitungan daya dukung tiang pancang (pile foundation) dengan dua jenis bentuk penampang tiang yakni lingkaran dan persegi disertai perbedaan data dimensi penampang tiang yakni 300 mm, 400 mm, 500mm dan 600 mm, dengan acuan perbandingan data daya dukung Pondasi dan test PDA (Pile Driving Analyzer). Serta mengetahui penurunan dari pondasi tiang pancang gedung perkuliahan bersama dan laboratorium FEB UPN “Veteran” Jawa Timur menggunakan program bantu. Berdasarkan hasil penelitian didapat nilai daya dukung pondasi, besar defleksi dan penurunan terkecil serta perbandingan nilai BCR (Bearing Capacity Ratio) mendekati 1 yakni pondasi dengan variasi bentuk penampang persegi dengan dimensi 300 x 300 mm efisien dan aman digunakan.

KATA KUNCI: daya dukung pondasi; pondasi tiang pancang, penurunan.

© The Author(s) 2020. This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license.

1 PENDAHULUAN

Pembangunan Gedung kuliah Bersama dan laboratorium FEB UPN “Veteran” Jawa Timur dimaksudkan sebagai solusi kebutuhan ruang belajar seiring dengan penambahan peserta didik baru tiap tahun di perguruan tinggi tersebut. Dalam perencanaan pembangunan pondasi memegang peran penting sebagai penopang struktur atas guna menyalurkan beban kedalam tanah. Oleh karena itu diperlukan perencanaan pondasi yang baik dan efisien. Berdasarkan data penyelidikan tanah menggunakan metode SPT (*Standart Penetration Test*) kondisi lapisan tanah pada UPN “Veteran” Jawa Timur adalah tanah berlempung. (Priadi & Bakar, 2021) menyebutkan

bahwa kondisi lapisan tanah yang dominan dengan lempung diperlukan perkuatan tiang pancang sebagai alternatif untuk menstabilkan lapisan tanah.

Berdasarkan SNI 3.5-4153-2008 mendefinisikan *Standart Penetration Test* atau pengujian pengeboran merupakan pengujian yang bertujuan untuk mengetahui besar perlawanan dinamik serta sifat rekayasa geoteknik dari tanah dengan teknik penumbukan. Besar perlawanan tanah didapat dari jumlah penumbukan yang dilakukan pada tanah tersebut. Pengujian SPT banyak digunakan karena dapat menembus lapisan tanah kerikil sehingga data klasifikasi tanah yang didapatkan lebih lengkap (Anonim, 2008). Selanjutnya dilakukan analisis daya

dukung pondasi yang digunakan dalam penentuan jumlah serta konfigurasi pondasi disetiap titik.

Analisis daya dukung pondasi dilakukan dengan membandingkan 3 metode konvensional yakni metode Meyerhof, Luciano Decourt dan Reese O'neil terhadap model pondasi dengan ujung tertutup dengan variasi bentuk tiang yakni persegi dan lingkaran serta variasi dimensi. Dirgananta (2018) melakukan penelitian dengan membandingkan nilai daya dukung dan penurunan tiang rencana dengan metode Aoki De Alencar, Mayerhoff dan Luciano Decourt dengan data eksisting. Penelitian lain dilakukan oleh Muthmainnah, 2021 yang melakukan penelitian menggunakan metode statis guna menemukan perbandingan nilai daya dukung dan penurunan pondasi rencana dengan eksisting.

Analisis daya dukung pondasi dengan membandingkan variasi bentuk dan dimensi memiliki peran penting untuk mengetahui jenis pondasi yang paling efisien untuk digunakan dalam perencanaan, efisiensi yang dimaksud adalah perbandingan terkecil penurunan dengan daya dukung terbesar (Muthmainnah, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Sjachrul Balamba & Sumampouw (2018) menyebutkan bahwa kapasitas dukung pondasi dengan variasi bentuk persegi lebih besar dari pada pondasi dengan penampang lingkaran. Selanjutnya hasil penelitian dikomparasikan dengan pengujian PDA (*Pile Driving Analyze*) test sehingga didapat nilai rasio perbedaan nilai daya dukung. Data ini menjadi salah satu penentu efisiensi variasi bentuk dan variasi dimensi yang akan digunakan. penelitian yang dilakukan oleh Santoso et al., 2020 menyimpulkan nilai daya dukung berdasarkan uji kalendering dan uji SPT mendekati nilai daya dukung lapangan. Penelitian yang dilakukan Lailaningrum et al., 2014 juga menyimpulkan nilai daya dukung berdasarkan data uji SPT lebih mendekati nilai daya dukung berdasarkan uji PDA dari pada hasil perhitungan statis pada pondasi minipile. Oleh karena itu, pada studi saat ini dilakukan analisis perbandingan nilai daya dukung berdasarkan variasi bentuk dan variasi dimensi, berdasarkan data diarea pembangunan Gedung Perkuliahan Bersama dan laboratorium FEB UPN "Veteran" Jawa Timur.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di area pembangunan Gedung Perkuliahan Bersama dan Laboratorium FEB UPN "Veteran" Jawa Timur (Gambar 1). Pada saat penelitian ini dibuat, Gedung perkuliahan bersama dan laboratorium FEB UPN "Veteran" Jawa Timur telah dibangun dengan perencanaan pondasi *existing* menggunakan tiang pancang dengan variasi bentuk persegi dimensi 300x300 mm pada kedalaman 25m.



Gambar 1. Area Pembangunan Gedung Penelitian UPN "Veteran" Jawa Timur (Google Earth, 2022)

2.2 Data Tanah

Dalam jurnal ini data tanah yang dimuat adalah data yang dibutuhkan dalam perhitungan daya dukung pondasi, seperti klasifikasi tanah, kedalaman lapisan dan nilai N-SPT (Tabel 1).

Tabel 1. Data Klasifikasi Tanah berdasarkan SPT

Kedalaman	Deskripsi	Nrerata
0 – 5	Lempung berlanau <i>very soft</i>	0.82
6 – 10	Lembung berlanau <i>Soft</i>	2
11 – 15	Lempung berlanau berpasir <i>soft</i>	2
16 – 20	Lempung berlanau berpasir coklat	6.6
21 – 25	Lempung berlanau coklat <i>soft</i>	18.8
26 – 30	Lempung berlaau coklat <i>stiff</i>	16.4

2.3 Koreksi N-SPT terhadap Muka Air Tanah

Tanah dengan N-SPT lebih dari 15 dan berada dibawah permukaan tanah serta memiliki klasifikasi seperti pasir berlempung, pasir berlanau dan pasir halus harus dilakukan koreksi N-SPT (Wahyudi, 1999). Berdasarkan rumus (Terzaghi et al., 1996):

$$N' = 15 + 0.5(N - 15) \dots\dots\dots (1)$$

dimana N' adalah nilai SPT terkoreksi dan N adalah nilai SPT asli lapangan (Tabel 2).

2.4 Koreksi N-SPT terhadap *Overburden Pressure*

N-SPT lapangan kembali dikoreksi berdasarkan pengaruh tekanan vertikal efektif (*overburden pressure*). Perhitungan dilakukan berdasarkan formula Youd dan Idris (2001):

$$(N1)_{60} = N_m \times C_N \times C_E \times C_B \times C_R \times C_S \dots\dots\dots (2)$$

dimana: N_m = N-SPT lapangan, C_N = faktor normalisasi N_m dari tegangan *overburden*, C_E = koreksi rasio energi penumbuk, C_B = koreksi terhadap

diameter lubang, CR = faktor koreksi dari panjang batang, dan CS = koreksi untuk benda uji.

$$CN = \frac{2.2}{(1.2 + (\sigma'_{vo} / Pa))} \dots\dots\dots (3)$$

dinamika: σ'_{vo} = tekanan efektif tanah (Kpa), dan Pa = tekanan atmosfer (100 kpa = 1atm).

Harga (N1)60 harus $\leq 2N1$. Jika hasil koreksi didapat (N1)60 $> 2N1$ maka harga (N1)60 = 2N1.

Tabel 2. Nilai N-SPT Koreksi

Kedalaman	NSPT	NSPT' MAT	NSPT' Overburden
1	0	0	0
2	0	0	0
3	1	0	2
4	1.4	0	2
5	1.7	0	3
6	2	0	3
7	2	0	3
8	2	0	3
9	2	0	3
10	2	0	3
11	2	0	3
12	2	0	3
13	2	0	3
14	2	0	3
15	2	0	3
16	2	0	3
17	2	0	3
18	2	0	3
19	10	0	11
20	17	16	18
21	19	17	19
22	19	17	19
23	19	17	18
24	19	17	18
25	18	16.5	16
26	18	16.5	16
27	17	16	15
28	16	15.5	12
29	16	15.5	12
30	15	15	11
31	15	15	11
32	15	15	11

2.5 Perhitungan Daya Dukung Tiang Tunggal

2.5.1 Perhitungan Daya Dukung Metode Meyerhof

Mayerhof (1956) mengemukakan formula untuk menghitung daya dukung ultimate pondasi sebagai berikut:

$$Qu = Ap \times Np \times 40 + As \times \sum Cli.Asi \dots\dots\dots (4)$$

dimana: Cli = hambatan geser selimut tiang pancang, Cli = $N_{rerata}/2$ ton/m² (tanah lempung) atau $N_{rerata}/5$ ton/m² (tanah pasir), Asi = keliling selimut tiang pancang, Ap = luas alas tiang pancang, Np = nilai rerata N2 pada 8D di atas ujung sampai dengan 4D dibawah ujung tiang.

2.5.2 Perhitungan Daya Dukung Metode Luciano Decourt (1987)

Decourt (2013) membuat perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang tunggal berdasarkan data SPT dengan formula sebagai berikut:

$$Qu = [\alpha \times (\check{N}_p \times K) \times Ap] + [\beta \times (\frac{\check{N}_s}{3} + 1) \times As] \dots (5)$$

dimana: Np = nilai rata – rata SPT sekitar 4B dibawah hingga 4B diatas dasar tiang, As = panjang tiang dari dasar permukaan x keliling tiang pancang (m²), Ns = N-SPT rata-rata sepanjang tiang yang tertanam dengan batasan 3 < 50, α = koefisien tiang dasar, dan β = koefisien selimut tiang.

2.5.3 Perhitungan Daya Dukung Metode Reese O'neil

$$Qu = 9 \times cu \times Ap + \alpha \times cu \times Li \times p \dots\dots\dots (6)$$

dimana: α = koefisien adhesi antara tiang dan tanah, Cu = kohesi undrained, Li = kedalaman lapisan tanah, P = keliling tiang.

2.6 Perhitungan Daya Dukung Tiang kelompok

Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok hasil perhitungan tiang tunggal harus diakumulasikan dengan efisiensi tiang kelompok dan jumlah pondasi (Hardiyatmo, 2007).

2.7 Analisis Perhitungan Defleksi Akibat Gaya Lateral

Nilai besaran Hu atau daya dukung lateral ultimate diperoleh setelah mengetahui letak titik jepit (Zf) sehingga didapat besaran momen dan gaya geser yang terjadi (Aulia et al., 2020). Untuk mengetahui letak titik jepit dapat digunakan formula sebagai berikut:

$$Zf = \text{jarak jepit} + f \dots\dots\dots (7)$$

dimana: f = hasil bagi antara gaya geser horizontal dengan momen reaksi tanah.

Adapun perhitungan daya dukung lateral pada tanah kohesif dihitung dengan menggunakan Besar nilai defleksi tiang (Y0) yang terjadi menurut (Broms, 1964):

$$Y_0 = \frac{Hu \times \beta}{Kh \times D} \dots\dots\dots (8)$$

dimana: Hu = gaya geser horizontal, β = faktor tak berdimensi defleksi, kh = modulus reaksi tanah arah horizontal, D = diameter pondasi. Syarat nilai Y0 < 6 mm.

2.8 Perhitungan penurunan tiang kelompok

Untuk menganalisa penurunan tiang (Δs) perlu terlebih dahulu mengetahui konfigurasi tiang yang digunakan dalam titik pemancangan sehingga bisa digunakan formula perhitungan yang sesuai. Dalam penelitian ini penurunan dihitung berdasarkan tiang kelompok. Penurunan tiang kelompok terbagi menjadi dua yakni penurunan segera dan penurunan konsolidasi.

2.8.1 Penurunan Segera

Penurunan yang bersifat plastis yang dihasilkan oleh perubahan karakteristik (*distorsi*) tanah yang tertekan, dan terjadi pada volume konstan disebut penurunan segera (Hardiyatmo, 2007).

$$S_i = \frac{\mu_1 \times \mu_0 \times q_n \times B}{E_u} \dots\dots\dots (9)$$

dimana: S_i = penurunan segera (m), μ_1 = faktor koreksi untuk lapisan tanah dengan tebal H , μ_0 = faktor koreksi kedalaman pondasi, B = lebar fondasi (m), q = tekanan netto pondasi (pondasi dipermukaan $q = q_n$) (kN/m²), dan E = modulus elastis tanah (kN/m²).

2.8.2 Penurunan Konsolidasi

Penurunan yang terjadi mulai dari permukaan tanah pada arah vertikal saat aliran air mulai berhenti pada zona tertekan yang diikuti oleh pengurangan kelebihan tekanan air pori (*excess pore water pressure*) akibat pengurangan volume tanah disebut Penurunan Konsolidasi (Hardiyatmo, 2007).

$$\Delta p = \frac{q_p}{(B+z) \times (L+z)} \dots\dots\dots (23)$$

$$S_c = \Delta p \times m_v \times H \dots\dots\dots (24)$$

dimana: Δp = total tegangan yang terjadi pada tanah (kN/m²), q = tekanan neto pondasi (pondasi dipermukaan $q = q_n$) (kN/m²), B = lebar *pile cap* (m), L = panjang *pile cap* (m), Z = setengah Panjang tanah yang ditinjau (m), m_v = koefisien perubahan volume tanah lempung (m²/kN), H = kedalaman lapisan tanah yang ditinjau (m).

Selanjutnya untuk mengetahui nilai penurunan total pondasi tiang kelompok dilakukan akumulasi antara nilai penurunan segera dan penerunan konsolidasi.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

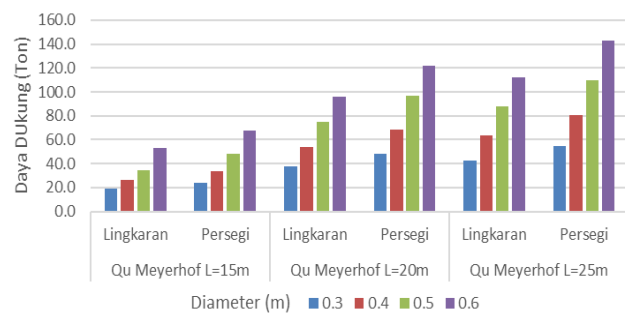
3.1 Perbandingan daya dukung pondasi tiang tunggal

Perhitungan nilai daya dukung pondasi dilakukan dengan metode konvensional yakni perhitungan daya dukung dengan acuan angka keamanan (SF) yang telah ditentukan. Berdasarkan Gambar 2, 3 dan 4 didapat nilai daya dukung pondasi dipengaruhi oleh faktor kedalaman pemancangan, variasi bentuk dan variasi dimensi. Semakin dalam dan lebar penampang pondasi yang dipancang maka semakin besar juga daya

dukungnya. Pondasi dengan penampang persegi juga memiliki nilai daya dukung yang lebih besar dari pondasi dengan penampang lingkaran. Hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang untuk tiap - tiap metode dapat dilihat pada Gambar 2, 3 dan 4.

3.1.1 Perbandingan daya dukung metode Meyerhof

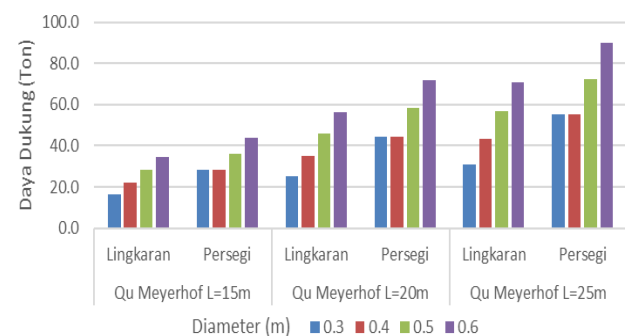
Gambar 2 menjelaskan tentang grafik dari perbandingan antara besar daya dukung tiang pancang pondasi yang dihitung dengan rumus Meyerhof ditunjukkan pada sumbu X dengan faktor dimensi penampang tiang yang ditunjukkan pada sumbu Y. Daya dukung terbesar pada pondasi dengan variasi bentuk persegi 600 x 600 mm pada kedalaman 25 m.



Gambar 2. Nilai Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Persegi dan Lingkaran Metode Meyerhof

3.1.2 Perbandingan daya dukung metode Luciano Decourt

Gambar 3 menjelaskan tentang grafik dari perbandingan antara besar daya dukung tiang pancang pondasi yang dihitung dengan rumus Luciano Decourt ditunjukkan pada sumbu X dengan faktor dimensi penampang tiang yang ditunjukkan pada sumbu Y. Daya dukung terbesar pada pondasi dengan variasi bentuk persegi 600 x 600 mm pada kedalaman 25 m.

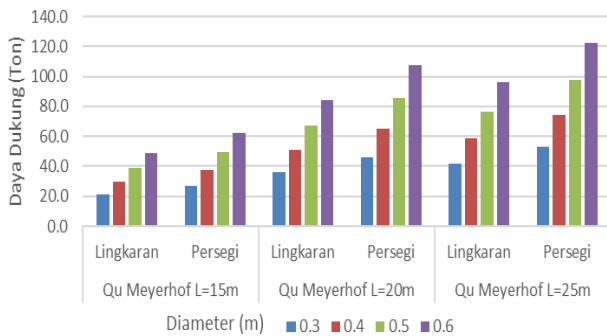


Gambar 3. Nilai Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Persegi dan Lingkaran Metode Luciano Decourt

3.1.3 Perbandingan daya dukung metode Reese O'neil

Gambar 4 menjelaskan tentang grafik dari perbandingan antara besar daya dukung tiang pancang pondasi yang dihitung dengan rumus Reese O'Neil

ditunjukkan pada sumbu X dengan faktor dimensi penampang tiang yang ditunjukkan pada sumbu Y. Daya dukung terbesar pada pondasi dengan variasi bentuk persegi 600 x 600 mm pada kedalaman 25 m.



Gambar 4. Nilai Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Persegi dan Lingkaran Metode Reese O’Neil

3.2 Perbandingan Daya Dukung Metode Konvensional

Hasil perhitungan nilai daya dukung dengan menggunakan metode konvensional dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Nilai Daya Dukung Metode Konvensional

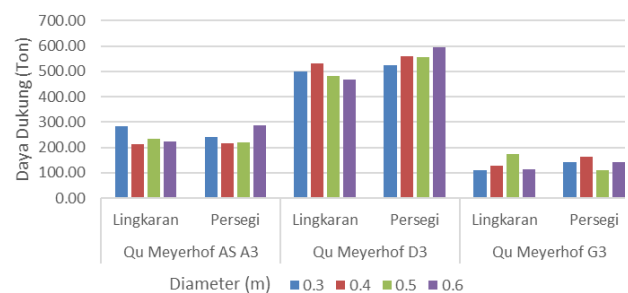
Metode	Bentuk	Dimensi (mm)	Daya Dukung (Ton)
Qu Meyerhof	Lingkaran	300	42.8
		400	63.3
		500	86.0
	Persegi	600	112.4
		300	54.5
		400	80.6
Qu L.Decourt	Lingkaran	500	109.5
		600	143.2
		300	30.9
	Persegi	400	43.2
		500	56.7
		600	70.8
Qu Reese O’Neil	Lingkaran	300	39.3
		400	41.8
		500	58.5
	Persegi	400	55.1
		500	72.2
		600	90.2
Qu Meyerhof AS A3	Lingkaran	300	41.8
		400	58.5
		500	76.7
	Persegi	600	96.3
		300	53.2
		400	74.6
Qu Meyerhof D3	Persegi	500	97.7
		600	122.7
		Qu Meyerhof G3	Persegi

Berdasarkan Tabel 3 nilai daya dukung berdasarkan data SPT didapat bahwa perhitungan dengan metode Meyerhof menghasilkan daya dukung terbesar dibanding dengan hasil perhitungan metode Luciano Decourt dan Reese O’neil. Hal ini dikarenakan dalam perhitungan Meyerhof nilai K yang terpakai adalah 40 t/m² (Meyerhof, 1956), nilai K untuk metode Luciano Decourt adalah 12 t/m² (Decourt, 2013) dan K untuk metode Reese O’neil adalah 9 (Wahyudi, 1999). Nilai N_p atau harga rerata N-SPT yang disyaratkan oleh metode Meyerhof adalah nilai yang berada di 4D bawah dan 8D atas tiang (Meyerhof,1956), pada metode Luciano Decourt N_p yang disyaratkan adalah 4D atas dan 4D bawah tiang (Decourt, 2013) sedangkan pada metode Reese O’neil menggunakan nilai C_u atau kohesi undrained tanah (Wahyudi, 1999). Selanjutnya berdasarkan variasi bentuk, pondasi tiang dengan penampang persegi memiliki nilai daya dukung yang lebih besar dari pondasi penampang lingkaran. Hal ini dipengaruhi oleh keliling penampang pada perhitungan daya dukung selimut tiang untuk penampang persegi friksi atau daya lekat yang terjadi lebih besar daripada penampang lingkaran.

3.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Kelompok

3.3.1 Perbandingan daya dukung tiang kelompok metode Meyerhof

Gambar 5 menjelaskan diagram batang yang menggambarkan perbandingan antara nilai daya dukung tiang kelompok ditunjukkan pada sumbu X yang dihitung berdasarkan rumus Meyerhof dengan variasi dimensi pada arah Y. dapat diketahui bahwa pondasi dengan penampang persegi dengan dimensi 600 x 600 pada AS D3 memiliki daya dukung terbesar.

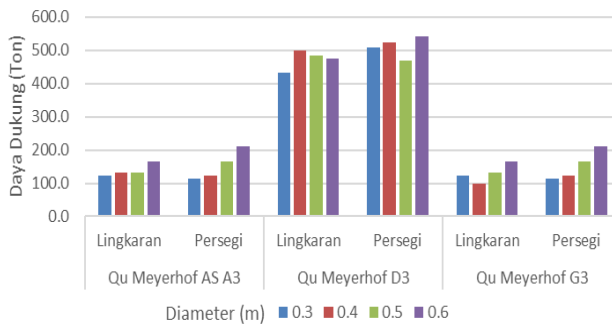


Gambar 5. Nilai Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok Persegi dan Lingkaran Metode Meyerhof

3.3.2 Perbandingan daya dukung tiang kelompok metode Luciano Decourt

Gambar 6 menjelaskan diagram batang yang menggambarkan perbandingan antara nilai daya dukung tiang kelompok ditunjukkan pada sumbu X yang dihitung berdasarkan rumus Luciano Decourt dengan variasi dimensi pada arah Y. dapat diketahui bahwa pondasi dengan penampang persegi dengan

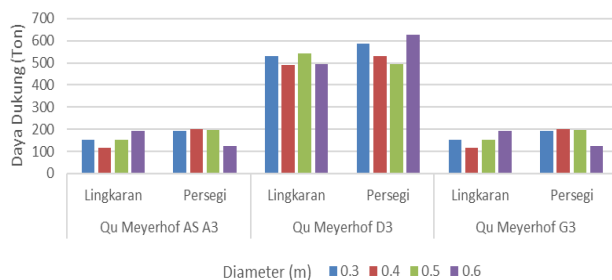
dimensi 600 x 600 pada AS D3 memiliki daya dukung terbesar.



Gambar 6. Nilai Daya Dukung Tiang Pancang kelompok Persegi dan Lingkaran Metode L. Decourt

3.3.3 Perbandingan daya dukung tiang kelompok metode Reese O’Neil

Gambar 7 menjelaskan diagram batang yang menggambarkan perbandingan antara nilai daya dukung tiang kelompok ditunjukkan pada sumbu X yang dihitung berdasarkan rumus Reese O’Neil dengan variasi dimensi pada arah Y. dapat diketahui bahwa pondasi dengan penampang persegi dengan dimensi 600 x 600 pada AS D3 memiliki daya dukung terbesar.



Gambar 7. Nilai Daya Dukung Tiang Pancang kelompok Persegi dan Lingkaran Metode R. O’Neil

Analisis dihitung berdasarkan daya dukung pada AS A3, D3 dan G3 dengan tujuan mengetahui perbandingan nilai daya dukung tiang kelompok pada tepi dan tengah Gedung. Dari hasil analisis yang tertera pada Gambar 5,6 dan 7 didapat nilai daya dukung pondasi kelompok dipengaruhi oleh besar efisiensi berdasarkan jumlah pondasi pada setiap titik atau As pondasi. Semakin banyak jumlah pondasi maka daya dukungnya semakin besar.

3.4 Perbandingan Besar Defleksi dan Letak Titik Jepit Pondasi

Letak titik jepit berada pada kedalaman tertentu dari dasar permukaan tanah, titik jepit pada pondasi yang terpendam keseluruhan dalam tanah tidak terlalu berpengaruh pada penulangan tiang pancang, hal ini dikarenakan momen yang terjadi relative kecil, hal ini juga mengakibatkan defleksi pada tiang searah

horizontal dinyatakan aman karena besarnya tidak melebihi besar defleksi ijin dari tiang pancang kepala terjepit yakni 6 mm, aturan yang digunakan dalam penentuan besar defleksi tiang tertera pada Peraturan Perkadis P2B No 50 Tahun 2007 (P2B Prov. DKI Jakarta, 2007). Berdasarkan Tabel 4 nilai titik jepit (Zf) dipengaruhi oleh variasi dimensi semakin besar penampang pondasi maka semakin dalam letak titik jepitnya. Sedangkan untuk besar defleksi dipengaruhi oleh variasi bentuk dan variasi dimensi. Semakin besar penampang pondasinya maka semakin kecil defleksi yang terjadi, pondasi dengan penampang persegi memiliki defleksi yang lebih kecil daripada pondasi dengan penampang lingkaran sehingga dapat disimpulkan pondasi dengan penampang persegi diameter 300x300 mm efisien digunakan karena nilai defleksi kecil dan letak titik jepit tidak terlalu dalam sehingga penulangan tiang pancangnya menggunakan diameter besi yang relative kecil.

Tabel 4. Nilai Defleksi dan Letak Titik Jepit Pondasi

Bentuk	Diameter (mm)	Zf (m)	Y ₀ (mm)
Lingkaran	300	1.793	3.598
	400	2.362	1.842
	500	2.850	1.569
	600	3.434	1.126
Persegi	300	1.793	1.085
	400	2.234	1.044
	500	2.839	0.569
	600	3.419	0.509

3.5 Perhitungan Penurunan Tiang

Hasil perhitungan penurunan tiang kelompok dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 6. Besar Penurunan Tiang Kelompok

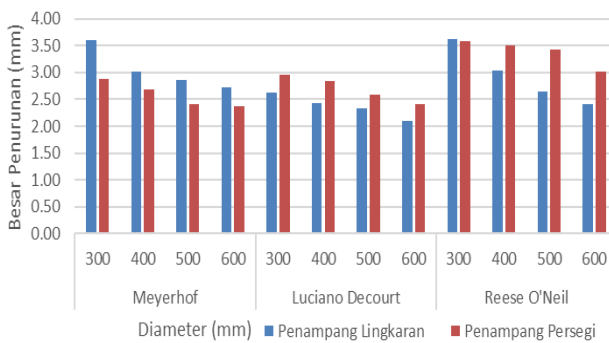
Bentuk	Diameter (mm)	si (mm)	sc (mm)	Δs (mm)	Standar izin (m)
Lingkaran	300	23.36	13.47	36.83	65
	400	18.72	12.12	30.84	65
	500	18.17	10.57	28.67	65
	600	17.16	10.06	27.22	65
Persegi	300	23.36	13.47	36.83	65
	400	18.72	12.12	30.84	65
	500	18.17	10.57	28.67	65
	600	17.16	10.06	27.22	65

Penurunan tiang yang terjadi pada penelitian ini adalah penurunan tiang kelompok, besar penurunan dipengaruhi oleh lapisan tanah disekitar pondasi dan dimensi penampang tiang. Semakin besar dimensi

penampang maka semakin besar juga penurunannya. Dalam penelitian ini perhitungan penurunan tiang menggunakan rumus berdasarkan buku (Wahyudi, 1999) tentang Daya Dukung Pondasi Dalam dimana variasi bentuk penampang tidak memiliki pengaruh kedalam perhitungan penurunan.

3.6 Perbandingan Penurunan Tiang Kelompok dan Penurunan Mohr Columb

Rasio Perbandingan antara penurunan hasil perhitungan manual didapat bahwa pondasi dengan penampang persegi memiliki penurunan yang lebih kecil dibanding pondasi dengan penampang lingkaran (Gambar 8). Faktor lain yang mempengaruhi penurunan adalah variasi dimensi, semakin besar dimensi penampang tiang maka semakin besar juga kemampuan pondasi dalam melawan friksi atau hambatan selimut yang terjadi pada tiang. Perencanaan pondasi yang dihitung menurut metode Luciano Decourt memiliki besar penurunan yang lebih kecil dibanding metode Meyerhof dan Reese O’Neil.



Gambar 8. Grafik Daya Dukung Tiang Pancang

3.7 Rasio Daya Dukung

Rasio Daya Dukung atau *Bearing capacity ratio* (BCR) adalah rasio antara daya dukung maksimum tanah pondasi metode konvensional berdasarkan data SPT dengan hasil penyelidikan daya dukung pondasi metode PDA (*pile driving analyzer*). Nilai BCR menjadi acuan untuk menentukan daya dukung dari metode yang dipakai dapat mendekati daya dukung pengujian lapangan dengan PDA test. Batas nilai BCR adalah 1 yang dianggap sesuai dengan daya dukung pengujian lapangan (Prama et al., 2015). Tabel nilai perbandingan daya dukung metode konvensional dengan daya dukung lapangan dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 didapat bahwa Berdasarkan nilai komparasi BCR antara daya dukung ultimate metode konvensional yakni metode Meyerhof, Luciano Decourt dan Reese O’neil dengan pengujian lapangan yakni PDA test dapat disimpulkan bahwa nilai BCR pada metode Luciono Decourt mendekati 1 artinya daya dukung yang dihasilkan mendekati daya dukung lapangan.

Tabel 6. Nilai BCR Daya Dukung Pondasi

Metode	Bentuk	Dimensi (mm)	BCR
Qu Meyerhof	Lingkaran	300	0.70
		400	1.03
		500	1.40
	Persegi	600	1.84
		300	0.89
		400	1.32
Qu L.Decourt	Lingkaran	500	1.79
		600	2.34
		300	0.50
	Persegi	400	0.71
		500	0.93
		600	1.16
Qu Reese O’Neil	Lingkaran	300	0.64
		400	0.90
		500	1.18
	Persegi	600	1.47
		300	0.68
		400	0.96
Persegi	500	1.25	
	600	1.57	
	300	0.87	
Persegi	400	1.22	
	500	1.60	
	600	2.00	

4 KESIMPULAN

Berdasarkan Analisis pengaruh daya dukung pondasi tiang pancang dengan variasi bentuk dan variasi dimensi berdasarkan data SPT, dapat disimpulkan bahwa:

1. Nilai daya dukung pondasi pada kedalaman 25 m dengan metode Meyerhof lebih besar dari metode Luciano Decourt dan metode Reese O’neil, nilai daya dukungnya berturut turut adalah 143.2 ton, 90.2 ton dan 127.2 ton untuk penampang persegi dan 112.4 ton, 70.8 ton dan 96.3 ton untuk penampang lingkaran.
2. Kapasitas pondasi tiang tunggal menahan beban maksimum dipengaruhi oleh variasi bentuk dan variasi dimensinya. Semakin besar penampang tiang maka semakin besar juga nilai daya dukung pondasinya, pondasi dengan penampang persegi memiliki nilai daya dukung selimut yang lebih besar dari pondasi dengan penampang lingkaran.
3. Berdasarkan nilai daya dukung pondasi, besar defleksi dan penurunan terkecil serta perbandingan nilai BCR mendekati 1, pondasi dengan variasi bentuk penampang persegi dengan dimensi 300 x 300 mm efisien dan aman digunakan.

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal maka penulis menyarankan untuk melakukan analisis daya dukung tiang pancang menggunakan data sondir dengan perbandingan beberapa metode perhitungan seperti metode Vesic, Poulos dan sebagainya, serta melakukan analisis rencana anggaran biaya untuk menentukan jenis pondasi dan variasi dimensi yang paling efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, R., Lukman, H., & Penta, T. (2020). *Analisis Gaya Lateral pada Pondasi Tiang Pancang Square*. Proram Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Pakuan.
- Anonim. (2008). *SNI 4153-2008 tentang Tata Cara uji penetrasi lapangan dengan SPT*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Decourt, L. (2013). Prediction of load-settlement relationships for foundations on the basis of the SPT. *Int. J. of Geomate*, 4(2), 560-564.
- Dirgananta, M. F. (2018). *Perencanaan Ulang Pondasi Tiang Pancang Dengan Variasi Diameter menggunakan Metode Meyerhoff, Aoki & De Alencar, dan Luciano Decourt*. Universitas Islam Indonesia
- Hardiyatmo, C. H. (2007). *Analisis dan Perancangan Fondasi II (keempat)*. Yogyakarta: Gajah Mada University Pers.
- Lailaningrum, S. R., Surjandari, N. S., & Purwana, Y. M. (2014). Perbandingan Kapasitas Dukung Pondasi Minipile Dengan Rumus Statis, Hasil Uji SPT, dan Hasil Uji PDA. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 369.
- Meyerhof, G. G. (1956). Penetration Test and Bearing Capacity of Cohesi on less Soil. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 82, 1- 19.
- Muthmainnah, M. (2021). *Bearing Capacity and Sattlement Analysis of Spun Pile Foundation with Various Dimention*. Universitas Islam Indonesia.
- P2B Prov. DKI Jakarta. *Perkadis P2B No. 50 Tahun 2007 (Pedoman Perencanaan Struktur dan Geoteknik Bangunan)*. DKI Jakarta.
- Prama, H., Muslih, Y., & Djarwanti, N. (2015). Perbandingan Analisis Kapasitas Dukung Tiang Tunggal Pondasi Minipile Menggunakan Rumus Dinamik, Hasil Uji SPT dengan Hasil Uji PDA. *E-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL*, 570.
- Priadi, E., & Bakar, A. (2021). *Kajian Efisiensi Grup Pada Kelompok Tiang Dengan Konfigurasi Empat-Empat*. Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
- Santoso, H. T., Hartono, J., Teknologi, P., Jalan, K., Jembatan, D., Umum, P., & Soedharto, J. (2020). Analisis Perbandingan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Berdasar Hasil Uji SPT dan Pengujian Dinamis. *Jurnal Riset Rekayasa Sipil*, 4(1).
- Sjachrul, B. H., & Sumampouw, J. E. R. (2018). Pengaruh Jenis Tanah Dan Bentuk Tiang Pancang Terhadap Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Grup Akibat Beban Vertikal. *Jurnal Sipil Statik*, 6(5), 339–352.
- Terzaghi, K., Peck, R., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechsoil Mechanics In Engineering Practiceanics In Engineering Practice (Third Edition)*. John Wiley & S.
- Wahyudi, H. (1999). *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: ITS.
- Youd, T. L., & Idriss, I. M. (2001). Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1.Geotechnical and Geoenvironmental Eng. *ASCE*, 127(10), 817-833.