

PERENCANAAN DAYA DUKUNG BORED PILE PROYEK RUSUNAMI TOD PONDOK CINA, DEPOK

Falaq Putra Kusharta, A'isyah Salimah

Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. DR. G.A Siwabessy, Kukusan, Kecamatan Beji, Kota Depok, Jawa Barat 16424

Email: falaq.putrakusharta.ts16@mhsw.pnj.ac.id, aisyah.salimah@sipil.pnj.ac.id

ABSTRAK

Bangunan vertikal salah satu solusi dari sempitnya lahan yang akan digunakan sebagai hunian. Hal yang perlu diperhatikan dari bangunan vertikal adalah daya dukung pondasi, baik terhadap beban aksial dan lateral. Desain pondasi yang direncanakan harus dapat menahan beban dari struktur atas agar tidak terjadi gagal dan cacat pada bangunan. Rusunami TOD Pondok Cina, Depok terletak di samping stasiun kereta api sehingga perlu diperhatikan juga pengaruh dari beban dinamis kereta api. Hasil penyelidikan tanah adalah Pasir dan Lanau. Analisis struktur menggunakan ETABS 2016. Daya dukung yang digunakan adalah metode Reese dan Wright berdasarkan data SPT, dan daya dukung lateral menggunakan metode Broms. Diameter rencana pondasi 80 cm, 100 cm, dan 120 cm dengan masing – masing rencana pondasi dihitung pada kedalaman 30 m, 31 m, dan 32 m. Berdasarkan hasil analisis dengan D100 cm kedalaman 31 m didapatkan daya dukung aksial sebesar 5578,8 kN dan lateral sebesar 334,8 kN. Formasi tiang yang digunakan sebanyak 5 tiang penurunan maksimum sebesar 1,43 cm untuk tiang tunggal dan 0,123 cm untuk tiang kelompok.

Kata kunci: Daya Dukung, Penurunan, Pondasi Tiang Bor, Rusunami

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk dan banyaknya mahasiswa yang datang ke daerah depok menjadi masalah tersendiri bagi mereka, hal ini menyebabkan tingginya permintaan lahan untuk hunian, maupun hunian sementara. Dengan ketersediaan lahan yang terbatas, maka konsep hunian yang dibutuhkan adalah *High Rise Building* (bangunan tingkat tinggi) yang dapat menampung banyak orang meskipun memiliki lahan yang sedikit seperti rumah susun maupun apartemen. Dalam perencanaan bangunan ini akan dibangun *high rise building* disamping stasiun kereta api yang menjadi keunikan tersendiri dalam perencanaannya.

Pembangunan suatu konstruksi pertama yang dilaksanakan adalah pekerjaan pondasi (struktur bawah), kemudian melaksanakan pekerjaan struktur atas. Pembangunan pondasi sangat besar fungsinya pada suatu konstruksi. Secara umum pondasi didefinisikan sebagai elemen struktur yang meneruskan beban yang berasal dari berat bangunan itu sendiri dan beban luar yang bekerja pada bangunan ke tanah yang ada disekitarnya. perencanaan struktur bawah perlu mempertimbangkan getaran yang diakibatkan dari beban dinamis kereta api.

Pondasi tiang bor merupakan jenis pondasi tiang yang paling umum digunakan dalam proyek konstruksi. Apabila pondasi tiang telah dipilih maka dimensi pondasi tiang (penampang dan panjang) dihitung berdasarkan beban yang harus didukung pondasi dan kondisi tanah dimana pondasi itu dipasang. Setelah itu menghitung daya dukung pondasi tiang berdasarkan dimensi yang telah di rencanakan.

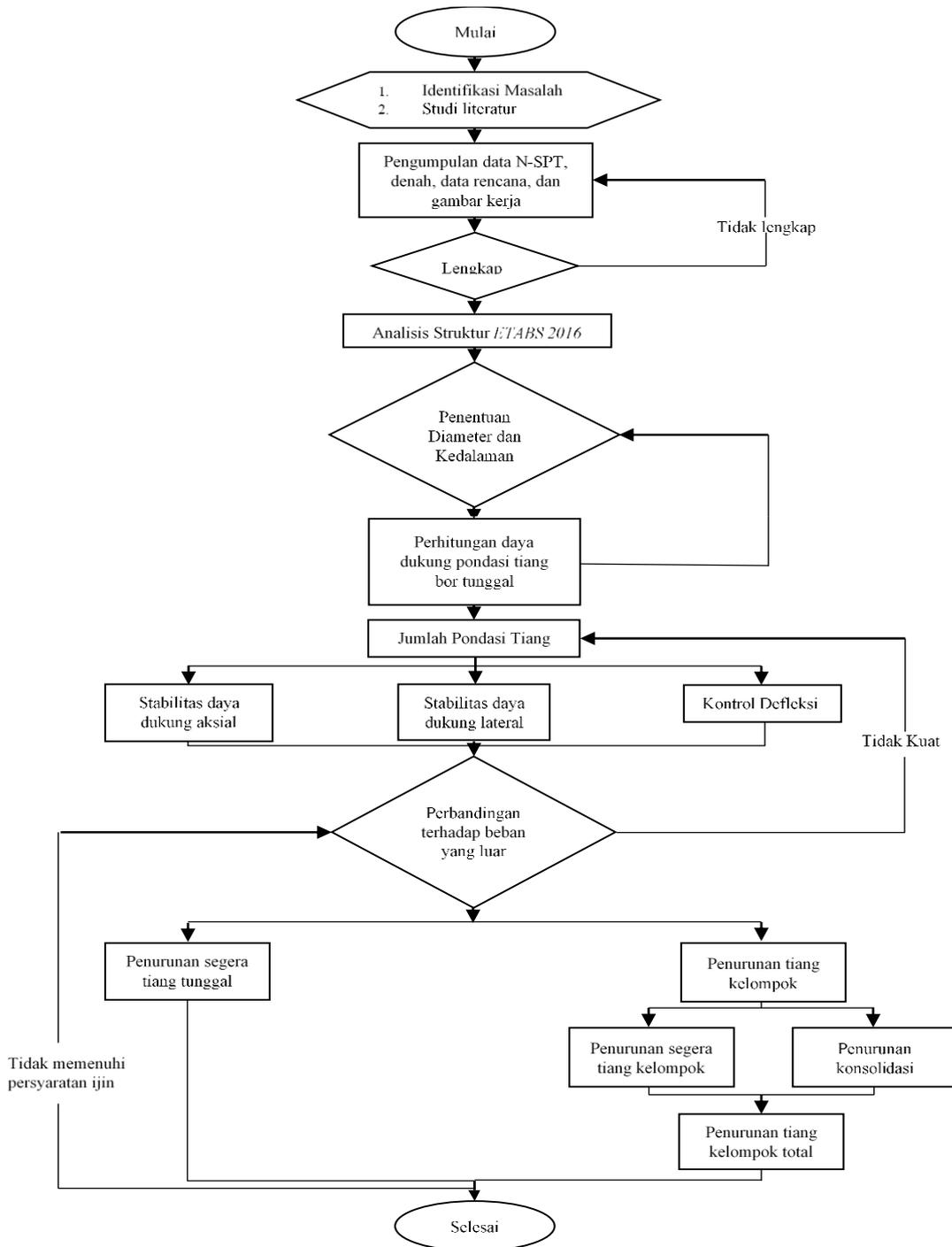
Daya dukung tiang diperoleh dari tahanan ujung tiang (*end bearing capacity*) dan tahanan selimut tiang (*friction bearing capacity*) yang diperoleh dari daya gesek tiang dengan tanah di sekelilingnya. *Standard Penetration Test* (SPT) merupakan salah satu metode uji lapangan yang dilakukan untuk mendapatkan nilai kerapatan relative tanah yang akan dikorelasikan agar mendapatkan nilai N (Hardiyatmo, 2008). Nilai N dapat digunakan untuk memperkirakan besarnya daya dukung tanah untuk menahan beban yang diterima dari struktur atas. Selain beban struktur atas, perlu diperhitungkan juga beban yang terjadi akibat gempa serta beban dinamis akibat kereta karena letak bangunan tepat disamping stasiun kereta api.

Tujuan dari penelitian ini adalah merencanakan pondasi yang akan digunakan dalam proyek rusunami TOD Pondok Cina, Depok. Dalam perencanaannya diperlukan menghitung daya dukung aksial maupun lateral beserta stabilitasnya baik itu tunggal maupun grup, serta perlu diperhitungkan dalam penurunan pondasinya dengan menggunakan data tanah N-SPT.

Manfaat dari penelitian ini yaitu sebagai masukan kepada pembaca apabila akan menggunakan data N-SPT dalam perencanaan pondasi *bored pile* dalam memperhitungkan nilai daya dukung aksial maupun lateral beserta stabilitasnya baik itu tunggal maupun grup, serta cara menghitung penurunan yang terjadi.

2. METODE PENELITIAN

Dalam perencanaan daya dukung pondasi *bored pile* menggunakan studi kasus pada proyek Rusunami TOD Pondok Cina, Depok. Tahapan penelitian disajikan didalam Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir penelitian

Metode pengambilan data menggunakan data sekunder yang diberikan oleh proyek yang digunakan khusus dalam penelitian ini. Data – data sekunder terdiri dari gambar rencana, data perencanaan, serta data tanah yang akan digunakan untuk menentukan nilai daya dukung pondasi.

Data yang digunakan dalam studi kasus ini berupa data sekunder diperoleh dari pihak proyek yang hanya digunakan dalam penelitian ini. Data sekunder ini meliputi gambar rencana, data perencanaan, dan data tanah yang merupakan hasil dari pengujian *Standard Penetration Test* (SPT) pada titik BH-02.

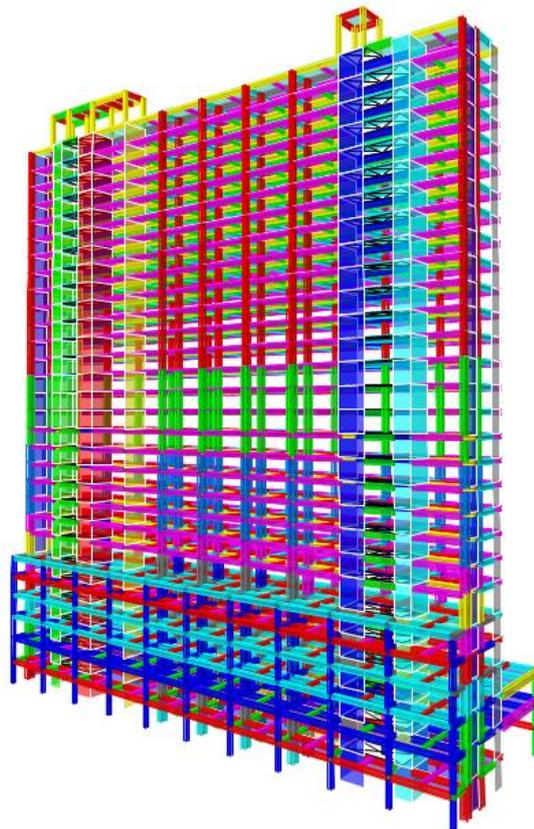
Pembebanan struktur atas menggunakan persyaratan PPIUG-1983(PPIUG, 1983) dibuat permodelan menggunakan aplikasi ETABS 2016. Pembebanan yang terjadi akan di kombinasikan di dalam aplikasi ETABS 2016, sehingga didapatkan besarnya beban vertikal ataupun horizontal yang harus didukung oleh tanah, selain beban dinamis yang diakibatkan oleh gempa perlu diperhatikan juga beban dinamis yang diakibatkan oleh kereta, karena proyek Rusunami TOD Pondok Cina, Depok terletak disamping stasiun kereta api.

Metode analisis perhitungan daya dukung aksial pondasi menggunakan metode Reese & Wright (1977)(Yuliawan and Sipil, 2018)(Jusi, 2018)(Nasional *et al.*, 2019), dan daya dukung lateral pondasi menggunakan metode Broms (1987)(Carlson, 2013),

Tahapan perhitungan yang dilakukan perhitungan daya dukung izin, perhitungan jumlah tiang bor, perhitungan daya dukung tiang grup, perhitungan stabilitas aksial dan lateral akibat beban dinamis gempa, akibat beban dinamis kereta dan akibat beban statis, perhitungan penurunan segera dan konsolidasi.

3. HASIL dan PEMBAHASAN

A. Analisis Pembebanan Struktur Atas



Gambar 2. Struktur atas Proyek Rusunami TOD Pondok Cina, Depok

Dari hasil analisis struktur atas menggunakan aplikasi ETABS 2016 dengan kombinasi beban dari SNI 1726-2012(Badan Standardisasi Nasional, 2012) didapatkan beban maksimum

- 1) $P_u = 21546,7 \text{ kN}$
- 2) $H = 81,33 \text{ kN}$
- 3) $M_x = 582,206 \text{ kN}$
- 4) $M_y = 352,454 \text{ kN}$

B. Daya dukung tiang tunggal

Daya Dukung Aksial

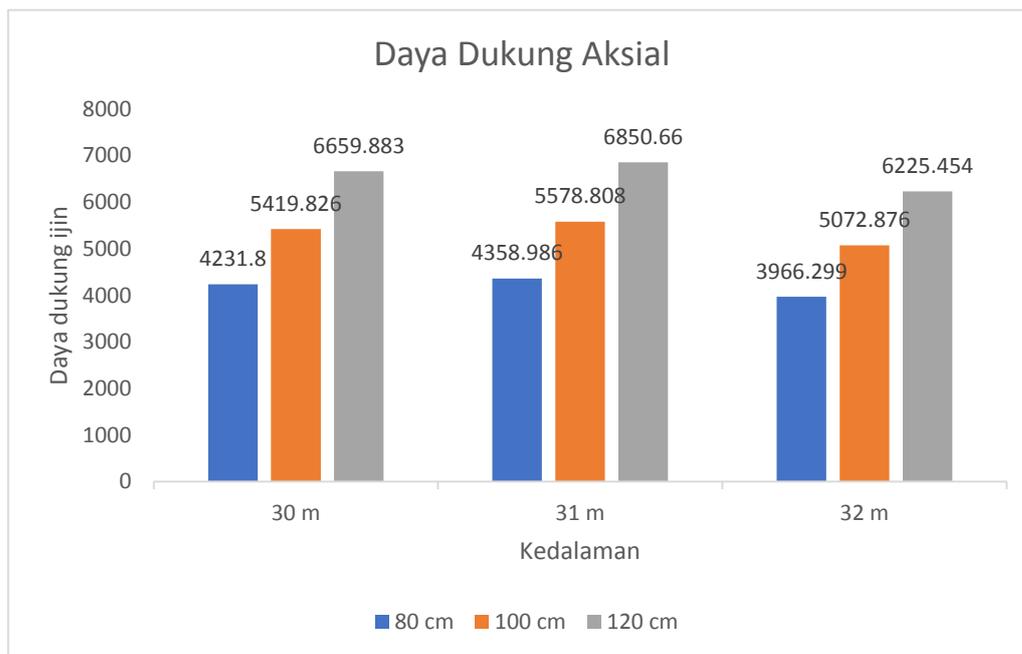
Sebagai contoh perhitungan digunakan Diameter 80 cm pada kedalaman 30 m.

Tabel 1. Data Perhitungan Daya Dukung Tiang Bor Diameter 80 cm

Data	Nilai	Satuan
A_p	0,50	m^2
A_s	2,51	m^2
a	0,55	
N'_{60}	34,5	
C_u	229,9	kN/m^2
Q_b	1040,61	kN
Q_s	9538,89	kN
Q_{ult}	10579,5	kN
Q_{all}	4231,8	kN

Tabel 2. Rekapitulasi Daya Dukung Aksial

Diameter (cm)	Kedalaman (cm)	Q_b (kN)	Q_s (kN)	Q_u (kN)	Q_{all} (kN)
80	3000	1040.61	9538.89	10579.50	4231.8
100	3000	1625.948	11923.62	13549.57	5419.826
120	3000	2341.365	14308.34	16649.71	6659.883
80	3100	1040.607	9856.857	10897.46	4358.986
100	3100	1625.948	12321.07	13947.02	5578.808
120	3100	2341.365	14785.29	17126.65	6850.66
80	3200	920.0179	8995.73	9915.75	3966.299
100	3200	1437.528	11244.66	12682.19	5072.876
120	3200	2070.04	13493.6	15563.64	6225.454



Gambar 3. Grafik Hasil Analisa Daya Dukung Aksial

Daya Dukung Lateral

Sebagai contoh perhitungan digunakan Diameter 80 cm dengan kedalaman 30 m.

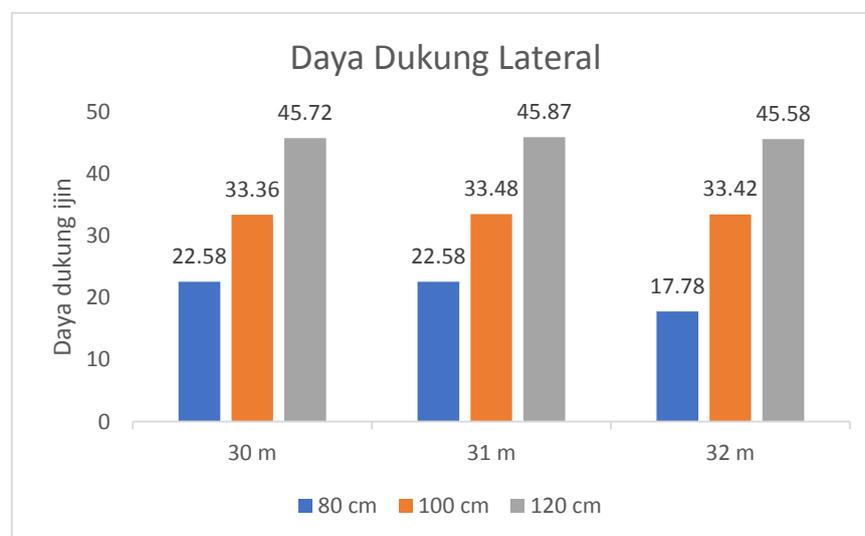
Tabel 4. Hasil Analisis

Data	Nilai	Satuan
Fy	4000	Kg/cm ²
S	50286	cm ²
My	201142857	Kgcm
N ₆₀	229,9	kN/m ²
Cu	1040,61	kN
My / Cu . D3	993,72	
Q _{u(g)} / C _u . D ²	115	
Q _{u(g)}	2909,7	kN
Defleksi	1,27	cm
Q _(g)	177,77	kN

Defleksi menggunakan nilai maksimum sebesar 1,27 cm berdasarkan (Peraturan DKI-Jakarta No.7 tahun 1991 tentang bangunan dalam wilayah DKI-Jakarta, Paragraf 4 (Struktur bawah), pasal 147) (Kepala, Khusus and Jakarta, 1991)

Tabel 5. Rekapitulasi Daya Dukung Lateral

Diameter (cm)	Kedalaman (m)	Q _{ug} (jepit) (ton)	Q _{ug} (bebas) (ton)	Defleksi maks	Q _{g(jepit)} (ton)	Q _{g(bebas)} (ton)
80	3000	290.97	197.35	1.27	22.58	12.19
100	3000	454.64	336.04	1.27	33.36	16.28
120	3000	654.68	512.36	1.27	45.72	24.71
80	3100	290.97	197.35	1.27	22.58	12.43
100	3100	454.64	336.04	1.27	33.48	16.71
120	3100	654.68	512.36	1.27	45.87	25.13
80	3200	290.97	197.35	1.27	17.78	9.89
100	3200	454.64	336.04	1.27	33.42	16.95
120	3200	654.68	512.36	1.27	45.58	25.52



Gambar 4. Grafik Hasil Analisa Daya Dukung Lateral

C. Jumlah tiang

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Jumlah Tiang

Diameter	Kedalaman	Jumlah
80	30	5
100	30	4
120	30	3
80	31	5
100	31	4
120	31	3
80	32	5
100	32	4
120	32	3

D. Efisiensi tiang grup

Perhitungan efisiensi menggunakan nilai rata – rata dari 4 metode.

1). Formula Sederhana

$$h = (2 \times (m + n - 2) \times s + 4 \times D) / (Kt \times m \times n) \quad (1)$$

2). Labarre – Converse

$$h = (1 - \theta) \times [(n - 1) \times m + (m - 1) \times n] / (90 \times m \times n) \quad (2)$$

3). Los Angeles

$$\eta = 1 - (D / (\pi \times d \times n_1 \times n_2)) \times [n_1 \times (n_2 - 1) + n_2 \times (n_1 - 1) + (\sqrt{2} \times (n_1 - 1)(n_2 - 1))] \quad (3)$$

4). Seiler – Keeney

$$h = \{ 1 - [11 \times d / (D^2 - 1)] \times [(n_1 + n_2 - 2) / (n_1 + n_2 - 1)] \} + 0,3 / (n_1 + n_2) \quad (4)$$

dengan m = jumlah baris tiang, n = jumlah tiang dalam satu baris, D = diameter tiang, s = Jarak pusat ke pusat tiang, $\theta = \arctan d/s$, dalam derajat.

Daya Dukung Tiang Grup

$$Q_{ug} = h \times \sum Q_{all} \quad (5)$$

dengan h = efisiensi tiang, Q_{ug} = Daya dukung ultimit grup, $\sum Q_{all}$ = Jumlah daya dukung tiang tunggal

Jika $h > 1$, maka nilai $Q_g = \sum Q_{all}$

$$Q_{ug(block)} = B_g \times L_g \times N_c^* \quad (6)$$

dengan $Q_{ug(block)}$ = daya dukung blok, B_g = Panjang pilecap, L_g = Lebar pilecap, N_c^* = variasi efisiensi tiang berdasarkan nilai L_g/B_g dan L/B_g (dalam *saturated clay*)

Menggunakan nilai daya dukung yang lebih kecil.

Contoh perhitungan menggunakan Diameter 100 cm kedalaman 31 m dengan formasi 5 tiang bor.

$$Q_{ug} = 2503,57 \text{ ton}$$

Stabilitas Terhadap Beban Luar

1). Aksial

Perhitungan menggunakan diameter 100 cm kedalaman 31 m formasi 5 tiang bor

Berat Volume Beton = $2,4 \text{ t/m}^3$

$$W_{pile-cap} = B_g \times L_g \times H \times \text{Volume beton} \\ = 17,28 \text{ ton}$$

$$P_{total} = P_u + W_{pile-cap} \\ = 2204,852 \text{ ton}$$

Syarat :

$$Q_{u(group)} > P_{total} \\ 2503,57 \text{ ton} > 2204,852 \text{ ton} \\ \text{OK!!!}$$

2). Lateral

Menggunakan diameter 100 cm kedalaman 31 m dengan formasi 2 tiang bor

Berat Volume Beton = $2,4 \text{ t/m}^3$

$$W_{\text{pile-cap}} = B_g \times L_g \times H \times \text{Volume beton} \\ = 17,28 \text{ ton}$$

$$H_{\text{total}} = H + W_{\text{pile-cap}} \\ = 27,233 \text{ ton}$$

Syarat :

$$Q_{u(\text{grup})} > H_{\text{total}} \\ 66,96 \text{ ton} > 27,233 \text{ ton} \\ \text{OK!!!}$$

Stabilitas Terhadap Beban Dinamis

Diameter 100 cm kedalaman 31 m formasi 5 tiang bor

1). Aksial

$$P_{\text{total}} = P_u + P_{d(\text{kereta})} + W_{\text{pile-cap}}$$

$$\text{DAF} = 1,26$$

$$P_{S(\text{kereta})} = 9 \text{ ton}$$

$$P_{d(\text{kereta})} = P_{S(\text{kereta})} + \text{DAF} \\ = 11,31 \text{ ton}$$

$$P_{\text{total}} = 2216,17 \text{ ton}$$

$$P_{\text{maks}} = 463,33 \text{ ton}$$

$$Q_{u(\text{grup})} = 2503,57 \text{ ton}$$

Syarat :

$$Q_{u(\text{grup})} > P_{\text{total}} \\ 2503,57 \text{ ton} > 2216,17 \text{ ton} \\ \text{OK!!!}$$

2). Lateral

Formasi 2 tiang bor

$$P_{d(\text{kereta})} = 1131 \text{ kg}$$

$$Y_m = 0,0026 \text{ cm}^2$$

$$K = 2160000 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_m = 5657 \text{ kg}$$

$$H_{\text{total}} = H + F_m + W_{\text{pile-cap}} \\ = 32,89 \text{ ton}$$

$$H_{\text{maks}} = 34,36 \text{ ton}$$

$$Q_{u(\text{grup})} = 66,96 \text{ ton}$$

Syarat :

$$Q_{u(\text{grup})} > H_{\text{total}} \\ 66,96 \text{ ton} > 32,89 \text{ ton} \\ \text{OK!!!}$$

Stabilitas Terhadap Beban Statis

Diameter 100 cm kedalaman 31 m formasi 5 tiang bor

1). Aksial

$$P_{\text{total}} = 2204,85 \text{ ton}$$

$$P_{\text{maks}} = 457,54 \text{ ton}$$

$$Q_{u(\text{grup})} = 2503,57 \text{ ton}$$

Syarat :

$$Q_{u(\text{grup})} > P_{\text{total}} \\ 2503,57 \text{ ton} > 2204,85 \text{ ton} \\ \text{OK!!!}$$

2). Lateral

$$H_{\text{total}} = 25,41 \text{ ton}$$

$$H_{\text{maks}} = 30,33 \text{ ton}$$

$$Q_{u(\text{grup})} = 669,56 \text{ ton}$$

Syarat :

$$Q_{u(\text{grup})} > P_{\text{total}} \\ 669,56 \text{ ton} > 25,41 \text{ ton} \\ \text{OK!!!}$$

E. Penurunan tiang tunggal dan grup

Penurunan tiang tunggal

Diameter 100 cm kedalaman 31 m formasi 5 tiang bor

$$S_{e(\text{total})} = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)}$$

$$S_{e(1)} = 0,42 \text{ cm}$$

$$S_{e(2)} = 0,7 \text{ cm}$$

$$S_{e(3)} = 0,3 \text{ cm}$$

$$S_{e(\text{total})} = 1,43 \text{ cm}$$

Syarat :

$$S_{e(\text{total})} < S_{e(\text{ijin})}$$
$$1,43 \text{ cm} < 2,54 \text{ cm}$$

OK!!!

Penurunan tiang grup

1). Penurunan kelompok

$$S_{g(\text{in})} = (0,96q \times \sqrt{B_g \times I}) / N_{\text{spt}}$$

$$I = 0,50$$

$$q = 1,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = 31 \text{ m}$$

$$S_g = 0,01 \text{ mm}$$

2). Penurunan konsolidasi

$$S_c = ((C_s \times H_c) / (1 + e_0)) \times \log (P_0 / P_0) + ((C_c \times H_c) / (1 + e_0)) \times \log ((P_0 + \Delta P_{av}) / P_0)$$

$$S_c = 0,1134 \text{ cm}$$

$$S_{\text{total}} = S_g + S_c$$

$$S_{\text{total}} = 0,123 \text{ cm}$$

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis diameter rencana yang akan digunakan adalah diameter 100 cm pada kedalaman 31 m dengan daya dukung aksial sebesar 5578,808 kN dan daya dukung lateral sebesar 334,8 kN. Perhitungan stabilitas menyatakan bahwa diameter 100 cm pada kedalaman 31 m **aman** dengan formasi 5 tiang bor untuk dipakai dalam perencanaan serta meskipun terjadi penurunan sebesar 1,43 cm untuk tiang tunggal dan 0,123 cm untuk tiang grup, masih didalam penurunan yang diijinkan, yaitu 2,54 cm.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Politeknik Negeri Jakarta yang telah mendukung dan memberikan bantuan dana dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional (2012). Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, *SNI 1726-2012*. doi: 10.1080/0893569032000131613.
- Carlson, S. M. (2013). Ch. 11.pdf, *The Oxford Handbook of Dev't of Imagination*, pp. 161–174.
- Hardiyatmo, H. C. (2008). Teknik Fondasi 1, p. 275.
- Jusi, U. (2018). Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone Dan N-Standard Penetration Test), *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 1(2), pp. 50–82. doi: 10.31849/siklus.v1i2.136.
- Kepala, G., Khusus, D. and Jakarta, I. (1991). Peraturan Daerah Daerah Khusus Ibukota Jakarta Tentang Bangunan Dalam Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta'.
- A. Pradiptiya (2019) Pengaruh Diameter Tiang Terhadap Tahanan Gesek, *Construction and Material Journal*, Vol. 1, no. 3, pp. 1–6.
- PPIUG (1983) 'PPI untuk gedung tahun 1983.pdf'.
- Yulianan, E. and Sipil, M. (2018) 'Analisis Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Tiang Berdasarkan Pengujian SPT dan Cyclic Load Test', *Jurnal Konstruksia*, 9(2), pp. 1–13.