

Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Kelompok Tiang Bor Pada Menara Transmisi SUTT

Alfinia Milanova^{1*)}; Dyah Pratiwi Kusumastuti¹

1. Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan
Institut Teknologi PLN, Cengkareng, Jakarta Barat 11750 Indonesia

^{*)}Email: alfinia182106@itpln.ac.id

Received: 30 Mei 2023 | Accepted: 30 Mei 2023 | Published: 31 Mei 2023

ABSTRACT

In planning the foundation must look at the condition of the subsoil and the situation in the field. drilled piles are mostly chosen if the soil layer in the field is dominated by soft soil and the work area is densely packed with buildings. The 150 kV SUTT transmission tower in Teluk Naga uses drilled piles because the soil layer is dominated by soft soil 12 m thick from the surface and the environment is submerged in water making it impossible to erect. To determine the stability of the foundation there are several factors that need to be reviewed, including bearing capacity and settlement. Bearing capacity analysis on drilled pile foundations can be carried out based on standard penetration test data using the O'Neill and Reese method, while settlement calculations can use the Vesic method. The carrying capacity of the group piles obtained in this study was calculated by varying the diameter of 40 cm, 60 cm and 80 cm respectively of 4426.51 kN, 4613.18 kN and 4682.58 kN. While the group piles settlement that occurs is the total of elastic settlement and consolidation settlement of 88.73 mm at 40 cm diameter, 83.37 mm at 60 cm diameter and 85.14 mm at 80 cm diameter.

Keywords: drilled pile, bearing capacity, settlement, transmission tower

ABSTRAK

Pada perencanaan fondasi harus melihat kondisi lapisan tanah dan situasi di lapangan. Fondasi tiang bor banyak dipilih jika lapisan tanah di lapangan didominasi tanah lunak dan sekitar pekerjaan telah padat dengan bangunan. Menara transmisi SUTT 150 kV di Teluk Naga menggunakan fondasi tiang bor karena lapisan tanah didominasi tanah lunak setebal 12 m dari permukaan serta lingkungannya yang terendam air sehingga tidak memungkinkan dilakukan pemancangan. Untuk mengetahui stabilitas fondasi terdapat beberapa faktor yang perlu ditinjau, diantaranya adalah daya dukung dan penurunan. Analisis daya dukung pada fondasi tiang bor dapat dilakukan berdasarkan data uji penetrasi standar dengan menggunakan metode O'Neill dan Reese, sedangkan perhitungan penurunan dapat menggunakan metode Vesic. Daya dukung tiang kelompok yang didapatkan pada penelitian ini dihitung dengan variasi diameter 40 cm, 60 cm dan 80 cm berturut-turut sebesar 4426,51 kN, 4613,18 kN dan 4682,58 kN. Sedangkan penurunan tiang kelompok yang terjadi merupakan total dari penurunan elastis dan penurunan konsolidasi sebesar 88,73 mm pada diameter 40 cm, 83,37 mm pada diameter 60 cm dan 85,14 mm pada diameter 80 cm.

Kata kunci: tiang bor, daya dukung, penurunan, menara transmisi

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan pasokan listrik yang semakin meningkat perlu diiringi dengan pembangunan infrastruktur pendukungnya, diantaranya adalah menara transmisi. Menara transmisi merupakan konstruksi yang berfungsi untuk menopang saluran transmisi dengan bentuk menara dari bahan baja, beton bertulang maupun kayu [1]. Salah satu pembangunan menara transmisi adalah yang terletak di Teluk Naga, Kabupaten Tangerang berupa Saluran Transmisi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV. Menara transmisi harus mampu menahan beban yang bekerja, untuk kemudian beban tersebut akan disalurkan ke fondasi dan lapisan tanah yang mendukungnya [2].

Fondasi sebagai konstruksi yang berada dibagian paling bawah harus direncanakan mampu menerima beban atau gaya yang terjadi sehingga tidak terjadi kegagalan konstruksi. Kegagalan pada konstruksi dapat disebabkan karena kegagalan desain fondasi dan kesalahan dalam menganalisis gaya-gaya yang bekerja [3]. Fondasi tiang bor dipilih digunakan untuk menopang menara transmisi SUTT 150 kV Teluk Naga karena situasi dan kondisi di lapangan. Berdasarkan hasil penyelidikan tanah di lapangan, jenis tanah di lokasi tersebut didominasi tanah lunak dengan jenis lempung dan lanau dengan nilai hasil uji penetrasi standar $N_{SPT} > 40$ terdapat pada kedalaman > 20 m. Fondasi tiang bor umumnya digunakan jika letak tanah dasar dengan daya dukung yang besar cukup dalam atau > 15 m [4] dan lokasi sudah berdiri bangunan-bangunan yang dikhawatirkan akan mengalami retak akibat pekerjaan pemancangan [5].

Untuk mengetahui kekuatan atau daya dukung, perencanaan fondasi dapat dilakukan analisis dengan menggunakan data uji laboratorium maupun data uji lapangan seperti uji penetrasi standar dan uji sondir [6]. Hasil uji penetrasi standar merupakan data yang paling sering digunakan dalam perencanaan fondasi, karena data yang didapatkan sampai pada kedalaman tanah keras serta pengujiannya yang dilengkapi dengan pengambilan contoh tanah sebagai bentuk verifikasi untuk mengetahui sifat dan karakteristik tanah [7].

Selain daya dukung, dalam stabilitas fondasi juga harus memperhitungkan besarnya penurunan terutama jika fondasi berada pada lapisan tanah lempung [8]. Penurunan pada fondasi merupakan penurunan total yang terjadi yang diakibatkan penurunan elastis dan penurunan konsolidasi, serta dalam memperhitungkan besarnya penurunan harus memperhatikan batas penurunan yang diizinkan [9].

Berdasarkan hal tersebut, maka pada penelitian ini dianalisis daya dukung fondasi tiang bor berdasarkan data uji penetrasi standar dan penurunan tiang kelompoknya. Daya dukung fondasi dianalisis menggunakan metode O'neil dan Reese dengan variasi diameter, sedangkan penurunan tiang kelompok dianalisis menggunakan metode Vesic.

2. METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan penelitian ini, secara garis besar tahapan yang dilakukan terbagi menjadi 3, yaitu:

A. Tahapan Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder dari hasil uji penetrasi standar. Hasil uji penetrasi standar merupakan jumlah pukulan pada kedalaman tertentu (N_{SPT}) yang perlu dikoreksi terlebih dulu terhadap muka air tanah dan tegangan *overburden* sebelum digunakan dalam analisis pada persamaan (metode) yang ditentukan. Selain koreksi terhadap nilai N_{SPT} , data parameter tanah yang diperlukan dalam analisis juga perlu ditentukan berdasarkan hasil uji laboratorium. Namun, jika parameter tanah hasil uji

laboratorium tidak lengkap untuk keperluan analisis, maka parameter tanah tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan nilai korelasi.

B. Tahapan Analisis Daya Dukung dan Penurunan Tiang Tunggal

Setelah nilai N_{SPT} dikoreksi atau siap digunakan dalam analisis dan parameter tanah yang dibutuhkan telah tersedia atau lengkap, dilanjutkan dengan menganalisis daya dukung tiang tunggal berdasarkan metode O'neil dan Reese (1989):

- Tanah Kohesif

$$Q_u = (A_b \cdot c_u \cdot N'_c) + (A_s \cdot \alpha \cdot c_u) \tag{1}$$

- Tanah Non Kohesif

$$Q_u = (A_b \cdot 0,60 \cdot \sigma_r \cdot N_{60}) + (A_s \cdot \sigma'_v \cdot \beta) \tag{2}$$

Sedangkan penurunan tiang tunggal dianalisis dengan menghitung penurunan total elastis dengan menggunakan metode Vesic sebagai berikut:

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

Dimana:

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

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

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

C. Tahapan Analisis Daya Dukung dan Penurunan Tiang Kelompok

Setelah nilai daya dukung dan penurunan untuk tiang tunggal, dilanjutkan dengan analisis daya dukung dan penurunan tiang kelompok. Untuk menentukan daya dukung tiang kelompok, perlu dianalisis terlebih dahulu mengenai efisiensi tiang kelompok dengan metode *Converse Labarre*:

$$E_g = 1 - \left\{ \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90 m n} \right\} \tag{4}$$

Untuk daya dukung tiang kelompok dihitung dengan persamaan:

$$Q_g = Q_{all} \times n \times E_g \tag{5}$$

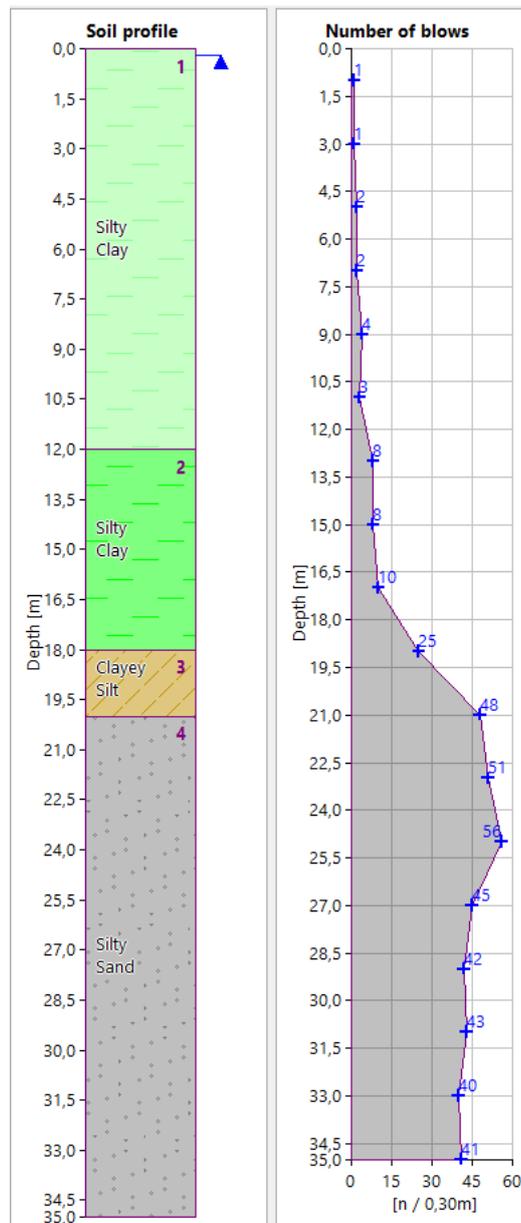
Sedangkan perhitungan penurunan tiang kelompok merupakan penurunan total dari penurunan elastis dan penurunan konsolidasi dengan persamaan:

$$S_e (grup) = S_e (tunggal) \sqrt{\frac{B_g}{D}} + S_c \tag{6}$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Data

Untuk menyelesaikan analisis dalam penelitian ini diperlukan data parameter tanah dan data beban struktur atas. Data parameter tanah didapatkan dari uji penetrasi standar dan borlog yang dilakukan di BH-T-14 Teluk Naga. Berdasarkan hasil borlog diketahui lapisan tanah pada kedalaman 0 - 12 m merupakan tanah lempung kelanauan dengan konsistensi sangat lunak – lunak, kedalaman 12 – 18 m merupakan tanah lempung kelanauan dengan konsistensi medium (*firm*), kedalaman 18-20 m merupakan tanah lanau kelempungan dengan konsistensi kaku – sangat kaku dan kedalaman 20 – 35 m merupakan pasir kelanauan yang padat – sangat padat. Sedangkan dari hasil uji penetrasi standar, nilai N_{SPT} pada kedalaman 0-17 m < 10 , untuk kemudian berangsur-angsur naik sampai nilai $N_{SPT} > 50$ pada kedalaman 23-25 m dan N_{SPT} kembali turun namun dengan nilai > 40 sampai pada akhir pengujian.



Gambar 1. Hasil Uji Penetrasi Standar BH-T-14

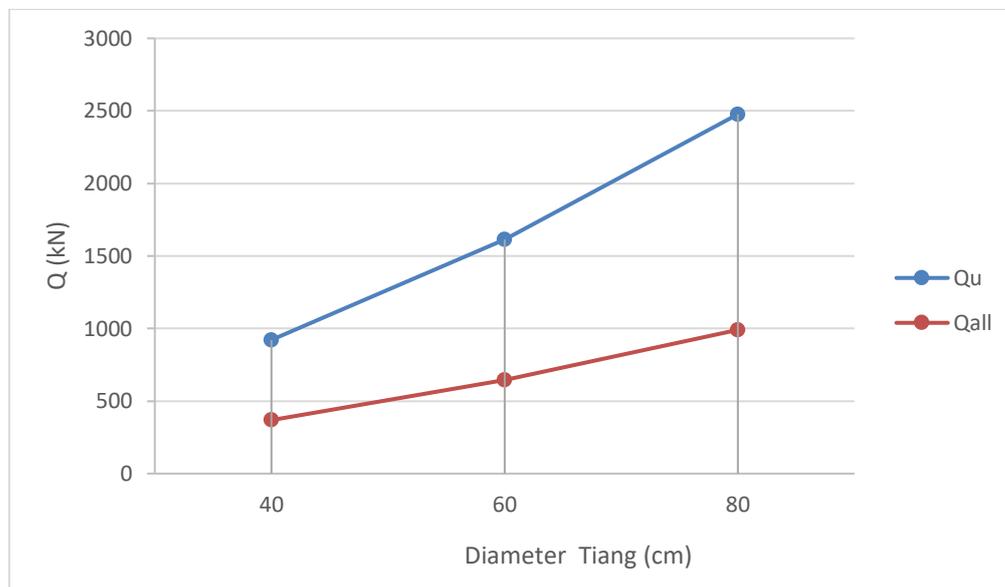
Selain data hasil uji penetrasi standar, dibutuhkan juga data beban struktur atas untuk dapat mengetahui jumlah kebutuhan fondasi. Beban struktur atas pada pekerjaan ini merupakan menara transmisi dari baja dengan tinggi 27 m, lebar menara bagian atas sekitar 1,45 m dan lebar menara bagian bawah sekitar 13,3 m, sehingga beban aksial yang nanti akan diterima oleh fondasi sebesar $P = 4341,69$ kN. Perencanaan diameter fondasi dan dimensi pile cap juga diperlukan dalam analisis. Pada penelitian ini, diameter fondasi tiang bor divariasikan mulai 40 cm, 60 cm dan 80 cm. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui efektifitas jumlah tiang ditinjau dari daya dukung dan penurunannya.

3.2. Daya Dukung dan Penurunan Tiang Tunggal

Untuk perhitungan daya dukung tiang tunggal menggunakan metode O’neil-Reese pada persamaan (1) dan (2) dengan variasi diameter tiang dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 2 berikut:

Tabel 1. Daya Dukung Tiang Tunggal dengan Variasi Diameter

Diameter (cm)	40	60	80
Q_p (kN)	101,89	273,19	558,25
Q_s (kN)	819,53	1341,91	1918,25
Q_u (kN)	921,42	1615,1	2476,5
Q_{all} (kN)	368,57	646,04	990,60



Gambar 2. Daya Dukung dan Beban yang Diizinkan pada Tiang Tunggal

Sedangkan hasil perhitungan penurunan tiang tunggal dengan variasi diameter dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 3 berikut ini:

Tabel 2. Penurunan Tiang Tunggal dengan Variasi Diameter

Diameter (cm)	40	60	80
Penurunan (mm)	11,12	14,55	22,62

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang tunggal didapat daya dukung terbesar pada diameter 80 cm sebesar 2476,5 kN dengan beban yang diizinkan untuk dapat dipikul setelah dibagi dengan angka keamanan sebesar 2,5 adalah 990,60 kN. Sedangkan daya dukung terkecil dan beban yang diizinkan untuk dapat dipikul terdapat pada diameter 40 cm sebesar 921,42 kN dan 368,57 kN.

Hal tersebut seiring dengan penurunan yang terjadi, dimana penurunan elastis terbesar terjadi akibat diameter tiang 80 cm yaitu 22,62 mm, sedangkan penurunan terkecil terjadi pada diameter 40 cm sebesar 11,12 mm. Setelah didapatkan daya dukung tiang tunggal, untuk menentukan daya dukung tiang kelompok perlu diketahui jumlah kebutuhan tiang pada setiap variasi diameter. Jumlah tiang didapatkan dari perbandingan beban aksial struktur atas dengan daya dukung tiang tunggal.

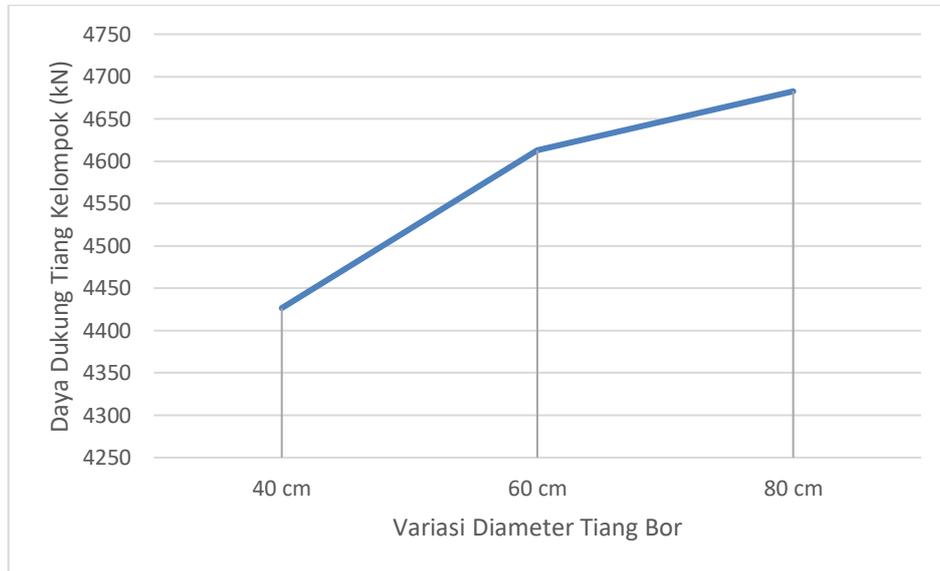
3.2. Daya Dukung dan Penurunan Tiang Kelompok

Setelah perhitungan daya dukung dan penurunan tiang tunggal, dilanjutkan dengan perhitungan daya dukung dan penurunan tiang kelompok. Dimana pada perhitungan daya dukung tiang kelompok perlu menganalisis efisiensi tiang kelompok dengan persamaan (4) dan daya

dukungnya dengan persamaan (5). Berikut ini hasil perhitungan daya dukung tiang kelompok dengan variasi diameter tiang.

Tabel 3. Daya Dukung Tiang Tunggal dengan Variasi Diameter

Diameter (cm)	40	60	80
Jumlah tiang	15	9	6
E_g (kN)	0,993	0,995	0,995
Q_g (kN)	4426,51	4613,18	4682,58

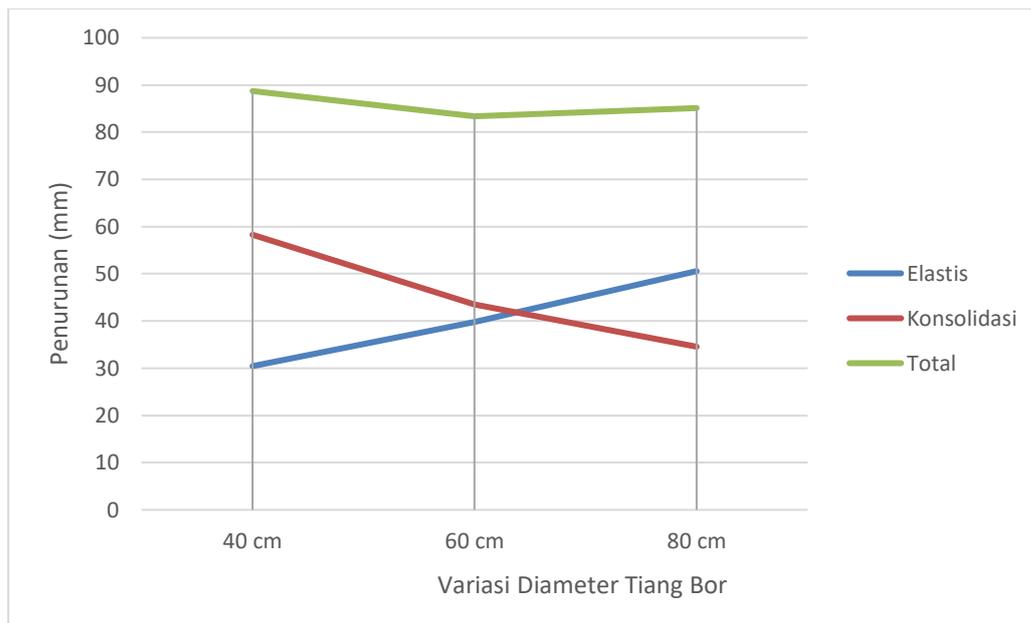


Gambar 3. Daya Dukung Kelompok Tiang Bor dengan Variasi Diameter

Sedangkan perhitungan penurunan pada tiang kelompok merupakan total dari penurunan elastis tiang kelompok dan penurunan konsolidasi yang dihitung dengan menggunakan persamaan (6). Hasil perhitungan penurunan tiang kelompok sebagai berikut:

Tabel 4. Penurunan Tiang Kelompok dengan Variasi Diameter

Diameter (cm)	40	60	80
Penurunan elastis (mm)	30,45	39,84	50,58
Penurunan konsolidasi (mm)	58,27	43,53	34,56
Penurunan total (mm)	88,72	83,37	85,14



Gambar 4. Penurunan Pada Tiang Kelompok dengan Variasi Diameter

Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung tiang kelompok pada Tabel 3 dan Gambar 3 didapatkan daya dukung terbesar pada diameter 80 cm yaitu 4682,58 kN dengan jumlah tiang 6 dan daya dukung terkecil pada diameter 40 cm dengan jumlah tiang 15 sebesar 4426,51 kN. Besarnya daya dukung dipengaruhi dengan diameter tiang yang digunakan, dimana semakin besar diameter yang digunakan maka hasil daya dukung yang didapatkan juga semakin besar. Hal tersebut juga dipengaruhi pengaruh luasan penampang tiang yang merupakan parameter dalam perhitungan daya dukung.

Berdasarkan hasil perhitungan penurunan total pada Tabel 4 dan Gambar 4 didapatkan penurunan total terbesar pada tiang kelompok dengan diameter tiang 40 cm yaitu sebesar 88,72 mm, sedangkan penurunan terjadi pada kelompok tiang dengan diameter 60 cm yaitu sebesar 83,37 mm. Besarnya penurunan total tidak dipengaruhi secara langsung dengan diameter tiang. Secara keseluruhan penurunan total dipengaruhi dengan penurunan elastis dan penurunan konsolidasi. Pada penurunan elastis, penurunan kelompok tiang terbesar pada diameter 80 cm sedangkan penurunan terkecil pada diameter 40 cm. Berbanding terbalik dengan penurunan elastis, pada penurunan konsolidasi terbesar terjadi pada diameter 40 cm dan penurunan konsolidasi terkecil pada diameter 80 cm. Sehingga hasil penurunan total pada setiap diameter tiang memiliki kecenderungan yang berbeda dengan penurunan elastis dan penurunan konsolidasi kelompok tiang.

Pada penelitian ini dipilih hasil daya dukung terkecil yaitu pada diameter 40 cm sebesar 4426,51 kN, dengan penurunan sebesar 88,72 mm. Meskipun nilai penurunan yang didapatkan pada tiang kelompok dengan diameter 40 cm, namun besarnya penurunan tersebut masih memenuhi persyaratan maksimum penurunan sebesar 155,5 mm. Hasil daya dukung tiang bor yang lebih optimis dengan angka keamanan yang kecil akan berdampak pada efisiensi material dan biaya konstruksi [10].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, daya dukung untuk fondasi tiang bor untuk kelompok tiang pada pekerjaan menara transmisi SUTT 150 kV dengan diameter 40 cm sebesar

4426,51 kN, diameter 60 cm sebesar 4613,18 kN dan diameter 80 cm sebesar 4682,58 kN. Daya dukung yang dipilih pada penelitian ini adalah daya dukung kelompok tiang pada diameter 40 cm yaitu sebesar 4426,51 kN karena merupakan nilai daya dukung terkecil atau kritis dibandingkan pada diameter 60 cm dan 80 cm. Penurunan yang terjadi akibat penggunaan kelompok tiang bor dengan diameter 40 cm sebesar 88,72 mm, meskipun nilai penurunan tersebut paling besar dibandingkan pada diameter lainnya namun masih memenuhi syarat penurunan maksimum sebesar 155,5 mm.

Hasil analisis yang didapatkan pada penelitian ini hanya menggunakan satu metode atau teori, sehingga pembandingan dari berbagai metode perlu dilakukan untuk mengetahui nilai daya dukung yang lebih kritis. Selain itu stabilitas fondasi perlu juga ditinjau dan ditambahkan dalam analisis mengenai kemampuan untuk menahan beban lateral dan tekanan *uplift* sesuai dengan SNI 8460:2017 tentang persyaratan perancangan geotekni.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Octary, H. Eteruddin, and A. Tanjung, "Susut Tegangan pada Penghantar ACCC di Saluran Transmisi 150 kV di PT. PLN (Persero) Unit Pelayanan Transmisi Pekanbaru," *SainETIn*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2020, doi: 10.31849/sainetin.v5i1.6275.
- [2] Yuniar Lubis, "Analisa Konstruksi Pondasi Borepile Pada Proyek Pekerjaan Transmisi 150 Kv Pasir Putih-Pangkalan Kerinci Sec. 2," Univ. Darma Agung, 2019.
- [3] D. A. Siahaan, "Analisa Daya Dukung Pondasi Borepile dan Stabilitas Konstruksi Pada Pekerjaan Pembangunan Tower 150 KV Rengat-Pangkalan Kerinci Section 1," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 2, pp. 68–75, 2021.
- [4] A. Chandra, G. Yanti, and S. Wahyuni Megasari, "Analisis Daya Dukung Pondasi Bored Pile pada Proyek Pembangunan Menara Listrik Transmisi 500 KV Peranap-Perawang," *J. Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 171–178, 2018, doi: 10.31849/teknik.v12i2.1732.
- [5] J. Melisa, "Kapasitas Dukung Aksial Pondasi Bored Pile Menurut O'neil & Reese Dan Coyle & Castello (Studi Kasus : Fly Over Simpang Ska)," *J. Inovtek Seri Tek. Sipil dan Apl.*, vol. 2, no. 1, pp. 33–40, 2020.
- [6] L. Nurachim and Y. A. Yakin, "Analisis Daya Dukung Kelompok Tiang Bor pada Jembatan Moh Toha (di Proyek Penambahan Lajur Tol Kopo – Buah Batu)," *J. Tek. Inst. Teknol. Nas.*, vol. 3, no. 4, pp. 104–114, 2017.
- [7] G. Pandu, A. Iskandar, and S. Leman, "Perbandingan Hasil Eksperimen Dan Modifikasi Alat Pengujian Seismik Dengan Hasil Korelasi Data N-Spt Dan Cpt," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 1, no. 2, pp. 160–168, 2019, doi: 10.24912/jmts.v2i4.6179.
- [8] D. H. Saragih and D. P. Kusumastuti, "Pengaruh Variasi Jarak Tiang Bor Pada Tanah Lempung Terhadap Daya Dukung Dengan Metode Analisis," *Forum Mek.*, vol. 10, no. 1, pp. 41–48, 2021, doi: 10.33322/forummekanika.v10i1.1357.
- [9] M. E. Syahputra, "Analisis Pondasi Bored Pile Pada Proyek Rusunami Sukaramai Medan dengan Metode Reese (1997) & Wright dan Reese & O'neill (1998) Berdasarkan Data Standart Penetration Test (SPT)," *J. Ilm. Tek. Sipil*, vol. 10, no. 2, pp. 88–94, 2021.
- [10] U. Jusi, "Analisa Kuat Dukung Pondasi Bored Pile Berdasarkan Data Pengujian Lapangan (Cone dan N-Standard Penetration Test)," *Siklus*, vol. 1, no. 2, 2015, doi: 10.33087/civronlit.v4i2.54.