

Evaluasi Daya Dukung Dan Deformasi Fondasi Kelompok Tiang Bor Di Atas Tanah Lunak (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Farmasi Meiji Di Tebet, Jakarta Selatan)

DINAN MAULANA¹, IMAM ASCHURI², DESTI SANTI PRATIWI³

1. Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional
2. Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional
3. Program Studi Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional

Email: dinanmaulana123@gmail.com

ABSTRAK

Fondasi kelompok tiang bor digunakan untuk meningkatkan daya dukung dan kestabilan Gedung bertingkat. Penelitian ini mengacu kepada evaluasi daya dukung dan deformasi fondasi kelompok tiang bor akibat beban aksial dan lateral dengan 2 metode perhitungan yaitu metode analitik dan metode numerik. Daya dukung kelompok tiang bor aksial metode analitik dengan rentang 7587,782 – 14997,701 kN dan berdasarkan metode numerik dengan rentang 9557,762 – 17024,510 kN. Daya dukung kelompok tiang bor lateral metode analitik dengan rentang 171,745 – 399,773 kN dan berdasarkan metode numerik dengan rentang 200,679 – 492,392 kN. Hasil deformasi kelompok tiang bor aksial metode analitik dengan rentang 0,002-0,005 m dan berdasarkan metode numerik dengan rentang 0,005 - 0,007 m. Hasil deformasi kelompok tiang bor lateral metode analitik dengan rentang 0,001 - 0,014 m dan berdasarkan metode numerik dengan rentang 0,004 - 0,011 m.

Kata kunci: Kelompok Tiang Bor, Daya Dukung, Deformasi, Analitik, Numerik

1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan Kantor Pusat Perusahaan Farmasi PT. Meiji Indonesia yang terletak di daerah Tebet, Jakarta Selatan dibangun di atas tanah lunak yang memiliki daya dukung yang rendah dan deformasi yang cukup besar. Berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik yang telah dilakukan pada lokasi penelitian diketahui bahwa lapisan tanah lunak (*soft soil*) dengan ketebalan rata-rata 4,50 – 8,00 meter dari permukaan tanah setempat. Salah satu solusi untuk meningkatkan daya dukung serta kestabilan gedung bertingkat adalah menggunakan struktur bawah fondasi kelompok tiang bor. Dalam memperhitungkan besarnya daya dukung dan deformasi yang terjadi pada fondasi kelompok tiang bor digunakan 2 faktor pembebanan yaitu akibat beban aksial dan beban lateral serta memperhitungkan berdasarkan pengaruh variasi diameter tiang yang direncanakan (60 cm, 80 cm, 100 cm, dan 120 cm). Terdapat 2 metode perhitungan yaitu metode analitik dan metode numerik. Pada metode analitik digunakan beberapa persamaan yang berasal dari para ahli geoteknik (Reese and Wright, Bowles, serta Reese and Matlock) sedangkan untuk metode numerik digunakan program computer berbasis elemen hingga (PLAXIS 3D).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik Tanah Lunak

Tanah lunak adalah jenis tanah kohesif yang terdiri dari sebagian besar butir-butir yang sangat halus seperti lempung atau lanau. Maka dari itu tanah lunak juga dapat diartikan sebagai tanah lempung (*clay*) atau lanau (*silt*) yang mempunyai nilai N-SPT sama dengan atau lebih kecil dari 4 (empat) atau Nilai N-SPT nya hampir sama dengan tanah jenis organis, seperti tanah gambut yang mempunyai kadar air alamiah yang sangat tinggi.

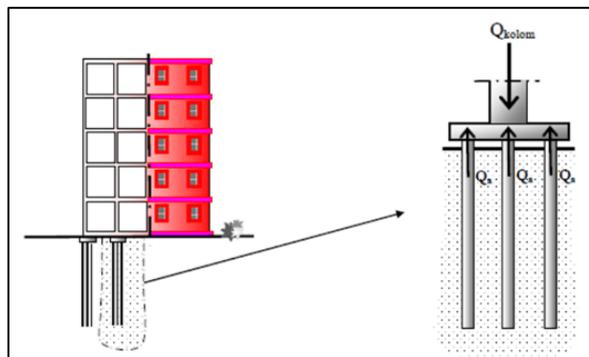
2.2 Deformasi

Menurut SNI 8460:2017 mengenai persyaratan perancangan geoteknik, batasan terjadinya deformasi aksial adalah 25 mm. Batasan terjadinya deformasi lateral adalah 25 mm (kondisi gempa kuat). Sedangkan batasan terjadinya deformasi (penurunan) dalam uji pembebanan menurut adalah:

1. 25 mm atau 2,5 cm untuk tiang dengan diameter maksimum 80 cm; dan
2. 4% diameter untuk tiang > 80 cm.

2.3 Fondasi Kelompok Tiang Bor

Fondasi tiang bor umumnya direncanakan dan dibuat dalam bentuk kelompok tiang. Dalam satu kelompok tiang bor, sejumlah tiang diikat dengan satu kepala tiang (*pile cap*). Contoh yang sangat sering dijumpai terdapat pada bangunan bertingkat yang mana pada tiap kolomnya ditopang oleh sebuah grup tiang. **Gambar 1** menunjukkan ilustrasi kelompok tiang pada sebuah bangunan bertingkat. Pada gambar tersebut terlihat bahwa untuk menahan beban kolom, seluruh tiang menahan secara bersamaan sebagai sebuah kelompok tiang yang solid.



Gambar 1. Ilustrasi fondasi kelompok tiang bor (Rekayasa pondasi Al-Hakam, 2008)

2.4 Spasi Fondasi Kelompok Tiang Bor

Persyaratan nilai jarak antar tiang (spasi) berdasarkan Dirjen Bina Marga Departemen P.U.T.L. (spasi $\geq 2,5 D$ dan spasi $\geq 3,0 D$)

1. Bila spasi < 2,5 D

Kemungkinan tanah di sekitar kelompok tiang akan naik terlalu berlebihan karena terdesak oleh tiang-tiang yang dibor terlalu berdekatan.

2. Bila spasi > 3,0 D

Tidak ekonomis, karena akan memperbesar ukuran atau dimensi dari *poer* (*footing*).

2.5 Efisiensi Kelompok Tiang Aksial

Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang akibat beban aksial digunakan persamaan berdasarkan Converse-Labarre (Bowles, 1988) adalah sebagai berikut:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad \dots (1)$$

Halmana:

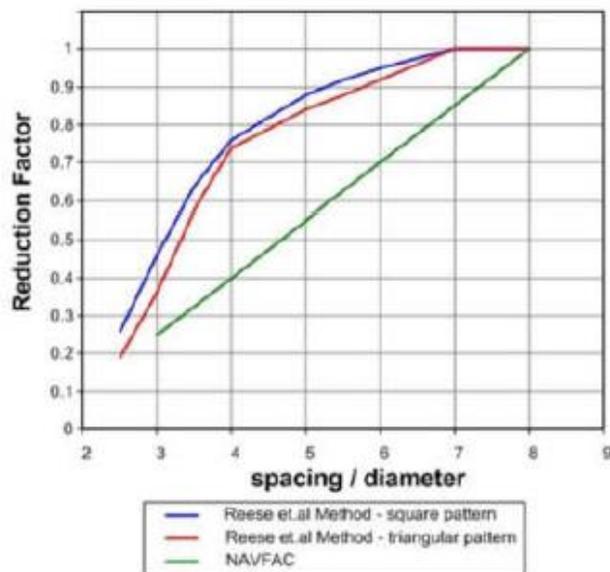
$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{B}{spasi} \right)$ dalam satuan derajat

n = Jumlah tiang (arah kolom)

m = Jumlah tiang (arah baris)

2.5 Efisiensi Kelompok Tiang Lateral

Untuk menghitung efisiensi kelompok tiang akibat beban lateral digunakan faktor reduksi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Faktor reduksi tiang lateral (Nayfac and Reese et al)

2.6 Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang Bor Aksial

Daya dukung ultimit kelompok tiang akibat beban aksial dapat dirumuskan seperti berikut:

$$Q_{U \text{ Kelompok}} = E_g \Sigma Q_{U \text{ Tunggal}} \quad \dots (2)$$

Halmana:

$Q_{U \text{ Kelompok}} = [\text{kN}]$

E_g = Efisiensi kelompok tiang bor

$Q_{U \text{ Tunggal}} = \text{Daya dukung ultimit tiang bor tunggal} [\text{kN}]$

2.7 Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang Bor Aksial

Dalam menghitung besarnya daya dukung kelompok tiang bor akibat beban lateral dipengaruhi oleh jumlah tiang yang bekerja serta factor reduksi. Untuk perhitungan ini menggunakan metode

Reese and Matlock.

$$H_{u \text{ kelompok}} = H_{u \text{ tunggal}} \times \text{faktor reduksi} \times n (\text{jumlah tiang}) \quad \dots (3)$$

Halmana:

$H_{U \text{ kelompok}}$ = Daya dukung lateral kelompok [kN]

$H_{U \text{ tunggal}}$ = Daya dukung lateral tunggal [kN]

n = Jumlah tiang

2.8 Deformasi Fondasi Kelompok Tiang Bor Aksial

Untuk menghitung deformasi yang terjadi pada fondasi kelompok tiang bor akibat beban aksial dapat dihitung dengan menggunakan metode Meyerhof yang didasarkan pada nilai N-SPT seperti sebagai berikut:

$$S_{\text{Kelompok}} = \frac{0,17 B_r q_e I \sqrt{B_g/B_r}}{\sigma_r N} \quad \dots (4)$$

Halmana:

S_{Kelompok} = Deformasi kelompok tiang [m]

B_r = Lebar yang diisyaratkan = 1ft = 0,25 m

$q_e = \frac{P}{L_g B_g}$ (tekanan pada dasar fondasi)

σ_r = Tegangan tanah 100 kN/m²

S_{Tunggal} = Deformasi tiang tunggal [m]

B_g = Lebar tiang kelompok [m]

z_i = Kedalaman 2/3 L dibawah tiang [m]

N = Nilai N-SPT pada kedalaman z_i sampai $z_i + B_g$

2.9 Deformasi Fondasi Kelompok Tiang Bor Lateral

Untuk menghitung deformasi yang terjadi pada fondasi kelompok tiang bor akibat beban aksial, dapat dihitung dengan menggunakan metode yang dikeluarkan oleh Broms (1964) seperti sebagai berikut:

$$y_{\text{Kelompok}} = y_{\text{Tunggal}} \times \text{faktor reduksi} \times n (\text{jumlah tiang}) \quad \dots (5)$$

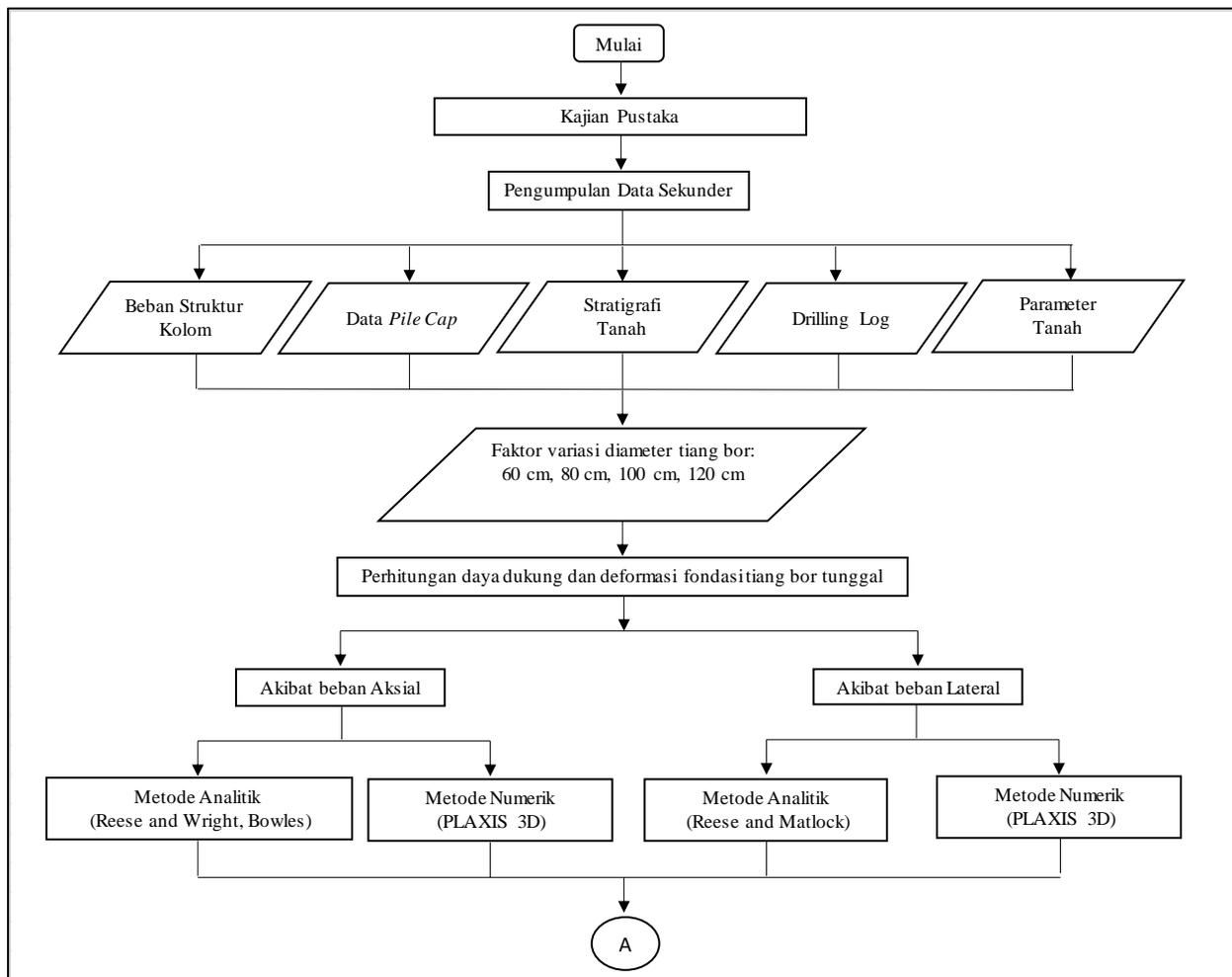
Halmana:

y_{Tunggal} = Deformasi tiang tunggal [m]

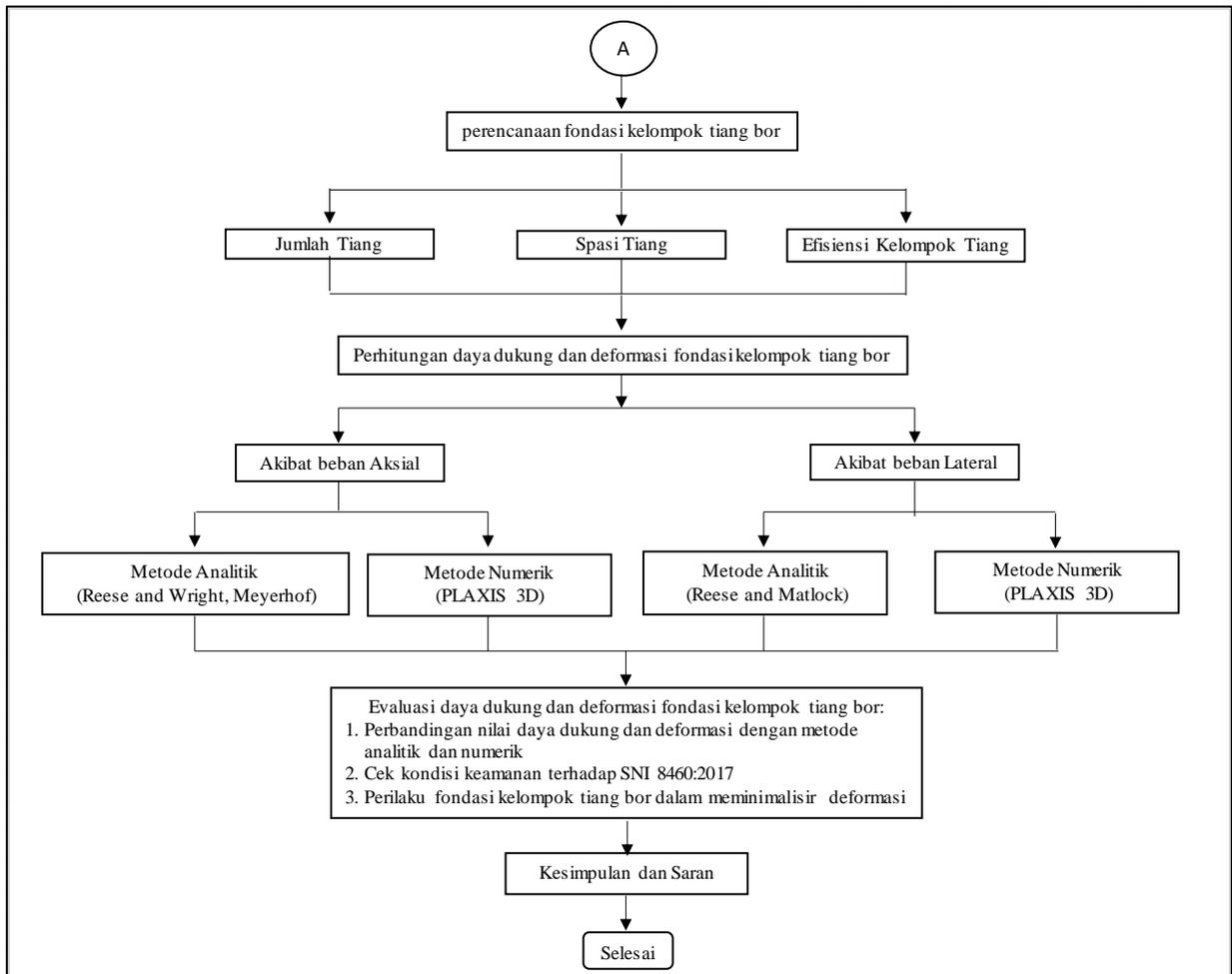
n = Jumlah tiang

3. METODE PENELITIAN

Proses untuk mencapai evaluasi daya dukung dan defromasi kelompok tiang bor yang dilakukan dalam penelitian perlu didetailkan dengan cara membuat bagan alir sebagai acuan, mulai dari input data, pembuatan pemodelan fondasi kelompok tiang bor, sampai memperoleh output yang merupakan tujuan dari penelitian. Bagan alir dari penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3**. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian adalah data yang diperoleh dari laporan soil investigation proyek pembangunan Gedung farmasi meiji.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

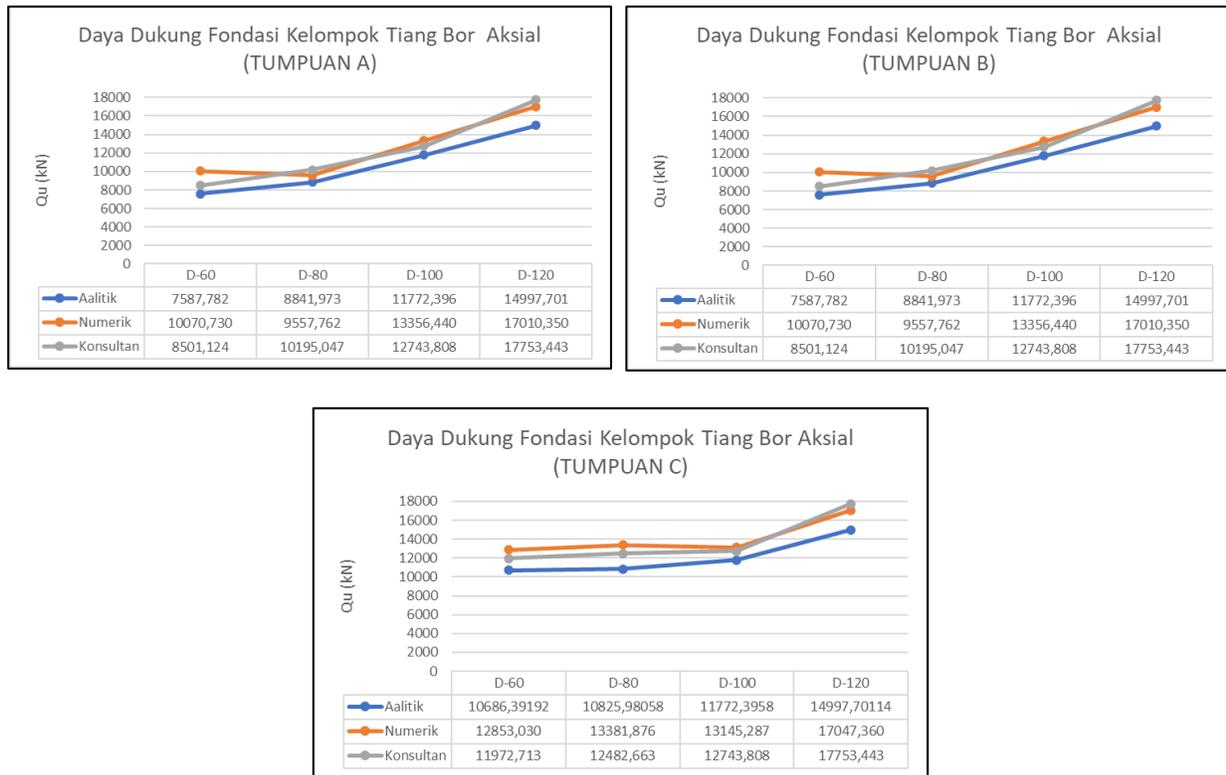


Gambar 3. Bagan alir penelitian (lanjutan)

4. PENYAJIAN DAN ANALISIS DATA

4.1 Perbandingan Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang Bor Aksial

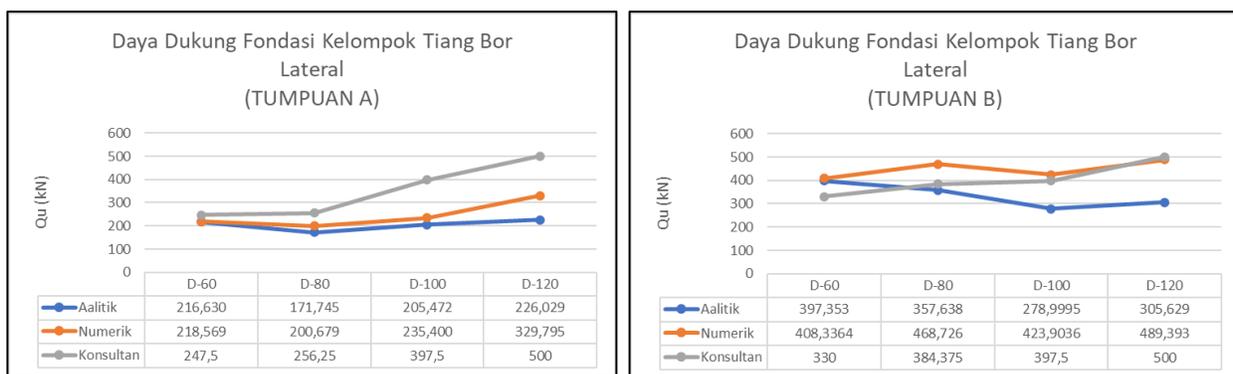
Hasil analisis perhitungan daya dukung fondasi tiang bor kelompok akibat beban aksial berdasarkan tumpuan kolom (A, B, dan C) terhadap variasi diameter tiang yang direncanakan (60 cm, 80 cm, 100 cm, dan 120 cm) serta terhadap metode penelitian (analitik, numerik dan data konsultan) ditunjukkan pada **Gambar 4**.



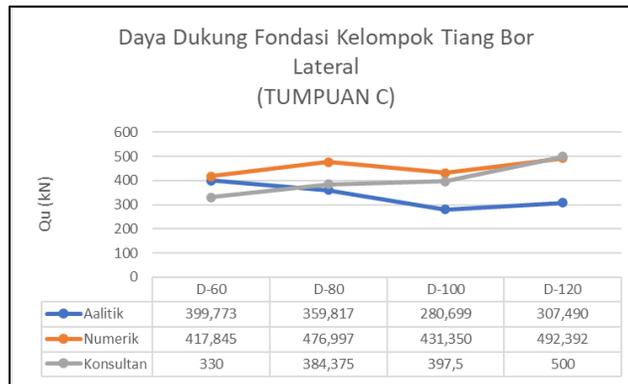
Gambar 4. Hasil perbandingan daya dukung fondasi kelompok tiang bor aksial

4.2 Perbandingan Daya Dukung Fondasi Kelompok Tiang Bor Lateral

Hasil analisis perhitungan daya dukung fondasi tiang bor kelompok akibat beban aksial Lateral berdasarkan tumpuan kolom (A, B, dan C) terhadap variasi diameter tiang yang direncanakan (60 cm, 80 cm, 100 cm, dan 120 cm) serta terhadap metode penelitian (analitik, numerik dan data konsultan) ditunjukkan pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Hasil perbandingan daya dukung fondasi kelompok tiang bor Lateral



Gambar 5. Hasil perbandingan daya dukung fondasi kelompok tiang bor lateral (lanjutan)

4.3 Perbandingan Deformasi Fondasi Kelompok Tiang Bor Aksial

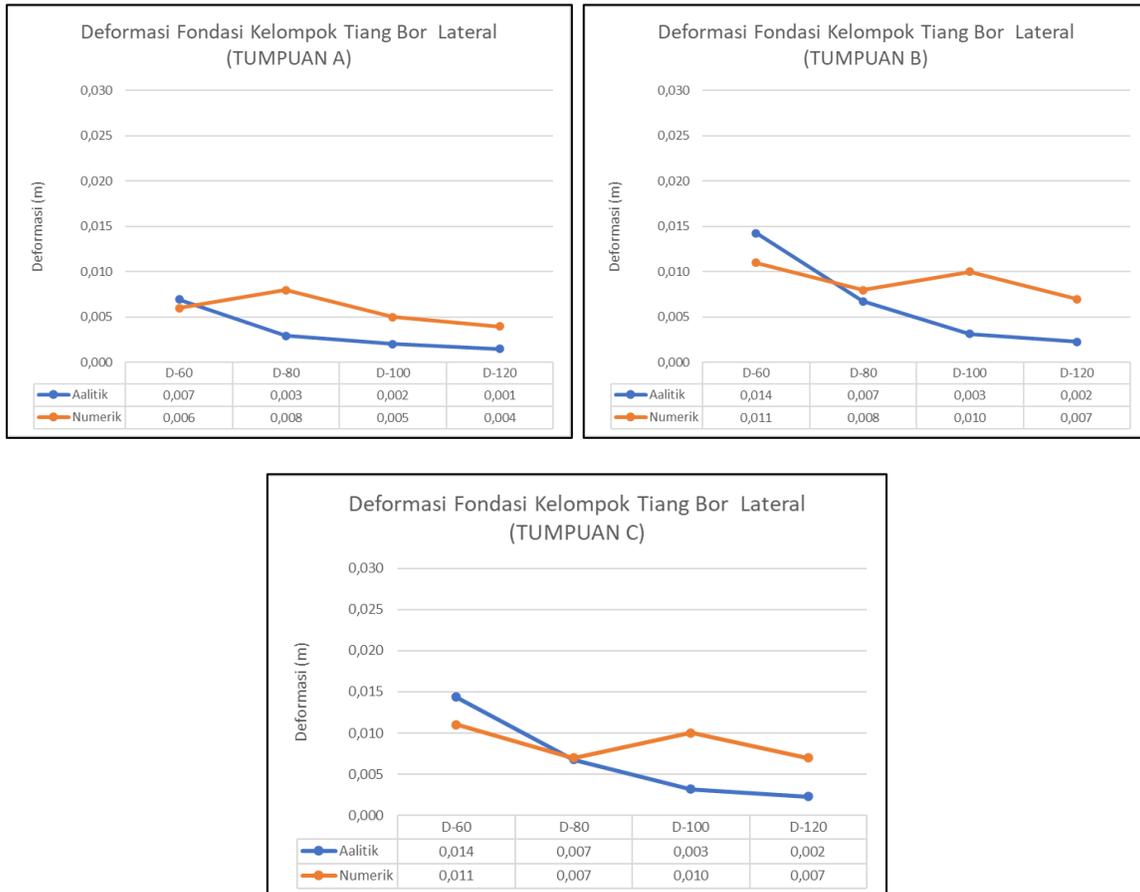
Hasil analisis perhitungan deformasi fondasi tiang bor kelompok akibat beban aksial berdasarkan tumpuan kolom (A, B, dan C) terhadap variasi diameter tiang yang direncanakan (60 cm, 80 cm, 100 cm, dan 120 cm) dapat ditunjukkan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Hasil perbandingan deformasi fondasi kelompok tiang bor aksial

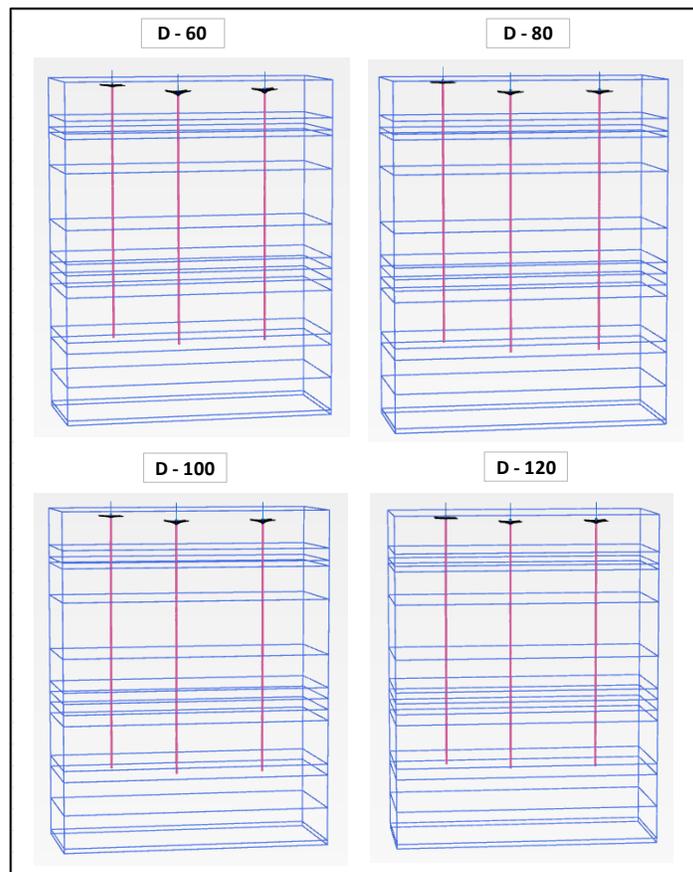
4.4 Perbandingan Deformasi Fondasi Kelompok Tiang Bor Lateral

Hasil analisis perhitungan deformasi fondasi tiang bor kelompok akibat beban aksial berdasarkan tumpuan kolom (A, B, dan C) terhadap variasi diameter tiang yang direncanakan (60 cm, 80 cm, 100 cm, dan 120 cm) dapat ditunjukkan pada **Gambar 7**.

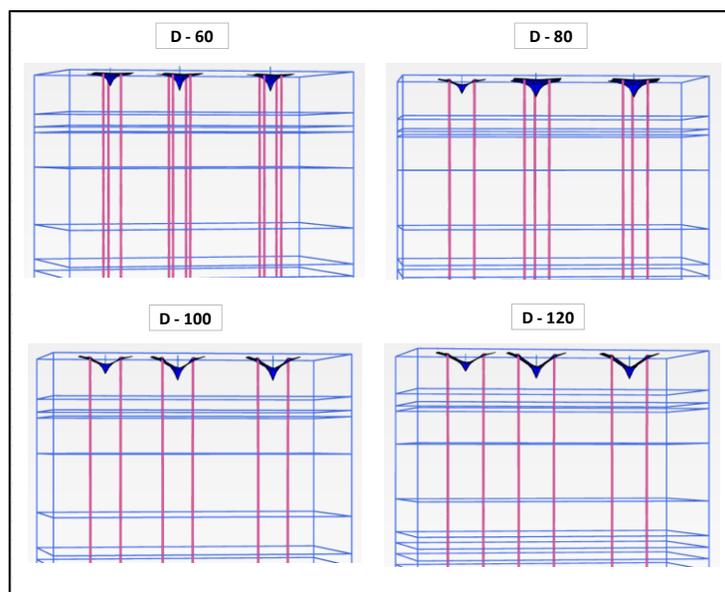


Gambar 7. Hasil perbandingan deformasi fondasi kelompok tiang bor lateral

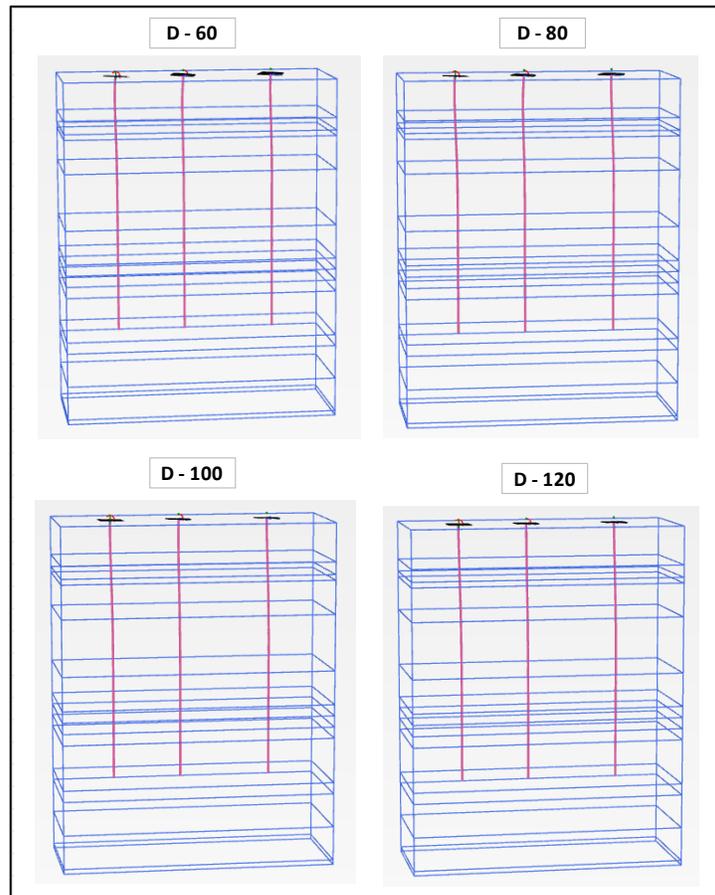
untuk melihat perbedaan perilaku antara fondasi taing bor tunggal dan kelompok tiang bor terhadap variasi diameter tiang yang direncanakan (60 cm, 80 cm, 100cm, dan 120 cm) serta terhadap tumpuan kolom (A, B, dan C) dan terhadap beban yang diberikan (aksial dan lateral) dapat ditunjukkan pada **Gambar 8** hingga **Gambar 11**.



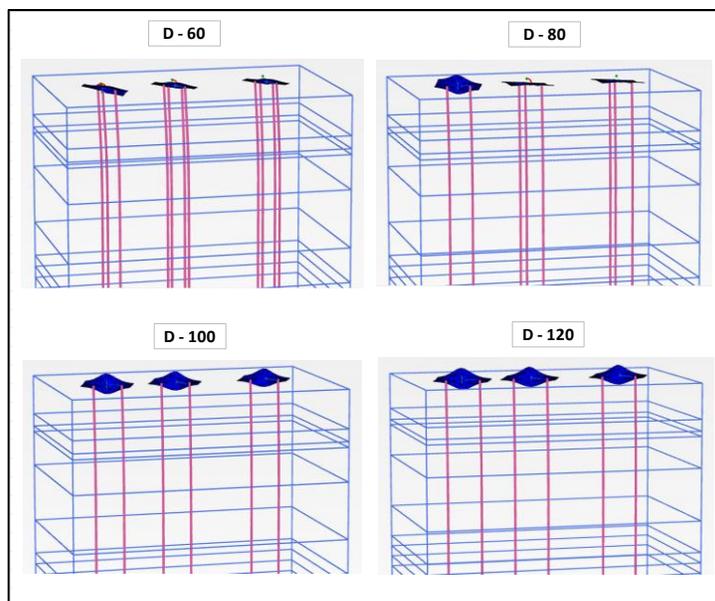
Gambar 8. Perilaku fondasi tiang bor tunggal aksial



Gambar 9. Perilaku fondasi kelompok tiang bor aksial



Gambar 10. Perilaku fondasi tiang bor tunggal lateral



Gambar 11. Perilaku fondasi kelompok tiang bor lateral

5. KESIMPULAN

Semua variasi diameter tiang (60 cm, 80 cm, 100 cm, dan 120 cm) pada setiap tumpuan kolom yang direncanakan (Tumpuan A, Tumpuan B, dan Tumpuan C) dapat digunakan sebagai fondasi kelompok tiang bor karena daya dukung fondasi kelompok tiang bor dapat menahan beban yang bekerja atau dalam kondisi aman yang ditunjukkan dengan hasil daya dukungnya melebihi besar beban baik aksial maupun lateral yang bekerja baik analisis menggunakan metode analitik, numerik, maupun data konsultan. Untuk daya dukung kelompok tiang bor aksial metode berada pada rentang 7587,782 – 17753,443 kN sedangkan beban yang bekerja adalah berada pada rentang 3467,203 – 4640,515 kN. Selain itu, deformasi yang terjadi pada fondasi kelompok tiang bor tersebut juga berada pada kondisi aman yaitu (≤ 25 mm). Hal tersebut dapat dibuktikan pada hasil analisis deformasi yang telah dilakukan baik menggunakan metode analitik maupun numerik dengan hasil berada pada rentang 1 mm – 14 mm.

Dimensi diameter tiang berpengaruh pada setiap analisis yang dilakukan, baik pada daya dukung maupun deformasi tiang tunggal ataupun kelompok. Jika dilihat pada analisis daya dukung, parameter diameter tiang tersebut mempengaruhi besarnya luas penampang tiang yang mendukungnya, semakin besar luasan tiang tersebut maka akan semakin besar daya dukung yang dihasilkan. Hal tersebut dapat dibuktikan pada perhitungan Q_p dan Q_s pada Tiang Tunggal dan pada tiang kelompok yang akan mempengaruhi efisiensi kelompok yang dihasilkan serta pada simulasi PLAXIS 3D yang dapat dihasilkan semakin besar diameter yang digunakan, semakin besar pula daya dukung yang dihasilkan.

Besarnya beban yang bekerja pada setiap tumpuan (A, B, dan C) berpengaruh terhadap perencanaan, daya dukung, serta deformasi fondasi kelompok tiang bor. Dalam hal perencanaan kelompok tiang bor dapat dibuktikan pada penentuan jumlah tiang bor, semakin besar beban yang bekerja maka akan semakin banyak pula jumlah tiang yang dibutuhkan. Dalam hal daya dukung dan deformasi, semakin besar beban yang bekerja semakin besar pula daya dukung dan deformasi yang dihasilkan.

Parameter tanah yang sangat berpengaruh terhadap daya dukung fondasi tiang bor adalah parameter kekuatan tanah (kohesi tanah c_u). kohesi tanah dapat mendeskripsikan sifat suatu tanah (lunak hingga keras). Semakin keras suatu material tanah tersebut maka daya dukung yang diberikan akan semakin besar.

Parameter tanah yang sangat berpengaruh terhadap terjadinya deformasi fondasi tiang bor adalah parameter kekakuan tanah dan tiang (modulus tanah, E_s dan modulus Elastisitas material tiang E_p). Modulus elastisitas tanah dan material tiang dapat mendeskripsikan perbandingan tegangan dan regangan suatu material. Semakin besar nilai modulus suatu material maka akan semakin kaku material tersebut dan semakin kuat menahan terjadinya deformasi yang terjadi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai penulis saya ingin mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, kedua orang tua, kakak dan adik ku tercinta serta teman – teman sejawat yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas.

DAFTAR RUJUKAN

- Hakan, Abdul. (2018). *Rekayasa Pondasi*. Padang: Penerbit CV. Bintang Grafika.
- Bowles, Joseph E. Alih Bahasa Oleh Silaban, Pantur. (1998). *Analisis dan Desain Fondasi Jilid 1 (Edisi 4)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- SNI 8460 (2017). *Persyaratan Perancangan Geoteknik*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan (Balitbang) dan Himpunan Ahli Teknik Indonesia (HATTI)
- PLAXIS .2020. *Geotechnical FEA Software*. Bentley
- SNI-1727-2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*.
- U.S. Navy, "*Soil Mechanics, Foundation and Earth Structure*." NAVFAC, Design Manual DM-7, Washington, D.C, 1971.
- Meyerhof, G.G. (1956). "*Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations*." JGED, ASCE, vol. 102, GT 3, March, pp 195-228.