

ANALISIS FONDASI *BORED PILE* PADA TOWER A PROYEK RUSUN RAWA BUNTU SERPONG TANGERANG SELATAN

Zitha Hertina Saraswati¹, Moch. Sholeh², Novita Anggraini³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

zithasaraswati@gmail.com¹, moch.sholeh@polinema.ac.id², novita.anggraini@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Proyek Pembangunan Tower A Rusun Rawa Buntu merupakan proyek gedung bertingkat 32 lantai dengan luas bangunan 1.549 m² dan ketinggian 99 m. Fondasi pada bangunan tersebut menggunakan *bored pile raft foundation* dengan diameter 1 m pada kedalaman 25 m yang sudah sesuai. Perbandingan dimensi *bored pile* lain untuk mengetahui daya dukung terbesar, penurunan terkecil, serta ekonomis dari segi volume dan biaya perlu dianalisis. Pada penelitian ini, analisis daya dukung dan penurunan dilakukan secara manual dan numerik (*Plaxis 2D*) pada eksisting (diameter 1 m kedalaman 25 m) dan perencanaan baru (diameter 0,6 m kedalaman 15, 25, 30 m; diameter 0,8 m kedalaman 15, 25, 30 m; diameter 1 m kedalaman 15, 30 m; dan diameter 1,2 m kedalaman 15, 25, 30 m) berdasarkan data SPT BH-1. Analisis menggunakan metode Meyerhof dan Reese & Wright untuk daya dukung tiang tunggal serta Vesic dan Meyerhof untuk penurunan tiang tunggal dan kelompok. Dari perhitungan program RSAP 2024, didapatkan beban aksial terbesar yaitu $Q_v = 215431,42$ kN (ASD) dan $Q_v = 292147,99$ kN (LRFD). Berdasarkan SNI 8460-2017, daya dukung dan penurunan memenuhi syarat apabila $Q_{all(g)} > Q_v$ dan $S_{g(e)} < S_{g(izin)}$. Kondisi tersebut terjadi pada kedalaman 25 m (diameter 0,8; 1; 1,2 m) dan kedalaman 30 m (diameter 0,6; 0,8; 1; 1,2 m). *Bored pile* yang lebih memenuhi syarat dari segi daya dukung dan penurunan serta ekonomis dari segi volume dan biaya, yaitu *bored pile* diameter 0,60 m pada kedalaman 30 m serta dimensi *raft foundation* 31 m × 11 m × 1 m. Dengan daya dukung $Q_{all(g)}$ manual = 217151,23 kN serta penurunan $S_{g(e)}$ manual = 0,0210 m dan $S_{g(e)}$ *Plaxis 2D* = 0,0381 m. Total Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan senilai Rp 5.960.952.085,44 dengan metode pelaksanaan menggunakan *Bored Pile Mini Crane* mulai dari pekerjaan pembersihan lahan hingga pengecoran *raft foundation*.

Kata kunci : *Bored Pile*; Daya Dukung; Penurunan; *Raft Foundation*; RAB

ABSTRACT

The Construction Project of Rawa Buntu Flats Tower A is a 32-storey building project using *bored pile raft foundation* with 99 m of height and 1.549 m² of total building area. The foundation for the building uses *bored pile raft foundation* with a diameter of 1 m at a depth of 25 m which is already suitable. Comparison of the dimensions of other *bored piles* to find out *bored piles* with largest bearing capacity, smallest settlement, also economical in terms of volume and cost needs to be analyzed. In this study, analysis of the bearing capacity and settlement is carried out manually and numerically (*Plaxis 2D*) on existing (diameter of 1 m depth of 25 m) and new planning (diameter of 0,6 m depth of 15, 25, 30 m; diameter of 0,8 m depth of 15, 25, 30 m; diameter 1 m depth of 15, 30 m; and diameter of 1,2 m depth of 15, 25, 30 m) based on SPT data BH-1. The analysis using the Meyerhof and Reese & Wright method for the bearing capacity of a single pile, also Vesic and Meyerhof for single pile and pile group settlement. From the calculations of the 2024 RSAP program, the largest axial load was obtained, those are $Q_v = 215431,42$ kN (ASD) and $Q_v = 292147,99$ kN (LRFD). Based on SNI 8460-2017, the bearing capacity and settlement met the requirements if $Q_{all(g)} > Q_v$ and $S_{g(e)} < S_{g(izin)}$. This condition occurs at depth of 25 m (diameter of 0,8; 1; 1,2 m) and depth of 30 m (diameter of 0,6; 0,8; 1; 1,2 m). The *bored pile* that the most meets the requirements in terms of bearing capacity and settlement as well as economical in terms of volume and cost is *bored pile* with diameter of 0,6 m at depth of 30 m as well as dimension of *raft foundation* 31 × 11 × 1 m. With the bearing capacity $Q_{all(g)}$ manually = 217151,23 kN as well as penurunan $S_{g(e)}$ manually = 0,0210 m and $S_{g(e)}$ *Plaxis 2D* = 0,0381 m. The total Budget Estimate Plan (BEP) needed worth of Rp 5.960.952.085,44 with the implementation method using *Bored Pile Mini Crane* ranging from land clearing to *raft foundation* casting.

Keywords : *Bored Pile*; Bearing Capacity; Settlement; *Raft Foundation*; BEP

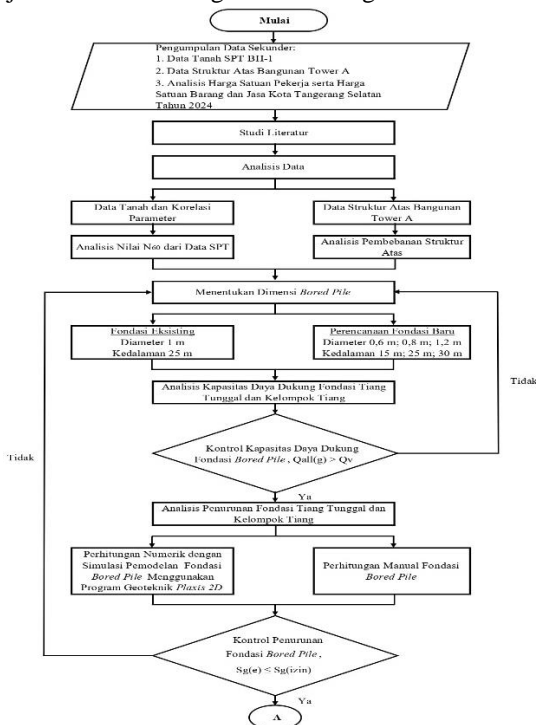
1. PENDAHULUAN

Proyek Pembangunan Rumah Susun (Rusun) Rawa Buntu Samesta Mahata merupakan salah satu proyek kerja sama antara 3 perusahaan BUMN, yaitu PT KAI (Persero), Perum Perumnas, dan PT Adhi Karya (Persero) Tbk. yang terletak di Jalan Stasiun Rawa Buntu, Serpong, Tangerang Selatan. Proyek Pembangunan Rusun Rawa Buntu tergolong proyek bangunan gedung bertingkat yang terdiri dari 3 tower yaitu Tower A, Tower B1, dan Tower B2. Tower A yang memiliki luas 1.549 m² dan tinggi 99 m berjumlah 32 lantai merupakan satu-satunya tower yang diperuntukkan untuk 3 fungsi yaitu gedung parkir (lantai 1 s.d. lantai 8), fasilitas sosial – umum (lantai 9), dan hunian subsidi (lantai 10 s.d. lantai 32).

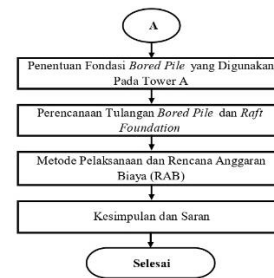
Konstruksi pertama yang dilaksanakan dan dikerjakan di lapangan adalah pekerjaan fondasi (struktur bawah). Fondasi eksisting yang digunakan di Tower A berjenis Fondasi Tiang Bor (*Bored Pile*) berdiameter 1 meter pada kedalaman 25 meter. Dalam penelitian ini, penulis ingin menganalisis perhitungan kapasitas daya dukung (*bearing capacity*) dan penurunan (*settlement*) fondasi *bored pile* serta perbandingan antara hasil analisis *bored pile* eksisting dan perencanaan baru dengan beberapa metode berdasarkan hasil data SPT (*Standart Penetration Test*) BH-1 di lapangan sehingga didapatkan fondasi yang efisien dan ekonomis.

2. METODE

Adapun rencana yang digunakan pada tahapan penelitian ini dijabarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian (Lanjutan)

Pembebanan

Menurut SNI 1727-2020, beban adalah gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan, serta efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi.

Analisis Struktur

Metode perhitungan struktur atas dilakukan menggunakan program *Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2024 (RSAP 2024)*. Dalam program tersebut, dilakukan pemodelan 3D kemudian memasukkan beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban air hujan berdasarkan SNI 1727-2020 tentang desain beban minimum dan kriteria terkait untuk bangunan gedung. Serta memasukkan beban gempa berdasarkan SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan gedung.

Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal

Menurut Braja M. Das (2017), kapasitas daya dukung merupakan potensi tanah untuk memberikan dukungan berupa beban terbesar dari bangunan di atasnya. Kapasitas daya dukung tiang tunggal dapat dihitung dengan dua metode berikut.

a. Metode Meyerhof (1976)

1) Tanah Kohesif (*Clay*)

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \quad (1)$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times \Delta L \quad (2)$$

2) Tanah Non Kohesif (*Sand*)

$$Q_p = \frac{2 \times N_{60} \times D}{15 \times D} \quad (3)$$

$$Q_s = 0,01 \times p_a \times N_{60} \times p \times \Delta L \quad (4)$$

dengan:

Q_p = Kapasitas daya dukung ujung tiang (kN)

Q_s = Kapasitas daya dukung selimut tiang (kN)

A_p = Luas penampang *bored pile* (m²)

p = Keliling tiang (m)

ΔL = Selisih kedalaman (m)

D = Diameter tiang (m)

C_u = Kohesi *undrained* (kN/m³)

- α = Faktor adhesi
 p_a = Tekanan atmosfer (100 kN/m²)
- b. Metode Reese & Wright (1997)
- 1) Tanah Kohesif (*Clay*)

$$Q_p = 9 \times C_u \times A_p \quad (5)$$

$$Q_s = \alpha \times C_u \times p \times \Delta L \quad (6)$$
 - 2) Tanah Non Kohesif (*Sand*)

$$Q_p = 40 \text{ tsf} \quad (7)$$

$$Q_s = \frac{N_{60}}{34} \quad (8)$$

dengan:

$N_{60} = N_{SPT}$ yang telah dikoreksi

1 tsf = 105,60 kN/m²

Efisiensi Kelompok Tiang

Menurut Braja M. Das (2017), perhitungan efisiensi kelompok tiang yang disarankan oleh *Converse-Labarre Formula* dihitung dengan persamaan berikut ini.

$$E_g = 1 - \left[\frac{((n_1 - 1) \times n_2) + ((n_2 - 1) \times n_1)}{90 \times n_1 \times n_2} \right] \times \theta \quad (9)$$

dengan:

E_g = Efisiensi kelompok tiang (%)

n = Jumlah tiang (tiang)

n_1 = Jumlah tiang dalam satu baris (tiang)

n_2 = Jumlah tiang dalam satu baris (tiang)

θ = Besaran sudut (°)

d = Jarak antar tiang (m)

Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Kapasitas daya dukung kelompok tiang pada jenis tanah berpasir dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini.

$$Q_{u(g)} = E_g \times n \times Q_u \quad (10)$$

$$Q_{all(g)} = \frac{Q_{u(g)}}{SF} \quad (11)$$

dengan:

$Q_{u(g)}$ = Kapasitas daya dukung kelompok tiang (kN)

$Q_{all(g)}$ = Kapasitas daya dukung izin kelompok tiang (kN)

SF = Faktor keamanan (*Safety Factor*)

Penurunan Tiang Tunggal

Menurut Braja M. Das (2017), perhitungan penurunan tiang tunggal yang disarankan oleh Vesic (1977) dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)} \quad (12)$$

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p} \quad (13)$$

$$S_{e(2)} = \left(\frac{q_{wp} \times D}{E_s} \right) \times (1 - \mu^2) \times I_{wp} \quad (14)$$

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{p \times L} \right) \times \left(\frac{D}{E_s} \right) \times (1 - \mu^2) \times I_{ws} \quad (15)$$

dengan:

S_e = Penurunan total elastis pondasi tiang tunggal (m)

- $S_{e(1)}$ = Penurunan elastis *bored pile* (m)
 $S_{e(2)}$ = Penurunan elastis akibat beban ujung tiang (m)
 $S_{e(3)}$ = Penurunan elastis akibat beban selimut (m)
 Q_{wp} = Kapasitas daya dukung ujung tiang (kN)
 Q_{ws} = Kapasitas daya dukung selimut tiang (kN)
 q_{wp} = Kapasitas daya dukung ujung tiap luasan (kN/m²)
 E_s = Modulus elastisitas tanah
 μ = *Poisson ratio* tanah
 I_{wp} = Faktor konstanta = 0,85

Penurunan Kelompok Tiang

Penurunan kelompok tiang tanah berpasir hanya menggunakan formula metode Meyerhof (1976) berikut ini.

$$S_{g(e)} = \frac{0,96 \times q \times \sqrt{B_g} \times I}{N_{60}} \quad (16)$$

$$S_{g(izin)} = 15 + \frac{B}{600} \quad (17)$$

dengan:

$S_{g(e)}$ = Penurunan elastis kelompok tiang (m)

$S_{g(izin)}$ = Penurunan izin kelompok tiang (m)

q = Beban aksial merata (kN/m²)

B_g = Lebar *pile cap* (m)

N_{60} = N_{SPT} terkoreksi (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis perhitungan beban struktur atas dengan dua kombinasi yaitu, kombinasi ASD dan LRFD menggunakan program RSAP 2024 adalah sebagai berikut.

Tabel 1 Hasil Pembebanan ASD dan LRFD

Indikator	ASD	LRFD
Fx (kN)	568,00	1020,55
Fy (kN)	435,00	2467,19
Fz (kN)	215431,42	292147,99
Mx (kNm)	2481415,52	3370135,19
My (kNm)	7431666,86	10077547,06
Mz (kNm)	9188,60	123,45

Sumber: Hasil Perhitungan

A. Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Metode Meyerhof (1976)

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal metode Meyerhof (1976) pada *bored pile* \varnothing 0,60 m kedalaman 30 m adalah sebagai berikut.

1) Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Ujung tiang berada pada tanah berjenis tanah pasir (tanah non kohesif).

$$Q_p = \frac{2 \times N_{60} \times D}{15 \times D} = \frac{2 \times 61,00 \times 0,60}{15 \times 0,60} = 858,88 \text{ kN}$$

2) Kapasitas Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

a) Lapisan Tanah 1 (Tanah Kohesif)

$$Q_{s-1} = p \times \Delta L \times \alpha \times C_u$$

$$= 1,88 \times 4,00 \times 0,83 \times 42,00$$

$$= 262,40 \text{ kN}$$

b) Lapisan Tanah 2 (Tanah Kohesif)

$$Q_{s-2} = p \times \Delta L \times \alpha \times C_u$$

$$= 1,88 \times 4,00 \times 0,57 \times 72,00$$

$$= 309,88 \text{ kN}$$

c) Lapisan Tanah 3 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-3} = p \times \Delta L \times 0,01 \times p_a \times N_{60}$$

$$= 1,88 \times 8,00 \times 0,01 \times 100,00 \times 53,00$$

$$= 798,82 \text{ kN}$$

d) Lapisan Tanah 4 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-4} = p \times \Delta L \times 0,01 \times p_a \times N_{60}$$

$$= 1,88 \times 4,00 \times 0,01 \times 100,00 \times 48,00$$

$$= 361,73 \text{ kN}$$

e) Lapisan Tanah 5 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-5} = p \times \Delta L \times 0,01 \times p_a \times N_{60}$$

$$= 1,88 \times 8,00 \times 0,01 \times 100,00 \times 55,00$$

$$= 828,96 \text{ kN}$$

f) Lapisan Tanah 6 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-6} = p \times \Delta L \times 0,01 \times p_a \times N_{60}$$

$$= 1,88 \times 2,00 \times 0,01 \times 100,00 \times 58,00$$

$$= 218,54 \text{ kN}$$

$$Q_{s \text{ total}} = 2780,33 \text{ kN}$$

3) Kapasitas Daya Dukung Ultimit Tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_{p \text{ total}} + Q_{s \text{ total}}$$

$$= 858,88 \text{ kN} + 2780,33 \text{ kN}$$

$$= 3639,21 \text{ kN}$$

4) Kapasitas Daya Dukung Izin Tiang (Q_{all})

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{3639,21 \text{ kN}}{2,00} = 1819,61 \text{ kN}$$

B. Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Metode Reese & Wright (1997)

Perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal metode Reese & Wright (1997) pada *bored pile* Ø 0,60 m kedalaman 30 m adalah sebagai berikut.

1) Kapasitas Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p)

Ujung tiang berada pada tanah berjenis tanah pasir (tanah non kohesif).

$$Q_p = 40,00 \text{ tsf} = 4224,00 \text{ kN}$$

2) Kapasitas Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

a) Lapisan Tanah 1 (Tanah Kohesif)

$$Q_{s-1} = \alpha \times C_u \times p \times \Delta L$$

$$= 0,83 \times 42,00 \times 1,88 \times 4,00$$

$$= 262,40 \text{ kN}$$

b) Lapisan Tanah 2 (Tanah Kohesif)

$$Q_{s-2} = \alpha \times C_u \times p \times \Delta L$$

$$= 0,57 \times 72,00 \times 1,88 \times 4,00$$

$$= 309,88 \text{ kN}$$

c) Lapisan Tanah 3 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-3} = \frac{N_{60}}{34} = \frac{53,00}{34} = 1,56 \text{ tsf} = 164,61 \text{ kN}$$

d) Lapisan Tanah 4 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-4} = \frac{N_{60}}{34} = \frac{48,00}{34} = 1,41 \text{ tsf} = 149,08 \text{ kN}$$

e) Lapisan Tanah 5 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-5} = \frac{N_{60}}{34} = \frac{55,00}{34} = 1,62 \text{ tsf} = 170,82 \text{ kN}$$

f) Lapisan Tanah 6 (Tanah Non Kohesif)

$$Q_{s-6} = \frac{N_{60}}{34} = \frac{58,00}{34} = 1,71 \text{ tsf} = 180,14 \text{ kN}$$

$$Q_{s \text{ total}} = 1236,94 \text{ kN}$$

3) Kapasitas Daya Dukung Ultimit Tiang (Q_u)

$$Q_u = Q_{p \text{ total}} + Q_{s \text{ total}}$$

$$= 4224,00 \text{ kN} + 1236,94 \text{ kN}$$

$$= 5460,94 \text{ kN}$$

4) Kapasitas Daya Dukung Izin Tiang (Q_{all})

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{SF} = \frac{5460,94 \text{ kN}}{2,00} = 2730,47 \text{ kN}$$

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal Metode Meyerhof (1976) dan Reese & Wright (1997).

Tabel 2. Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Metode Meyerhof (1976)

L (m)	D (m)	Q_p (kN)	Q_s (kN)	Q_u (kN)	Q_{all} (kN)
15,00	0,60	887,04	1271,25	2158,29	1079,14
	0,80	887,04	1695,00	2582,04	1291,02
	1,00	887,04	2118,75	3005,79	1502,89
	1,20	887,04	2542,50	3429,54	1714,77
25,00	0,60	887,04	2269,77	3156,81	1578,40
	0,80	887,04	3026,36	3913,40	1956,70
	1,00	887,04	3782,95	4669,99	2334,99
	1,20	887,04	4539,54	5426,58	2713,29
30,00	0,60	887,04	2780,33	3667,37	1833,69
	0,80	887,04	3707,11	4594,15	2297,07
	1,00	887,04	4633,89	5520,93	2760,46
	1,20	887,04	5560,66	6447,70	3223,85

Tabel 3. Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Tiang Tunggal Metode Reese & Wright (1997)

L (m)	D (m)	Q_p (kN)	Q_s (kN)	Q_u (kN)	Q_{all} (kN)
15,00	0,60	4224,00	736,90	4960,90	2480,45
	0,80	4224,00	927,66	5151,66	2575,83
	1,00	4224,00	1118,42	5342,42	2671,21
	1,20	4224,00	1309,18	5533,18	2766,59
25,00	0,60	4224,00	1063,01	5287,01	2643,51
	0,80	4224,00	1253,77	5477,77	2738,89

	1,00	4224,00	1444,54	5668,54	2834,27
	1,20	4224,00	1635,30	5859,30	2929,65
30,00	0,60	4224,00	1236,94	5460,94	2730,47
	0,80	4224,00	1427,70	5651,70	2825,85
	1,00	4224,00	1618,47	5842,47	2921,23
	1,20	4224,00	1809,23	6033,23	3016,61

C. Efisiensi Kelompok Tiang

Perhitungan efisiensi kelompok tiang untuk *bored pile* ϕ 0,60 m kedalaman 30 m adalah sebagai berikut.

$$E_g = 1 - \left[\frac{((n_1 - 1) \times n_2) + ((n_2 - 1) \times n_1)}{90 \times n_1 \times n_2} \right] \times \theta$$

$$= 1 - \left[\frac{((n_1 - 1) \times n_2) + ((n_2 - 1) \times n_1)}{90 \times n_1 \times n_2} \right] \times \tan^{-1} \frac{D}{d}$$

$$= 1 - \left[\frac{((16,00 - 1,00) \times 6,00) + ((6,00 - 1,00) \times 16,00)}{90,00 \times 16,00 \times 6,00} \right] \times \tan^{-1} \frac{0,60}{2,00}$$

$$= 0,9943$$

$$= 99,43\%$$

D. Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

Perhitungan kapasitas daya dukung kelompok tiang untuk *bored pile* ϕ 0,80 m kedalaman 30 m adalah sebagai berikut.

1) Kapasitas Daya Dukung Ultimit Kelompok Tiang

$$Q_{u(g)} = E_g \times n \times Q_u$$

$$= 0,99 \times 96,00 \times 4550,08$$

$$= 434302,46 \text{ kN}$$

2) Kapasitas Daya Dukung Izin Kelompok Tiang

$$Q_{all(g)} = \frac{Q_{u(g)}}{SF} = \frac{434302,46 \text{ kN}}{2,00} = 217151,23 \text{ kN}$$

Dilakukan pengecekan terhadap syarat daya dukung kelompok tiang, yaitu:

$$Q_{all(g)} > Q_v = 217151,23 \text{ kN} > 2154314,16 \text{ kN (OK)}$$

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas daya dukung kelompok tiang.

Tabel 4. Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

	L (m)	D (m)	n (bh)	n ₁ (bh)	n ₂ (bh)	L _g (bh)	B _g (bh)	d (m)
	15,00	0,60	120,00	20,00	6,00	39,00	11,00	2,00
		0,80	114,00	19,00	6,00	46,00	14,00	2,50
		1,00	102,00	17,00	6,00	57,00	19,00	3,50
		1,20	96,00	16,00	6,00	62,00	22,00	4,00
25,00	0,60	102,00	17,00	6,00	33,00	11,00	2,00	
	0,80	96,00	16,00	6,00	36,00	14,00	2,50	

	1,00	90,00	15,00	6,00	50,00	19,00	3,50
	1,20	78,00	13,00	6,00	50,00	22,00	4,00
30,00	0,60	96,00	16,00	6,00	31,00	11,00	2,00
	0,80	90,00	15,00	6,00	36,00	14,00	2,50
	1,00	78,00	13,00	6,00	43,00	19,00	3,50
	1,20	72,00	12,00	6,00	46,00	22,00	4,00

Tabel 5. Rekapitulasi Kapasitas Daya Dukung Kelompok Tiang

L (m)	D (m)	E _g	Q _{u(g)} (kN)	Q _{all(g)} (kN)	CEK
15,00	0,60	0,9942	424684,14	212342,07	TIDAK OK
	0,80	0,9939	438119,36	214059,68	TIDAK OK
	1,00	0,9945	423422,22	211711,11	TIDAK OK
	1,20	0,9943	427743,21	213871,60	TIDAK OK
25,00	0,60	0,9943	428160,19	214080,10	TIDAK OK
	0,80	0,9939	420033,57	210016,79	TIDAK OK
	1,00	0,9945	462691,97	231345,98	OK
	1,20	0,9943	437645,48	218822,74	OK
30,00	0,60	0,9943	435646,39	217823,20	OK
	0,80	0,9939	458260,42	229130,21	OK
	1,00	0,9946	440765,31	220382,66	OK

E. Penurunan Tiang Tunggal

Perhitungan penurunan tiang tunggal untuk *bored pile* ϕ 0,60 m kedalaman 30 m menggunakan Metode Vesic (1977) adalah sebagai berikut.

1) Penurunan Elastis *Bored Pile* (S_{e(1)})

$$S_{e(1)} = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws}) \times L}{A_p \times E_p}$$

$$= \frac{(2541,44 + 1345,79) \times 30,00}{0,20 \times 25742960,2}$$

$$= 0,0160 \text{ m}$$

2) Penurunan Elastis Akibat Ujung Tiang (S_{e(2)})

$$S_{e(2)} = \left(\frac{q_{wp} \times D}{E_s} \right) \times (1 - \mu^2) \times I_{wp}$$

$$= \left(\frac{8993,06 \times 0,60}{200000,00} \right) \times (1 - 0,04^2) \times 0,85$$

$$= 0,0220 \text{ m}$$

3) Penurunan Elastis Akibat Selimut Tiang (S_{e(3)})

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{p \times L}\right) \times \left(\frac{D}{E_s}\right) \times (1 - \mu^2) \times I_{ws}$$

$$= \left(\frac{2567,41}{2,51 \times 30,00}\right) \times \left(\frac{0,80}{200000,00}\right) \times (1 - 0,04^2) \times 8,56$$

$$= 0,0011 \text{ m}$$

Sehingga,

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)}$$

$$= 0,0160 \text{ m} + 0,0220 \text{ m} + 0,0011 \text{ m}$$

$$= 0,0391 \text{ m}$$

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan penurunan tiang tunggal Metode Vesic (1977).

Tabel 6. Rekapitulasi Penurunan Tiang Tunggal Metode Vesic (1977)

L (m)	D (m)	S _{e(1)} (m)	S _{e(2)} (m)	S _{e(3)} (m)	S _e (m)
15,00	0,60	0,0024	0,0525	0,0015	0,0564
	0,80	0,0015	0,0393	0,0017	0,0425
	1,00	0,0010	0,0315	0,0018	0,0343
	1,20	0,0007	0,0262	0,0019	0,0289
25,00	0,60	0,0046	0,0221	0,0009	0,0277
	0,80	0,0028	0,0166	0,0010	0,0204
	1,00	0,0019	0,0133	0,0010	0,0162
	1,20	0,0015	0,0111	0,0011	0,0136
30,00	0,60	0,0059	0,0221	0,0011	0,0291
	0,80	0,0036	0,0156	0,0011	0,0203
	1,00	0,0025	0,0133	0,0012	0,0170
	1,20	0,0019	0,0111	0,0012	0,0142

F. Penurunan Kelompok Tiang

Perhitungan penurunan kelompok tiang untuk *bored pile* Ø 0,80 m kedalaman 30 m menggunakan Metode Meyerhof (1976) adalah sebagai berikut.

- 1) Penurunan Kelompok Tiang

$$S_{g(e)} = \frac{0,96 \times q \times \sqrt{B_g} \times l}{N_{60}}$$

$$= \frac{0,96 \times 631,76 \times \sqrt{11,00} \times 0,66}{63,00}$$

$$= 0,0210 \text{ m}$$

- 2) Penurunan Izin Kelompok Tiang (S_{g(izin)})

$$S_{g(izin)} = 15,00 + \frac{B}{600}$$

$$= 15,00 + \frac{2290,00}{600}$$

$$= 18,82 \text{ cm}$$

$$= 0,19 \text{ m}$$

Dilakukan pengecekan terhadap syarat penurunan kelompok tiang, yaitu:

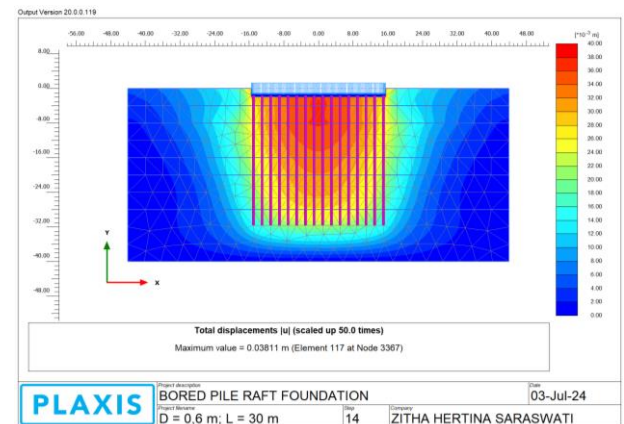
$$S_{g(e)} < S_{g(izin)} = 0,0210 \text{ m} < 0,19 \text{ m (OK)}$$

Tabel 7. Rekapitulasi Penurunan Kelompok Tiang Metode Meyerhof (1976)

L (m)	D (m)	S _{g(izin)} (m)	S _{g(e)} (m)	CEK
15,00	0,60	0,19	0,0225	OK
	0,80	0,19	0,0176	OK
	1,00	0,19	0,0127	OK
	1,20	0,19	0,0110	OK
25,00	0,60	0,19	0,0218	OK
	0,80	0,19	0,0178	OK
	1,00	0,19	0,0128	OK
	1,20	0,19	0,0122	OK
30,00	0,60	0,19	0,0210	OK
	0,80	0,19	0,0178	OK
	1,00	0,19	0,0141	OK
	1,20	0,19	0,0126	OK

G. Pemodelan Fondasi Menggunakan Plaxis 2D

Berikut ini salah satu contoh hasil pemodelan *bored pile* menggunakan *Plaxis 2D*, yaitu *bored pile* Ø 0,60 m kedalaman 30 m.



Gambar 3. Hasil Pemodelan *Plaxis 2D*

Sumber: *Plaxis 2D*

Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan penurunan kelompok tiang pada pemodelan *Plaxis 2D*.

Tabel 8. Rekapitulasi Penurunan Kelompok Tiang *Plaxis 2D*

L (m)	D (m)	S _{g(izin)} (m)	S _{g(e)} (m)	CEK
15,00	0,60	0,19	0,0721	OK
	0,80	0,19	0,0540	OK
	1,00	0,19	0,0382	OK
	1,20	0,19	0,0331	OK
25,00	0,60	0,19	0,0464	OK

	0,80	0,19	0,0350	OK
	1,00	0,19	0,0255	OK
	1,20	0,19	0,0253	OK
30,00	0,60	0,19	0,0381	OK
	0,80	0,19	0,0291	OK
	1,00	0,19	0,0225	OK
	1,20	0,19	0,0203	OK

H. Penentuan Fondasi Bored Pile

Berdasarkan perhitungan di atas dapat ditentukan desain fondasi yang terpilih adalah **Bored Pile diameter 0,60 meter pada kedalaman 30 meter** dengan **Raft Foundation berdimensi 31,00 × 11,00 × 1,00 meter**. Hal tersebut dikarenakan desain *bored pile* terpilih memenuhi syarat kapasitas daya dukung dan penurunan. Selain itu, desain tersebut juga efisien dan ekonomis dari segi biaya karena volumenya yang paling kecil di antara desain yang OK.

I. Metode Pelaksanaan

Berikut ini adalah metode pelaksanaan *bored pile* Tower A Proyek Rusun Rawa Buntu Serpong Tangerang Selatan.

- 1) Pekerjaan Persiapan
 - a) Pembersihan Lahan
 - b) Pemasangan Pagar Sementara
 - c) Uizet
- 2) Pekerjaan *Bored Pile*
 - a) Pembesian *Bored Pile*
 - b) Pengeboran *Bored Pile*
 - c) Pengangkutan Tanah *Bored Pile*
 - d) Pengecoran *Bored Pile*
- 3) Pekerjaan *Raft Foundation*
 - a) Galian Tanah *Raft Foundation*
 - b) Urugan Tanah *Raft Foundation*
 - c) Pemadatan Tanah *Raft Foundation*
 - d) Pengecoran Lantai Kerja
 - e) Bekisting Batako *Raft Foundation*
 - f) Pembesian *Raft Foundation*
 - g) Pengecoran *Raft Foundation*

J. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Biaya yang diperlukan pada pekerjaan *bored pile raft foundation* Tower A Proyek Rusun Rawa Buntu Serpong Tangerang Selatan 2024 yaitu sebesar **Rp 5.960.952.085,44**.

4. KESIMPULAN

Berikut ini merupakan beberapa kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

- a. *Bored pile* rencana baru \varnothing 0,60 m dengan kedalaman 30 m menghasilkan kapasitas daya dukung sebesar $Q_{all(g)} = 229130,21$ kN serta penurunan manual sebesar $S_{g(e)} = 0,0210$ m dan *Plaxis 2D* sebesar $S_{g(e)} = 0,0381$ m.
- b. *Bored pile* eksisting \varnothing 1,00 m dengan kedalaman 25 m menghasilkan kapasitas daya dukung sebesar $Q_{all(g)} = 231345,98$ kN serta penurunan manual sebesar $S_{g(e)} = 0,0128$ m dan *Plaxis 2D* sebesar $S_{g(e)} = 0,0255$ m.
- c. Kedua dimensi, baik itu eksisting maupun perencanaan baru, menunjukkan bahwa dimensi kedua sudah memenuhi syarat yaitu $Q_{all(g)} > Q_v$ dan $S_{g(e)} < S_{g(izin)}$.
- d. *Bored pile* yang dirasa paling memenuhi standar dari segi daya dukung dan penurunan serta efisien dan ekonomis dari segi biaya, yaitu fondasi *bored pile* \varnothing 0,60 m berkedalaman 30,00 dengan dimensi *raft foundation* 31,00 m × 11,00 m × 1,00 m. Didapatkan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang dibutuhkan senilai Rp 5.960.952.085,44 dengan metode pelaksanaan menggunakan *Bored Pile Mini Crane*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Irnawan, M. C, Sholeh, Moch., Zenurianto, Moh. 2022. 'Perencanaan Ulang Pondasi Pada Proyek Gedung Inspektorat Jawa Timur Kabupaten Sidoarjo'. JOS – MRK, 3 (4), pp. 33-39.
- [2] Yelvi., Habibie, M.F., Agung, P.A.M., 2022. 'Perbandingan Daya Dukung Fondasi Tiang Bor Menggunakan Metode Reese & Wright dan Meyerhof'. Construction and Material Journal, 4 (3).
- [3] Putra, A.P., Novianto, Dandung., Apono, Gerard. 2021. 'Perencanaan Pondasi Tiang Bor Pada Bangunan 12 Lantai Gedung Atttic Showroom Surabaya'. JOS – MRK, 2 (3), pp. 44-49.
- [4] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1727:2020 Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, Jakarta: BSN, 2020.
- [5] Hardiyatmo, Hary C. 2011. Analisa Dan Perencanaan Pondasi II. Yogyakarta: Gadjah Mada Universitas Press.
- [6] Badan Standarisasi Nasional, SNI 2847:2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan, Jakarta: BSN, 2019.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, SNI 1726:2019 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, Jakarta: BSN, 2019.

- [8] B. M. Das and N. Sivakugan. Principle of Foundation Engineering. Boston: Cengage, 2017.
- [9] Badan Standarisasi Nasional, SNI 8640:2017 Persyaratan Perancangan Geoteknik, Jakarta: BSN, 2017.
- [10] Das, Braja M. 2011. Principles Of Foundation Engineering, Seventh Edition. Stamford: Cengage Learning.