

ANALYSIS PERBANDINGAN PONDASI TIANG BORE PILE DAN PONDASI TIANG PANCANG PADA GEDUNG 5 LANTAI MENGGUNAKAN DATA N-SPT

Margaretha Eltris Don¹, Geraldus Supryadi Carry Cempang², Zainul Faizien Haza³, Angga Darmawan⁴

^{1,2,3,4} Progam Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Jl. Miliran No 16, Yogyakarta 55165, Indonesia

[¹](mailto:eltrisdon20@gmail.com), [²](mailto:pryadiicempang@gmail.com), [³](mailto:zainul@ustjogja.ac.id), [⁴](mailto:anggadarmawan93@gmail.com)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pondasi tiang bore pile dan tiang pancang pada gedung lima lantai dengan menggunakan data N-SPT. Hasil analisis menunjukkan bahwa pondasi tiang bore pile memiliki kinerja yang lebih baik dalam hal stabilitas dan kapasitas dukung di tanah lempung. Di sisi lain, pondasi tiang pancang menawarkan keuntungan dari segi biaya pelaksanaan yang lebih rendah dan waktu pemasangan yang lebih singkat. Analisis beban vertikal dilakukan untuk menentukan beban maksimum yang harus ditahan oleh pondasi. Kapasitas daya dukung tiang bor dihitung dengan menggunakan metode Resse & Wright, O'Neil dan Reese untuk bore pile, serta metode Mayerhoff dan US Army Corps untuk tiang pancang. Analisis dengan menggunakan software Robot Structural Analysis Professional menunjukkan gaya vertikal maksimum sebesar 217,457 ton. Dari perhitungan daya dukung yang dilakukan berdasarkan data N-SPT pada titik BH-1 pada kedalaman 10 m dan 14 m, diperoleh nilai kapasitas dukung ultimit: untuk pondasi bore pile, kedalaman 10 m (diameter 0,5 m: 88,09 ton; 0,6 m: 109,95 ton; 0,8 m: 157,89 ton) dan kedalaman 14 m (0,5 m: 125,364 ton; 0,6 m: 154,69 ton; 0,8 m: 217,63 ton). Sementara itu, untuk pondasi tiang pancang, kapasitas dukung ultimit pada kedalaman 10 m (0,5 m: 190,671 ton; 0,6 m: 263,193 ton; 0,8 m: 442,625 ton) dan pada kedalaman 14 m (0,5 m: 293,476 ton; 0,6 m: 403,314 ton; 0,8 m: 662,134 ton), menunjukkan bahwa daya dukung ultimit tiang pancang lebih tinggi dibandingkan tiang bore pile.

Kata Kunci: Analisis, pembebanan, daya, dukung, pondasi, tiang, pancang, borepile

Abstract

This study aims to compare bore pile and pile foundations for a five-story building using N-SPT data. The analysis results show that bore pile foundations have better performance in terms of stability and bearing capacity in clay soil. On the other hand, pile foundations offer advantages in terms of lower implementation cost and shorter installation time. A vertical load analysis was performed to determine the maximum load that the foundation should withstand. The bearing capacity of bore piles was calculated using the Resse & Wright method for Bore piles, and the Mayerhoff and US Army Corps methods for piles. Analysis using Robot Structural Analysis Professional software showed a maximum vertical force of 217.457 ton. From the calculation of bearing capacity based on N-SPT data at point BH-1 at 10 m and 14 m depths, the ultimate bearing capacity values were obtained: for bore pile foundation, 10 m depth diameter 0,5 m: 88,09 ton; 0,6 m: 109,95 ton; 0,8 m: 157,89 ton) and 14 m depth (0,5 m: 125,364 ton; 0,6 m: 154,69 ton; 0,8 m: 217,63 ton). Meanwhile, for bore pile foundation, the ultimate bearing capacity at 10 m depth 0,5 m: 190,671 ton; 0,6 m: 263,193 ton; 0,8 m: 442,625 ton) and at 14 m depth (0,5 m: 293,476 ton; 0,6 m: 403,314 ton; 0,8 m: 662,134 ton) shows that the ultimate bearing capacity of bore pile is higher than bore pile.

Keywords: Analysis, loading, capacity, bearing, foundation, pile, pile, borepile

1. PENDAHULUAN

Pondasi merupakan elemen struktural yang sangat penting dalam suatu bangunan, karena berfungsi untuk mendistribusikan beban dari struktur atas ke tanah dengan aman dan efisien. Pemilihan pondasi sangat penting dalam struktur bangunan yaitu untuk dapat menahan beban dari bangunan itu sendiri dan beban hidup yang ada didalam gedung itu serta beban gempa yang direncanakan agar tak mengalami keruntuhan struktur [1]. Pemilihan jenis pondasi yang tepat sangat

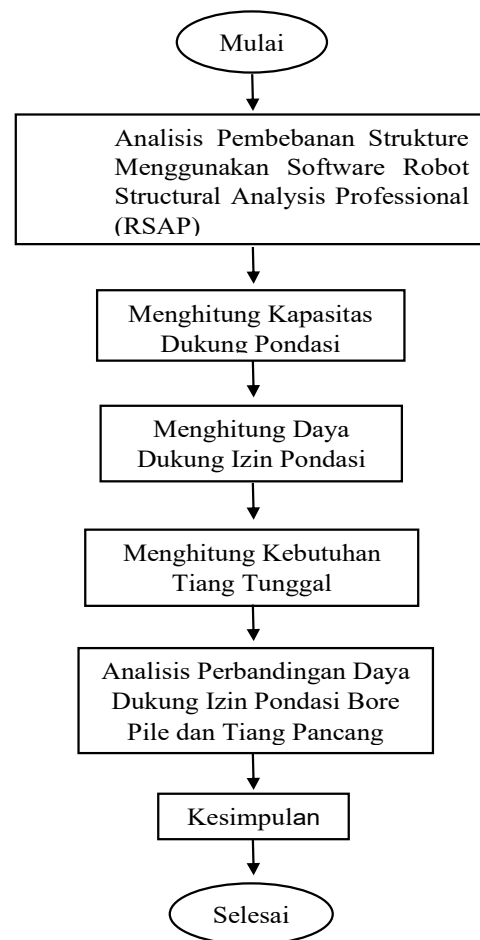
bergantung pada karakteristik tanah dan beban yang akan ditanggung, pada proyek pembangunan gedung 5 lantai ini ada dua jenis pondasi yang umum digunakan yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile. Pondasi tiang/dalam merupakan salah satu jenis pondasi yang sering digunakan dalam konstruksi bangunan, terutama pada tanah dengan daya dukung yang rendah atau pada struktur yang memerlukan stabilitas tinggi. Dalam analisis ini, akan membahas perbandingan pondasi dalam yaitu, pondasi bore pile dan pondasi tiang pancang.

Analysis ini bertujuan untuk melakukan perbandingan antara pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile menggunakan data N-SPT pada Gedung 5 lantai, untuk mengetahui daya dukung pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile, mengetahui daya dukung izin pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile, menganalisis pembebanan struktur atas pada pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile, serta mengetahui factor keamanan pada pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile.

2. METODE

Metode yang digunakan dalam analisis ini yaitu seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 1 :

1. Analisis pembebanan structure atas bangunan menggunakan software Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2024 dengan memodelkan bentuk 3 dimensi berdasarkan shop drawing untuk mengetahui beban yang akan diterima pada pondasi, dalam penelitian ini gaya yang digunakan dalam analisis pembebanan adalah gaya vertical berdasarkan SNI 1726-2019
2. Menghitung kapasitas dukung pondasi bore pile dan tiang pancang menggunakan data N-SPT dengan diameter 0,5 m, diameter 0,6 m, diameter 0,8 m
3. Menghitung daya dukung izin pondasi tiang pancang dan pondasi bore pile dengan factor keamanan menggunakan beban beban SLS/service 1,0D + 1,0LL [2]
4. Menghitung kebutuhan tiang tunggal yang diperlukan untuk mendukung beban
5. Analisis perbandingan daya dukung izin pondasi bore pile dan tiang pancang dengan diameter 0,5 m, diameter 0,6 m, diameter 0,8 m untuk memilih pondasi yang lebih efisien



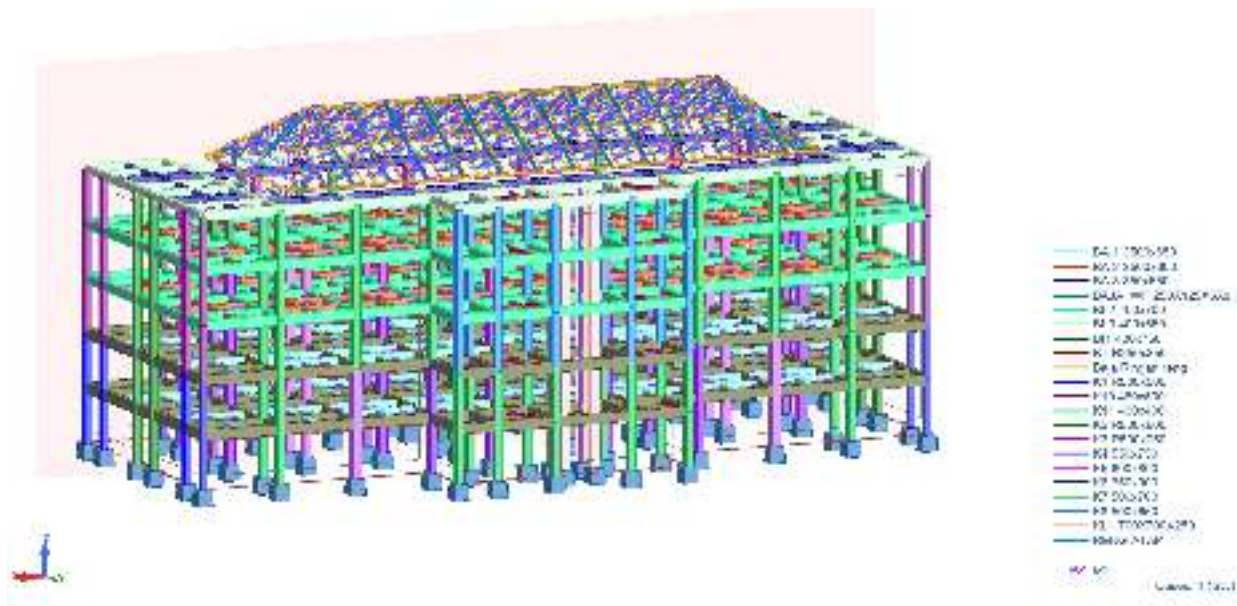
Gambar 1 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

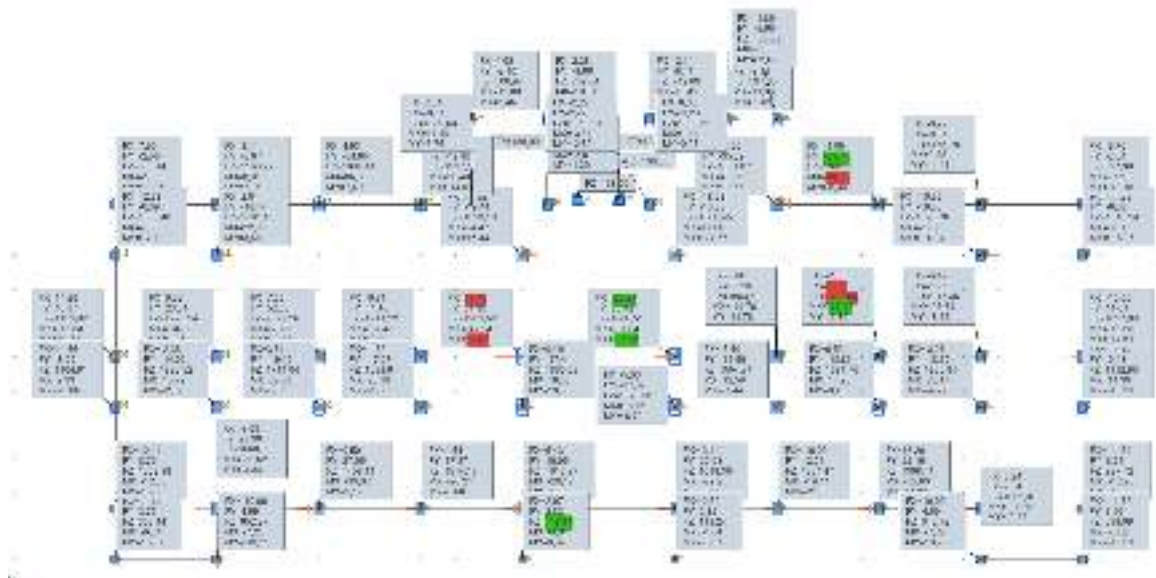
A. Pembebanan

Hasil analisis pembebanan struktur atas bangunan menggunakan software Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2024 dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3 dan Gambar 4.

Dari Gambar 4 diketahui FZ gaya vetikal maksimum untuk beban SLS sebesar 2132,56 kN = 217,457 ton.



Gambar 2 Model 3D menggunakan software Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2024



Gambar 3 beban SLS/service 1,0D +1,0LL

B. Menghitung kapasitas dukung bore pile dari data SPT

SPT, sejenis percobaan dinamis, melibatkan penerapan Standar Penetration Test (SPT), di mana suatu alat yang disebut spoon split dimasukkan ke dalam tanah. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk menghitung kepadatan relatif (relative

density), sudut geser tanah (Φ), dan nilai jumlah pukulan (N).

Perhitungan daya dukung bore pile dari data SPT pada tanah pasir menggunakan metode Reese & Wright dan metode O'Neil dan Reese (1989) dan data diambil pada titik (BH-1), perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Kapasitas daya dukung tiang :

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p \quad (1)$$

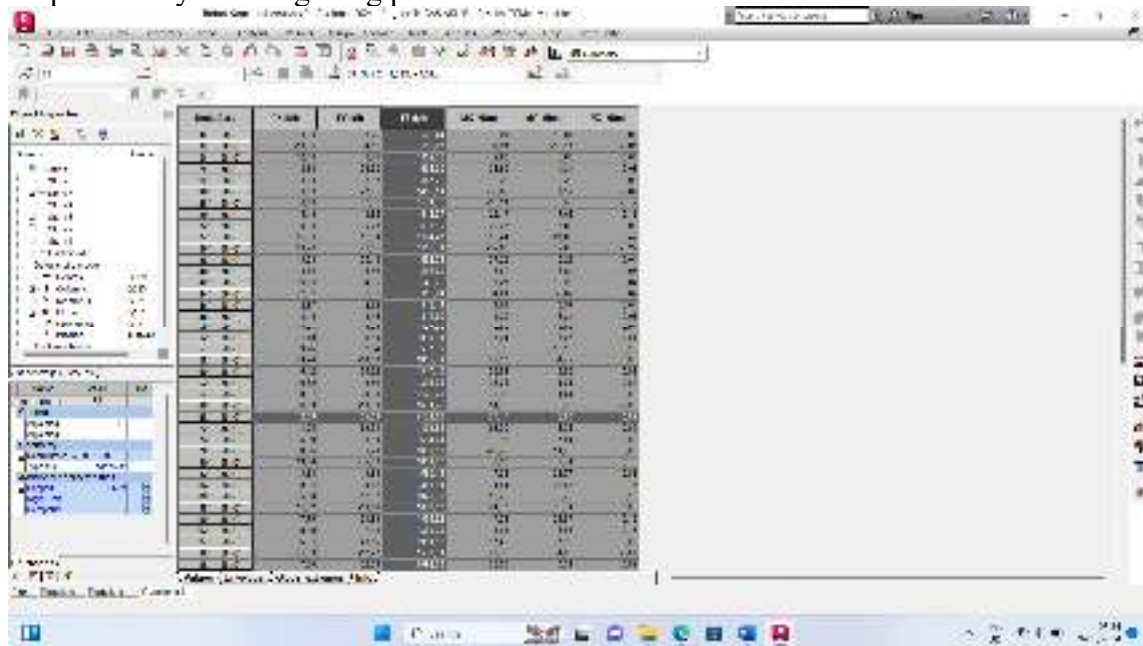
Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang pondasi

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut tiang (ton)

Q_b = Kapasitas daya dukung ujung (ton)

W_p = Berat sendiri dari tiang (ton)



Gambar 4 FZ gaya vertical maksimum

Kapasitas daya dukung ujung pondasi bore pile (end bearing) Metode O'Neil dan Reese (1989).

$$Q_b = A_b \times f_b \quad (2)$$

Dimana :

A_b = Luas dasar tiang bore

f_b = Tahanan ujung neto per satuan luas (kPa)

$$f_b = 0,60 \sigma_r N_{60} = 60 N_{60} \leq 4500 \text{ kPa}$$

dengan:

N_{60} = Nilai N-SPT rata-rata antara ujung bawa tiang bor sampai 2 db dibawahnya. Tidak perlu koreksi terhadap Overburden

d_b = diameter ujung bawa tiang bor (m)

σ_r = tegangan referensi = 100 kPa

Daya dukung selimut bore pile (Reese & Wright, 1977).

$$Q_s = 2 \times N_{SPT} \times P \times L_i \quad (3)$$

Dimana :

L_i = Panjang lapisan tanah

P = Keliling tiang, m.

N_{SPT} = Nilai N-SPT ujung tiang

Kapasitas dukung ijin tiang dapat dihitung dengan rumus berikut;

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \quad (4)$$

Keterangan:

Q_{all} = Kapasitas dukung ijin tiang

Q_u = Kapasitas dukung ultimit tiang

SF = Nilai Safety Factor ($SF = 3$)

Kontrol kapasitas dukung pondasi tiang beban SLS = $1,1D + 1,0L$ ($SF = 3$) (5)

Perhitungan daya dukung pondasi pada kedalaman 10 m, dan 14 m pada titik BH-1. Data Bore Pile:

Diameter Tiang bore:

$$D1 = 0,5 \text{ m}$$

$$D2 = 0,6 \text{ m}$$

$$D3 = 0,8 \text{ m}$$

Pada kedalaman 10 m

Tabel 1 Nilai pukulan N-SPT	
Kedalaman (m)	Nilai N (kN)
2,00 - 2,45	8
4,00 - 4,45	12
6,00 - 6,45	22
8,00 - 8,45	18
10,00 - 10,45	22
12,00 - 14,45	25
14,00 - 14,45	24

$$N-SPT = 22 \text{ kN}$$

$$Li = 10 \text{ m}$$

Luas dasar tiang bore (Ab)

$$Ab = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$D1 = 0,19625 \text{ m}^2$$

$$D2 = 0,2826 \text{ m}^2$$

$$D3 = 0,5024 \text{ m}^2$$

$$fb = 0,60 \sigma_r N_{60} = 60 N_{60} \leq 4500 \text{ kPa}$$

$$\sigma_r = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{60} = N-SPT_{\text{terkoreksi}} = 0,85 \times 22 = 18,7$$

$$fb = 0,60 \sigma_r N_{60}$$

$$= 0,6 \times 100 \times 18,7$$

$$= 1122 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas daya dukung ujung (Qb)

$$Qb = Ab \times fb$$

$$D1 = 0,19625 \text{ m}^2 \times 1122 \text{ kN/m}^2$$

$$= 220,19 \text{ kN} = 22,45 \text{ ton}$$

$$D2 = 0,2826 \text{ m}^2 \times 1122 \text{ kN/m}^2$$

$$= 317,08 \text{ kN} = 32,33 \text{ ton}$$

$$D3 = 0,5024 \text{ m}^2 \times 1122 \text{ kN/m}^2$$

$$= 563,69 \text{ kN} = 57,48 \text{ ton}$$

Keliling bore pile (P) = $\pi \times D$

$$D1 = \pi \times 0,5 \text{ m} = 1,57 \text{ m}$$

$$D2 = \pi \times 0,6 \text{ m} = 1,884 \text{ m}$$

$$D3 = \pi \times 0,6 \text{ m} = 2,512 \text{ m}$$

Daya dukung selimut tiang (Qs)

$$Qs = 2 \times NSPT \times P \times Li$$

$$D1 = 2 \times 22 \times 1,57 \times 10$$

$$= 690,80 \text{ kN} = 70,44 \text{ ton}$$

$$D2 = 2 \times 22 \times 1,884 \times 10$$

$$= 828,96 \text{ kN} = 84,53 \text{ ton}$$

$$D3 = 2 \times 22 \times 2,512 \times 10$$

$$= 1105,28 \text{ kN} = 112,71 \text{ ton}$$

Berat sendiri dari tiang (Wp)

$$Wp = Ab \times L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$D1 = 47,100 \text{ kN} = 4,80 \text{ ton}$$

$$D2 = 67,824 \text{ kN} = 6,92 \text{ ton}$$

$$D3 = 120,576 \text{ kN} = 12,30 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung tiang pondasi (Qult)

$$Qult = Qb + Qs - Wp$$

$$D1 = 22,45 + 70,44 - 4,80 = 88,09 \text{ ton}$$

$$D2 = 32,33 + 84,53 - 6,92 = 109,95 \text{ ton}$$

$$D3 = 57,48 + 112,71 - 12,30 = 157,89 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ijin tiang (Qall)

$$Qall = \frac{Qu}{SF} =$$

$$D1 = \frac{88,09}{3} = 29,364 \text{ ton}$$

$$D2 = \frac{109,95}{3} = 36,649 \text{ ton}$$

$$D3 = \frac{157,89}{3} = 52,631 \text{ ton}$$

Panjang Tiang = 14 m

Tabel 2 Nilai pukulan N-SPT	
Kedalaman (m)	Nilai N
2,00 - 2,45	8
4,00 - 4,45	12
6,00 - 6,45	22
8,00 - 8,45	18
10,00 - 10,45	22
12,00 - 14,45	25
14,00 - 14,45	24

$$N-SPT = 24 \text{ kN}$$

$$Li = 14$$

Luas dasar tiang bore (Ab)

$$Ab = \frac{1}{4} \pi \times D^2$$

$$D1 = 0,19625 \text{ m}^2$$

$$D2 = 0,2826 \text{ m}^2$$

$$D3 = 0,5024\text{m}^2$$

$$f_b = 0,60 \sigma_r N_{60} = 60 N_{60} \leq 4500 \text{ kPa}$$

$$\sigma_r = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$N_{60} = N\text{-SPTterkoreksi} = 0,85 \times 24 = 20,4$$

$$f_b = 0,60 \sigma_r N_{60}$$

$$= 0,6 \times 100 \times 20,4$$

$$= 1224 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas daya dukung ujung (Q_b)

$$Q_b = A_b \times f_b$$

$$D1 = 0,19625 \text{ m}^2 \times 1224 \text{ kN/m}^2$$

$$= 240,21 \text{ kN} = 24,49 \text{ ton}$$

$$D2 = 0,2826 \text{ m}^2 \times 1224 \text{ kN/m}^2$$

$$= 345,90 \text{ kN} = 35,27 \text{ ton}$$

$$D3 = 0,5024 \text{ m}^2 \times 1224 \text{ kN/m}^2$$

$$= 614,94 \text{ kN} = 62,71 \text{ ton}$$

Daya dukung selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = 2 \times N\text{SPT} \times P \times L_i$$

$$D1 = 2 \times 24 \times 1,57 \times 14$$

$$= 1055,04 \text{ kN} = 107,58 \text{ ton}$$

$$D2 = 2 \times 24 \times 1,884 \times 14$$

$$= 1266,05 \text{ kN} = 129,10 \text{ ton}$$

$$D3 = 2 \times 24 \times 2,512 \times 14$$

$$= 1688,06 \text{ kN} = 172,14 \text{ ton}$$

Berat sendiri dari tiang (W_p)

$$W_p = A_b \times L \times \gamma_{\text{beton}}$$

$$= 65,940 \text{ kN} = 6,72 \text{ ton}$$

$$= 94,954 \text{ kN} = 9,68 \text{ ton}$$

$$= 168,806 \text{ kN} = 17,21 \text{ ton}$$

Kapasitas daya dukung tiang pondasi (Q_{ult})

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p$$

$$D1 = 24,49 + 107,58 - 6,72 = 125,36 \text{ ton}$$

$$D2 = 35,27 + 129,10 - 9,68 = 154,69 \text{ ton}$$

$$D3 = 62,71 + 172,14 - 17,21 = 217,63 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ijin tiang (Q_{all})

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF}$$

$$D1 = \frac{125,36}{3} = 41,785 \text{ ton}$$

$$D2 = \frac{154,69}{3} = 51,564 \text{ ton}$$

$$D3 = \frac{217,63}{3} = 72,543 \text{ ton}$$

Tabel 3 Hasil perhitungan daya dukung ujung dan selimut tiang pondasi bore pile

Kedalaman (m)	Diameter (m)	N-SPT	Pasir		Lempung	
			Qb (ton)	Qs (ton)	Qp (ton)	Qs (ton)
10	0,5	22	22,453	70,442	-	-
	0,6		32,333	84,531	-	-
	0,8		57,481	112,708	-	-
14	0,5	24,0	24,495	107,58	-	-
	0,6		35,272	129,10	-	-
	0,8		62,706	172,14	-	-

$$Q_{ult} = Q_b + Q_s - W_p \quad (6)$$

C. Menghitung Kapasitas Dukung Tiang Pancang Dari Data SPT

Perhitungan daya dukung tiang pancang dari data SPT pada tanah pasir menggunakan korelasi metode Mayerhoff untuk menghitung tahanan ujung tiang, dan metode Us Army Corps untuk menghitung tahanan gesek tiang, data diambil pada titik (BH-1), perumusan yang digunakan adalah sebagai berikut:

Kapasitas daya dukung tiang :

Dimana :

Q_{ult} = Kapasitas daya dukung tiang pondasi

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut tiang (ton)

Q_b = Kapasitas daya dukung ujung (ton)

W_p = Berat sendiri dari tiang (ton)

Metode Meyerhof (1956), korelasi daya dukung tiang dengan hasil uji SPT yang diusulkan oleh Meyerhof berdasarkan penyelidikan yang dilakukan pada pondasi tiang pancang yang tertanam pada tanah berpasir.

Tahanan Ujung Tiang (Q_b) (Menurut Meyerhof) (Tanah Pasir).

$$Q_b = A_b \times f_b \quad (7)$$

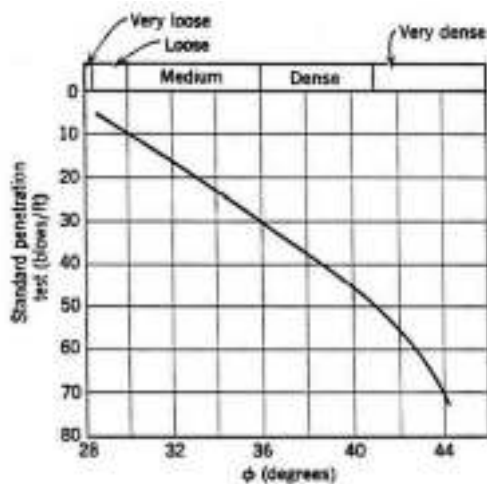
Dimana:

A_b = Luas Penampang Ujung Tiang Bor (cm^2)

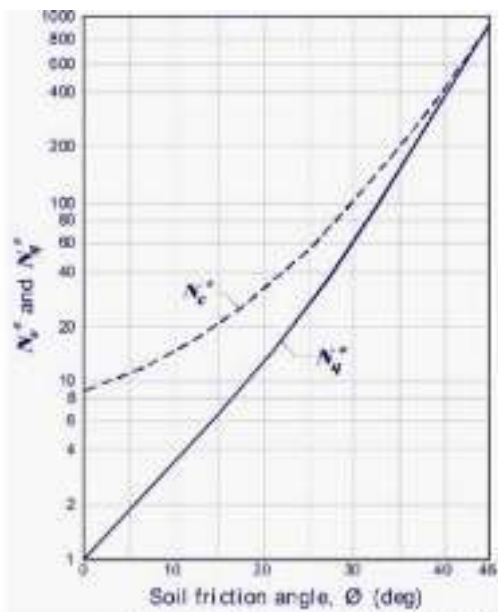
f_b = Tahanan Ujung Satuan (kg/cm^2)

$f_b = P_b \times N_q$

$P_b = \gamma_{\text{tanah}} \times D_f$



Grafik 5 Korelasi N-SPT terhadap nilai ϕ



Grafik 6 Hubungan antara sudut gesek dengan N_c^* , N_q^* (Meyerhof, 1976)

Tahanan Gesek Tiang (Q_s) (Menurut US Army Corps)

$$Q_s = A_s \times f_s \quad (8)$$

Dimana :

A_s = Luas selimut tiang

f_s = Tahanan gesek

Kapasitas Dukung Ijin Tiang (Q_{all}) dapat dihitung dengan rumus berikut;

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} \quad (9)$$

Keterangan:

Q_{all} = Kapasitas dukung ijin tiang

Q_u = Kapasitas dukung ultimit tiang

SF = Nilai Safety Factor ($SF = 3$)

Kontrol kapasitas dukung pondasi tiang beban SLS = 1,1D + 1,0L ($SF = 3$)

DataTiang Pancang

Panjang Tiang = 10 m

Diameter Tiang:

D1 = 0,5 m

D2 = 0,6 m

D3 = 0,8 m

N-SPT = 22 (Pasir Sedang)

Luas Penampang Ujung Tiang pancang

$$A_b = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$D1 = 0,196 \text{ m}^2$$

$$D2 = 0,283 \text{ m}^2$$

$$D3 = 0,502 \text{ m}^2$$

$$f_b = P_b \times N_q$$

$$= \frac{P_b \times \gamma_{\text{tanah}} \times D_f}{1000} \\ = (17,4 - 10) \times 10 \\ = 74 \text{ kN/m}^2$$

$\phi = 33^\circ, \beta = 0,4$ (berdasarkan grafik 1 dan 2)

$$N_q = 100$$

$$f_b = P_b \times N_q$$

$$= 74 \text{ kN/m}^2 \times 100$$

$$= 7400,000 \text{ kN/m}^2 = 754,578 \text{ ton}$$

Tahanan Ujung Tiang (Qb) (Menurut Meyerhof) (Tanah Pasir)

$$Qb = Ab \times fb$$

$$= 0,196 \times 754,578 = 148,086 \text{ ton}$$

$$= 0,283 \times 754,578 = 213,244 \text{ ton}$$

$$= 0,502 \times 754,578 = 379,100 \text{ ton}$$

$$As = 2\pi rh$$

$$= 15,700 \text{ m}^2 \text{ D1}$$

$$= 18,840 \text{ m}^2 \text{ D2}$$

$$= 25,120 \text{ m}^2 \text{ D3}$$

$$fs = (kd \times tg \times \delta) pb$$

$$= 0,4 \times 74$$

$$= 29,600 \text{ kN/m}^2 = 3,018 \text{ ton}$$

Tahanan Gesek Tiang (Qs) (Menurut US Army Corps)

$$QS = As \times fs$$

$$D1 = 15,700 \text{ m}^2 \times 3,018 \text{ ton}$$

$$= 47,39 \text{ ton}$$

$$D2 = 18,840 \text{ m}^2 \times 3,018 \text{ ton}$$

$$= 56,86 \text{ ton}$$

$$D3 = 25,120 \text{ m}^2 \times 3,018 \text{ ton}$$

$$= 75,82 \text{ ton}$$

Berat sendiri dari tiang (Wp)

$$Wp = Ab \times L \times \gamma_{beton}$$

$$D1 = 47,100 \text{ kN} = 4,80 \text{ ton}$$

$$D2 = 67,824 \text{ kN} = 6,92 \text{ ton}$$

$$D3 = 120,576 \text{ kN} = 12,30 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ultimit tiang (Qu)

$$Qu = Qb + Qs - Wp$$

$$D1 = 148,086 + 47,39 - 4,80$$

$$= 190,671 \text{ ton}$$

$$D2 = 213,244 + 56,86 - 6,92$$

$$= 263,193 \text{ ton}$$

$$D3 = 379,100 + 75,82 - 12,30$$

$$= 442,625 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ijin tiang (Qall)

$$Qall = \frac{Qu}{SF}$$

$$D1 = \frac{190,671}{3} = 63,557 \text{ ton}$$

$$D2 = \frac{263,193}{3} = 87,731 \text{ ton}$$

$$D3 = \frac{442,625}{3} = 147,542 \text{ ton}$$

Data Tiang Pancang

Panjang Tiang = 14 m

Diameter Tiang:

D1 = 0,5 m

D2 = 0,6 m

D3 = 0,8 m

N-SPT = 24 (Pasir Sedang)

Luas Penampang Ujung Tiang Bor

$$Ab = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= 0,196 \text{ m}^2 \text{ D1}$$

$$= 0,283 \text{ m}^2 \text{ D2}$$

$$= 0,502 \text{ m}^2 \text{ D3}$$

fb = Pb x Nq

$$Pb = \gamma_{tanah} \times Df$$

$$= (17,4 - 10) \times 14$$

$$= 103,5 \text{ kN/m}^2$$

$\phi = 33^\circ$, $\beta = 0,4$ (berdasarkan grafik 1 dan 2)

Nq = 100

$$fb = Pb \times Nq$$

$$= 243,6 \text{ kN/m}^2 \times 100$$

$$= 10360 \text{ kN/m}^2 = 1056,409 \text{ ton}$$

Tahanan Ujung Tiang (Qb) (Menurut Meyerhof) (Tanah Pasir)

$$Qb = Ab \times fb$$

$$= 0,196 \times 1056,409 = 207,320 \text{ ton}$$

$$= 0,283 \times 1056,409 = 298,541 \text{ ton}$$

$$= 0,502 \times 1056,409 = 530,740 \text{ ton}$$

QS = As x fs

$$As = 2\pi rh$$

$$= 21,980 \text{ m}^2 \text{ D1}$$

$$= 26,376 \text{ m}^2 \text{ D2}$$

$$= 35,168 \text{ m}^2 \text{ D3}$$

$$fs = (kd \times tg \times \delta) pb$$

$$= 0,4 \times 103,6$$

$$= 41,440 \text{ kN/m}^2 = 4,226 \text{ ton}$$

Tahanan Gesek Tiang (Qs) (Menurut US Army Corps)

$$QS = As \times fs$$

$$D1 = 21,980 \text{ m}^2 \times 4,226 \text{ ton}$$

$$= 92,88 \text{ ton}$$

$$D2 = 26,376 \text{ m}^2 \times 4,226 \text{ ton}$$

$$= 111,46 \text{ ton}$$

$$D3 = 35,168 \text{ m}^2 \times 4,226 \text{ ton}$$

$$= 148,61 \text{ ton}$$

Berat sendiri dari tiang (Wp)

$$Wp = Ab \times L \times \gamma_{beton}$$

$$= 65,940 \text{ kN} = 6,72 \text{ ton}$$

$$= 94,954 \text{ kN} = 9,68 \text{ ton}$$

$$= 168,806 \text{ kN} = 17,21 \text{ ton}$$

Kapasitas dukung ultimit tiang (Q_u)

$$\begin{aligned} Q_u &= Q_b + Q_s - W_p \\ D1 &= 207,320 + 92,88 - 6,72 \\ &= 293,476 \text{ ton} \\ D2 &= 298,541 + 111,46 - 9,68 \\ &= 400,314 \text{ ton} \\ D3 &= 530,740 + 148,61 - 17,21 \\ &= 662,134 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kapasitas dukung ijin tiang (Q_{all})

$$\begin{aligned} Q_{all} &= \frac{Q_u}{SF} \\ D1 &= \frac{293,476}{3} = 97,825 \text{ ton} \\ D2 &= \frac{400,314}{3} = 133,438 \text{ ton} \\ D3 &= \frac{662,134}{3} = 220,711 \text{ ton} \end{aligned}$$

Tabel 4 Hasil perhitungan daya dukung ujung dan selimut tiang pondasi tiang pancang

Kedalaman (m)	Diameter (m)	N-SPT	Pasir		Lempung	
			Qb (ton)	Qs (ton)	Qp (ton)	Qs (ton)
10	0,5	22	148,086	47,387	-	-
	0,6		213,244	56,865	-	-
	0,8		379,100	75,820	-	-
14	0,5	24,0	207,320	92,88	-	-
	0,6		298,541	111,46	-	-
	0,8		530,740	148,61	-	-

D. Menghitung kebutuhan jumlah Tiang (n)

Untuk menentukan jumlah tiang yang akan dipasang didasarkan beban yang bekerja pada pondasi dan kapasitas dukung ijin tiang, maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$n = \frac{P}{Q_{all}} \quad (10)$$

Dimana :

N = Jumlah tiang

P = Gaya yang bekerja

Q_{all} = Kapasitas dukung ijin tiang tunggal

Tabel 6 Jumlah Tiang Tunggal kedalaman 10 m

No kolom/ Node (Case)	Fz (ton)	Qalt Single Pile				npile (Fz/Qalt)	
		Bor Pile	D	Tiang Pancang	D	Bore Pile	Tiang Pancang
62/ 58 (C)	193,415	29,36	0,5	63,56	0,5	6,59	3,04
		36,65	0,6	87,73	0,6	5,28	2,20
		52,63	0,8	147,54	0,8	3,67	1,31
68/ 58 (C)	217,457	29,36	0,5	63,56	0,5	7,41	3,42
		36,65	0,6	87,73	0,6	5,93	2,48
		52,63	0,8	147,54	0,8	4,13	1,47
90/ 58 (C)	200,016	29,36	0,5	63,56	0,5	6,81	3,15
		36,65	0,6	87,73	0,6	5,46	2,28
		52,63	0,8	147,54	0,8	3,80	1,36
98/ 58 (C)	213,348	29,36	0,5	63,56	0,5	7,27	3,36
		36,65	0,6	87,73	0,6	5,82	2,43
		52,63	0,8	147,54	0,8	4,05	1,45
102/ 58 (C)	196,113	29,36	0,5	63,56	0,5	6,68	3,09
		36,65	0,6	87,73	0,6	5,35	2,24
		52,63	0,8	147,54	0,8	3,73	1,33

Tabel 5 Beban gaya vertical pada RSAP untuk beban SLS 1,0 D + 1,0 LL

Node/Case	FX (kN)	FY (kN)	FZ (kN)	MX (kNm)	MY (kNm)	MZ (kNm)
1/ 58 (C)	11,61	3,76	606,44	-6,01	15,87	-0,02
3/ 58 (C)	-10,06	4,59	652,27	-7,24	-13,11	-0,01
5/ 58 (C)	12,11	8,79	1002,38	-12,68	16,66	-0,04
7/ 58 (C)	-3,69	23,9	1668	-35,52	-4,34	-0,05
9/ 58 (C)	-11,81	8,57	987,72	-12,26	-16,22	0,03
26/ 58 (C)	0,5	27,05	1458,11	-39,02	1,17	-0,02
28/ 58 (C)	4,54	17,37	1514,13	-26,21	6,5	-0,12
30/ 58 (C)	5,43	19,95	1613,37	-29,17	7,68	0,16
32/ 58 (C)	-3,14	20,03	1618,3	-29,25	-3,92	-0,09
34/ 58 (C)	-16,03	12,01	1364,47	-19,44	-21,08	0,47
36/ 58 (C)	13,2	22,16	1308,41	-32,63	17,08	-0,27
38/ 58 (C)	0,24	25,45	1652,31	-37,23	-0,22	0,04
40/ 58 (C)	-11,52	3,56	598,09	-5,62	-15,61	0,05
42/ 58 (C)	10,09	4,69	642,72	-7,27	13,29	0,04
44/ 58 (C)	-2,82	2,82	118,24	-4,04	-3,67	0,02
46/ 58 (C)	2,97	2,82	118,11	-4,04	3,97	-0,04
48/ 58 (C)	-11,19	-9,43	1112,9	11,39	-15,31	0,06
50/ 58 (C)	-10,65	11,61	1097,08	-16,6	-14,61	-0,07
52/ 58 (C)	-11,79	-6,38	1010,24	8,01	-16,05	0,01
54/ 58 (C)	-9,76	-2,54	597,39	2,92	-13,18	-0,1
58/ 58 (C)	-3,26	-18,6	1865,81	22,17	-4,72	0,03
60/ 58 (C)	-6,12	25,62	1917,45	-36,61	-8,56	-0,02
62/ 58 (C)	-10,32	-19,53	1896,78	25,08	-14,04	0,02
64/ 58 (C)	-0,97	-8,01	1175,78	9,88	-1,41	-0,05
66/ 58 (C)	6,53	-13,83	1681,76	14,95	8,4	0
68/ 58 (C)	-2,63	55,53	2132,56	-77,47	-3,8	-0,02
72/ 58 (C)	-4,05	-69,74	1894,58	93,3	-5,38	-0,09
74/ 58 (C)	-5,5	-11,59	1554,71	12,58	-7,44	0,03
76/ 58 (C)	8,86	35,23	1863,5	-49,76	11,78	0,06
80/ 58 (C)	13,06	-35,09	1601,07	46,53	17,71	0,15
82/ 58 (C)	-18,68	-13,83	1560,45	17,05	-24,77	-0,08
84/ 58 (C)	-20,21	20,42	1886,51	-31,84	-26,86	-0,17
86/ 58 (C)	-5	-17,37	1878,38	18,76	-6,72	-0,18
88/ 58 (C)	11,92	-19,44	1693,13	24,47	16,44	0,06
90/ 58 (C)	17,75	31,9	1961,52	-47,24	24,57	0,13
92/ 58 (C)	9,49	-17,41	1860,09	18,68	13,55	0,13
94/ 58 (C)	-6,31	41,16	1911,12	-57,45	-7,9	-0,09
96/ 58 (C)	-1,63	-17,27	1598,91	20,38	-1,66	-0,07
98/ 58 (C)	7,05	52,58	2092,26	-73,53	10,34	-0,02
100/ 58 (C)	3,51	-19,15	1714,04	22,08	5,53	-0,02
102/ 58 (C)	0,29	23,61	1923,24	-34,3	1,25	-0,02
104/ 58 (C)	-2,38	-14,02	1890,52	15,72	-2,39	-0,06
106/ 58 (C)	14,29	10,87	1151,92	-15,84	19,73	0,05
108/ 58 (C)	14,56	-8,05	1164,61	9,33	20,06	-0,07
110/ 58 (C)	7,9	-2,56	585,14	2,8	11,06	0,1
112/ 58 (C)	12,78	-6,39	1006,48	7,88	17,72	-0,02
114/ 58 (C)	3,11	-6,87	1160,92	8,01	4,74	0,050
116/ 58 (C)	2,01	-18,14	1781,13	22,9	3,46	-0,060
118/ 58 (C)	4,93	-64,85	1904,44	86,8	7,49	0,060
120/ 58 (C)	-11,26	-49,86	1517,16	66,43	-14,61	-0,17
122/ 58 (C)	2,61	-8,51	1080,63	11,19	3,76	0,15
124/ 58 (C)	4,68	-9,1	506,97	12	6,45	0,13
126/ 58 (C)	0,77	2,25	1097,38	-3,81	1,29	-0,01
128/ 58 (C)	2,28	-8,66	739,84	10,81	3,21	-0,06
130/ 58 (C)	-2,27	2,27	1050,210	-3,81	-2,8	0,020
132/ 58 (C)	-2,14	-8,41	742,890	10,49	-2,77	0,080
134/ 58 (C)	0,05	-1,23	1003,320	1,44	0,28	-0,110
136/ 58 (C)	-2,05	-9,11	597,05	11,96	-2,69	-0,07
138/ 58 (C)	-1,86	-5,6	430,68	7,36	-2,45	0,01
160/ 58 (C)	0	0	138	0	0	0
162/ 58 (C)	0	0	138	0	0	0
164/ 58 (C)	0	0	138	0	0	0
356/ 58 (C)	0	0	138	0	0	0
Case 58 (C)	SLS 2 = 1,0 DL + 1,0 LL					
Sum of val.	0	0	78367,64	-102,56	12,75	-0,13
Sum of reac.	0	0	78367,64	964542,5	-2231412	0,02
Sum of forc.	0	0	-78367,64	-964543	2231412	0
Check val.	0	0	0	0	0	0,02
Precision	2E-06	1E-16				

Tabel 7 Jumlah Tiang Tunggal kedalam 14 m

No kolom/ Node (Case)	Fz (ton)	Qalt Single Pile				N pile (Fz/Qalt)	
		Bor Pile	D	Tiang Pancang	D	Bore Pile	Tiang Pancang
62/ 58 (C)	193,415	41,79	0,5	97,83	0,5	4,63	1,98
		51,56	0,6	133,44	0,6	3,75	1,45
		72,54	0,8	220,71	0,8	2,67	0,88
68/ 58 (C)	217,457	41,79	0,5	97,83	0,5	5,20	2,22
		51,56	0,6	133,44	0,6	4,22	1,63
		72,54	0,8	220,71	0,8	3,00	0,99
90/ 58 (C)	200,016	41,79	0,5	97,83	0,5	4,79	2,04
		51,56	0,6	133,44	0,6	3,88	1,50
		72,54	0,8	220,71	0,8	2,76	0,91
98/ 58 (C)	213,348	41,79	0,5	97,83	0,5	5,11	2,18
		51,56	0,6	133,44	0,6	4,14	1,60
		72,54	0,8	220,71	0,8	2,94	0,97
102/ 58 (C)	196,113	41,79	0,5	97,83	0,5	4,69	2,00
		51,56	0,6	133,44	0,6	3,80	1,47
		72,54	0,8	220,71	0,8	2,70	0,89



Gambar 7 Letak case kolom pada pondasi software Autodesk Robot Structural Analysis Professional (RSAP) 2024

E. *Analysis perbandingan daya dukung izin pondasi bore pile dan tiang pancang pada kedalaman 10 m dan 14 pada tabel berikut:*

Jadi daya dukung izin pondasi tiang pancang lebih besar dari daya dukung izin pondasi bore pile.

Tabel 8 Analisis perbandingan daya dukung izin

Kedalaman (m)	Diameter (m)	Bor Pile Qall	Tiang Pancang Qall
10	0,5	29,36	63,56
	0,6	36,65	87,73
	0,8	52,63	147,54
14	0,5	41,79	97,83
	0,6	51,56	133,44
	0,8	72,54	220,71

4. KESIMPULAN

Dari perhitungan dan pembahasan sebelumnya dapat disimpulkan sebagai berikut: Analisis pembebanan menggunakan software Robot Structure Analysis Profesional diketahui diketahui gaya vertikal maksimum untuk beban SLS sebesar $2132,56 \text{ kN} = 217,457 \text{ ton}$

Mengetahui kapasitas dukung pondasi borepile menggunakan metode Reese & Wright dan O'Neil dan Reese pada kedalaman 10 m dan 14 m diperoleh nilai kapasitas dukung ultimit: untuk pondasi bore pile, kedalaman 10 m (diameter 0,5 m: 88,09 ton; 0,6 m: 109,95 ton; 0,8 m: 157,89 ton) dan kedalaman 14 m diameter (0,5 m: 125,364 ton; 0,6 m: 154,69 ton; 0,8 m: 217,63 ton). Sementara itu, untuk pondasi tiang pancang, kapasitas dukung ultimit pada kedalaman 10 m diameter (0,5 m: 190,671 ton; 0,6 m: 263,193 ton; 0,8 m: 442,625 ton) dan pada kedalaman 14 m diameter (0,5 m: 293,476 ton; 0,6 m: 403,314 ton; 0,8 m: 662,134 ton).

Mengetahui kapasitas dukung izin pondasi bore pile dan tiang pancang pada kedalaman 10 m dan 14 m, daya dukung izin untuk pondasi bore pile kedalaman 10 m diameter (0,5 m; 29,364 ton, 0,6 m; 36,649 ton, 0,8 m; 52,631 ton), 14 m diameter (0,5 m; 41,785 ton, 0,6 m; 51,564 ton, 0,8 m; 72,543 ton), daya dukung izin untuk pondasi tiang pancang kedalaman 10 m diameter (0,5 m; 63,557 ton, 0,6 m; 87,731 ton, 0,8 m; 147,542 ton), 14 m diameter (0,5 m; 97,825 ton, 0,6 m; 133,438 ton, 0,8 m; 220,711 ton).

Dari hasil dan pembahasan perhitungan daya dukung pondasi bore pile dan tiang pancang diketahui bahwa daya dukung tiang pancang lebih besar dari daya dukung tiang bore pile. Tiang pancang memiliki daya dukung lebih besar dibandingkan dengan bore pile sejalan dengan penelitian sebelumnya. Tiang pancang lebih efektif pada tanah keras atau kedalaman lebih besar, sementara bore pile cenderung memiliki kapasitas dukung lebih rendah, yang juga dibuktikan oleh penelitian oleh Anggraini et al. (2024) yang membandingkan kedua jenis pondasi tersebut dan menemukan bahwa tiang pancang menunjukkan kapasitas dukung yang lebih tinggi pada

kedalaman lebih dalam. Peningkatan diameter pada tiang pancang juga meningkatkan kapasitas dukungnya, hal ini didukung oleh studi oleh Yelvi et al. (2023) yang menunjukkan bahwa diameter yang lebih besar berpengaruh signifikan terhadap kapasitas dukung pondasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini, seperti Reese & Wright dan O'Neil & Reese, terbukti memberikan hasil yang konsisten dan dapat diandalkan, sejalan dengan temuan Warman (2019) dalam penelitiannya yang juga menggunakan pendekatan serupa. Secara keseluruhan, penelitian ini menguatkan bahwa tiang pancang lebih unggul dalam hal kapasitas dukung dan efisiensi pada kondisi tertentu, sebagaimana ditemukan dalam penelitian oleh Sudarma et al. (2016), yang juga menunjukkan bahwa tiang pancang lebih efektif pada kedalaman yang lebih besar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam proses penulisan jurnal ini terlebih khusus untuk bapak Zainul Faizien Haza, dan bapak Angga Darmawan. yang selalu membimbing dan membantu proses pengerjaan jurnal ini sehingga jurnal ini dapat diselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ir. I. M. Sudarma., I. B. Indramanik., A. A. P. A. Putra. (2016). Analisa Perbandingan Perencanaan Struktur Antara Pondasi Bore Pile Dengan Pondasi Tiang Pancang (Studi Kasus Pada Proyek Gedung Dprd Bali)
- [2] SNI 8460:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik
- [3] R. S. Warman. (2019) Kumpulan Korelasi Parameter Geoteknik Dan Pondasi
- [4] Hardiyatmo C. Hary, 2015, Analisis dan Perancangan Fondasi, . Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- [5] Yelvi., T. S. Gerraldo., D. A. Hakim. (2023). Analysis of Foundation Bearing Capacity Using Reese & Wright (1977) and Skempton (1966) Methods

- [6] E. S. Ranyanto., J. E. R. Sumampouw., S. Balamba. (2015). Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Dengan Menggunakan Metode Statik Dan Calendring Studi Kasus : Proyek Pembangunan Manado Town Square 3.
- [7] SNI 1726-2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan nongedung
- [8] SNI 2847:2019, Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan
- [9] F. Ananto (2023), Analisis Kapasitas Dukung Pondasi Tiang Pancang Pada Gedung Bertingkat
- [10] Y. S. Anggraini, M. Sholeh, D. Novianto (2024). Analisis Perbandingan Fondasi Tiang Pancang Dan Tiang Bor Pada Gedung Kantor Pt. Ubs Surabaya