

Comparison of driven pile foundation bearing capacity based on CPT and PDA test data for the East Kutai Regency District Attorney's Office building construction project

Andi Ryass Malarangeng¹ , Totok Sulistyo², Desak Made Ristia Kartika³

^{1,2,3} Politeknik Negeri Balikpapan

 alieyamarga@gmail.com

Received 24-01-2024; revision 09-05-2024, accepted 10-05-24

Abstract

The foundation is one of the most important parts in a building that transfers its load to the hard soil below it. From how to support the load, the calculation of the carrying capacity of the pile is carried out to find out how much the ability of the pile to continue the load working on the soil layer. The purpose of this study is to calculate and compare the carrying capacity of a single pile using sondir and calendaring data, and calculate the most efficient pile group capacity. The calculation of the carrying capacity of a single pile based on sondir data using the Aoki De Alancer method and calendaring data using the Hilley method, then the calculation results are known to be the carrying capacity of the pile at the end of erection (calendaring), which will be compared with the carrying capacity of the pile at the time of planning (CPT). The calculation of the ultimate carrying capacity value of the single pole is 96.772 tons for the 1-G1 mast and 97.284 tons for the 1-G2 pole based on calendaring data using the Hilley method, and for Sonder data, calculated using the Aoki De Alancer method, a carrying capacity of 50.95 tons is obtained. The calculation of the ultimate capacity of the 20 m depth pole group is 106.8, while for the 21 m depth it is 134.31 tons, and the efficiency of the pile group based on a single pile is 93.95 tons from CPT data, while from the calendaring data it is 178.45 tons.

Keywords: *Calendering, Sondir, Hilley, Aoki De Alancer*

Perbandingan daya dukung pondasi tiang pancang berdasarkan data hasil uji CPT dan PDA pada proyek pembangunan gedung kantor Kejaksaan negeri Kabupaten Kutai Timur

Abstrak

Fondasi adalah salah satu bagian terpenting dalam suatu bangunan yang berfungsi untuk meneruskan beban bangunan ke tanah keras yang berada di bawahnya (Hardiyatmo, 2015). Dari cara mendukung beban, perhitungan kapasitas dukung tiang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan tiang pancang dalam meneruskan beban yang bekerja pada lapisan tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung dan membandingkan kapasitas daya dukung tiang pancang tunggal menggunakan data sondir dan kalendering, dan menghitung kapasitas kelompok tiang yang paling efisien. Perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal berdasarkan data sondir menggunakan metode Aoki De Alancer dan data kalendering menggunakan metode Hilley, kemudian hasil perhitungan tersebut diketahui kapasitas daya dukung tiang pada saat akhir pemancangan (kalendering) yang akan dibandingkan dengan kapasitas daya dukung tiang pancang pada saat perencanaan (sondir). Hasil perhitungan nilai kapasitas daya dukung ultimate tiang tunggal sebesar 96,772 ton untuk tiang 1-G1 dan 97,284 ton untuk tiang 1-G2 berdasarkan data kalender dengan menggunakan metode Hilley, dan untuk data Sondir dihitung menggunakan metode Aoki de Alancer, didapatkan daya dukung sebesar 50,95 ton. Hasil perhitungan kapasitas ultimate kelompok

tiang kedalaman 20 m yaitu sebesar 106,8, sedangkan untuk kedalaman 21 m sebesar 134,31 ton. Efisiensi kelompok tiang berdasarkan tiang tunggal didapatkan sebesar 93,95 ton dari data sondir, sedangkan dari data kalender sebesar 178,45 ton.

Kata Kunci : Pengetahuan K3,, Kondisi Karyawan; *Safety Attitude*;

1. Pendahuluan

Fondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Fondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat ke atas, terutama pada bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin, tiang-tiang dipengaruhi oleh gaya gaya benturan kapal dan gelombang air (Hardiyatmo dalam Nurhidayanti, 2019).

Proyek pembangunan gedung Kejaksaan Negeri Kutai Timur terdiri dari 2 lantai. Selama pembangunan gedung, perlu direncanakan struktur atas dan bawah. Pada prinsipnya, sebuah bangunan tidak dapat didirikan di atas tanah dengan ketahanan terhadap beban sangat rendah. Karena tanah merupakan fondasi dari suatu struktur atau bangunan (Siregar, Priadi, & Aprianto, 2013), fondasi harus direncanakan sesuai dengan jenis, kekuatan, dan daya dukung tanah karena sangat memengaruhi kestabilan bangunan di atasnya, sehingga perlu diperhatikan perencanaannya. Saat merencanakan fondasi, perlu dihitung daya dukungnya untuk mengetahui beban yang dapat diterima fondasi tanpa melebihi kapasitas yang diizinkan. Karena tidak sedikit masalah kerusakan pada suatu bangunan yang diakibatkan oleh daya dukung fondasi yang tidak sesuai dengan kapasitas yang diizinkan.(Fadillah & Pradiptiya, 2022). Oleh karena itu, untuk mengetahui daya dukung fondasi dapat dilakukan melalui berbagai macam jenis pengujian seperti uji sondir, uji standard penetration test, uji kalender pada tiang pancang, dan uji pile driving analyzer.

Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) mengetahui besar daya dukung ultimate (Q_u) fondasi tiang pancang tunggal dari hasil kalendering di lapangan., 2)mengetahui besar daya dukung ultimate (Q_u) fondasi tiang pancang tunggal dari hasil uji sondir, 3)mengetahui perbandingan daya dukung ultimate (Q_u) tiang pancang tunggal berdasarkan hasil analisis dari data kalendering dan data uji sondir, 4)mengetahui besar daya dukung izin y dari kelompok tiang yang digunakan.

2. Metode

3.1. Jenis Penelitian

Jenis penelitian pada tugas akhir ini dapat digolongkan sebagai penelitian kuantitatif di mana pada penelitian ini penulis menghitung daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dari data *calendering* dan data sondir (CPT) dan menghitung daya dukung izin kelompok tiang tersebut.

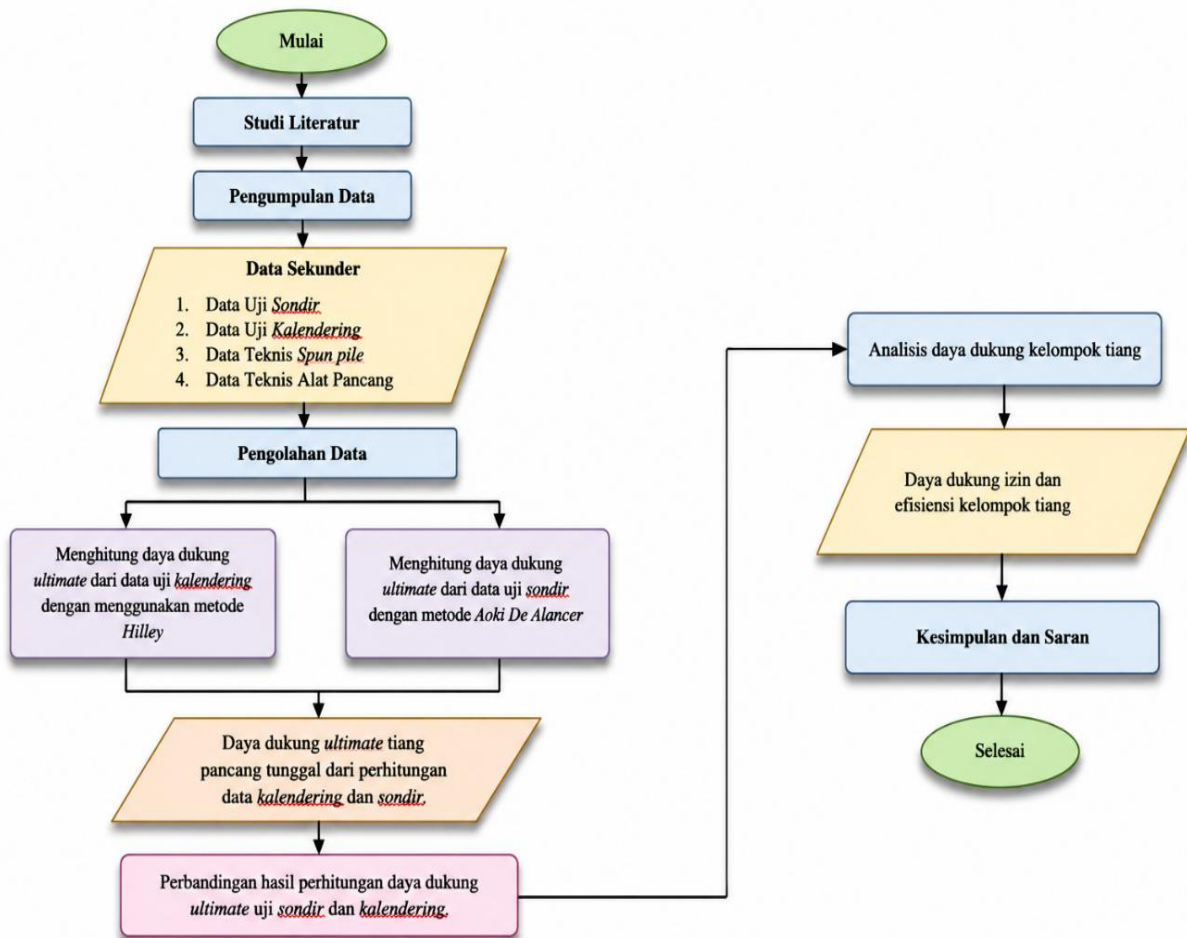
3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penulisan ini mencakup beberapa rangkaian kegiatan yang akan dilakukan pada minggu ke-3 bulan Februari sampai dengan minggu ke-1 bulan Juli 2023. Penelitian ini dilakukan di lingkungan Politeknik Negeri Balikpapan dan pengambilan sampel data dilakukan oleh

kontraktor terkait dalam proyek pembangunan gedung Kantor Kejaksaan Negeri Kabupaten Kutai Timur (PT Aswindo Putra Mandiri).

3.3. Alur Penelitian

Alur penelitian dijelaskan secara ringkas melalui diagram alur penelitian diilustrasikan dalam Gambar 1, dibawah ini:

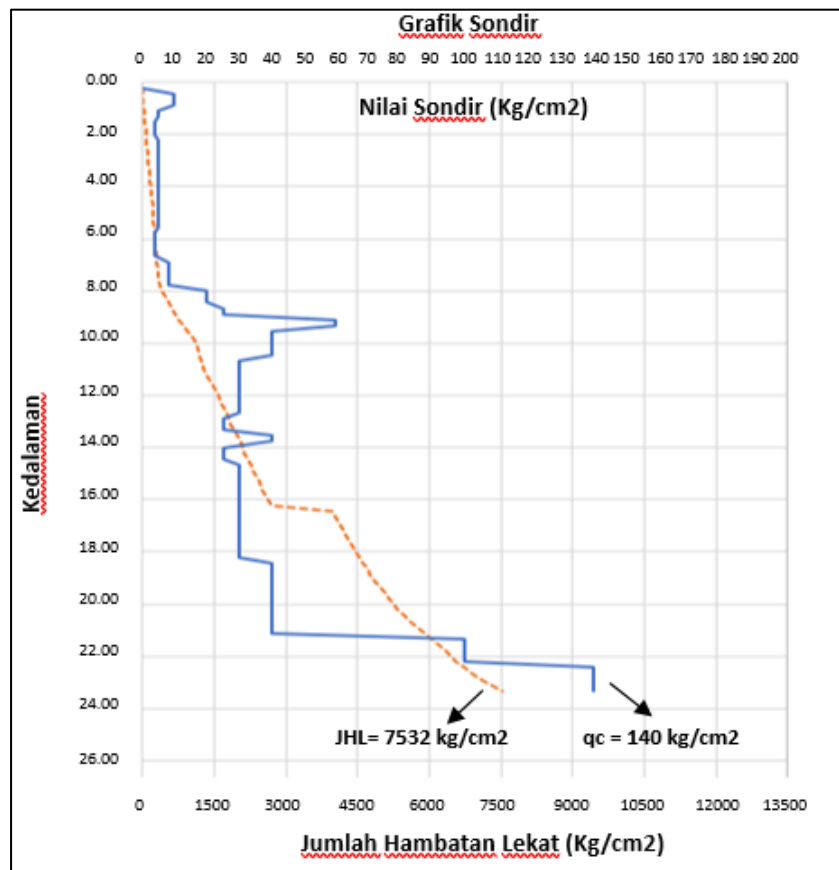


Gambar 1. Flow chart penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

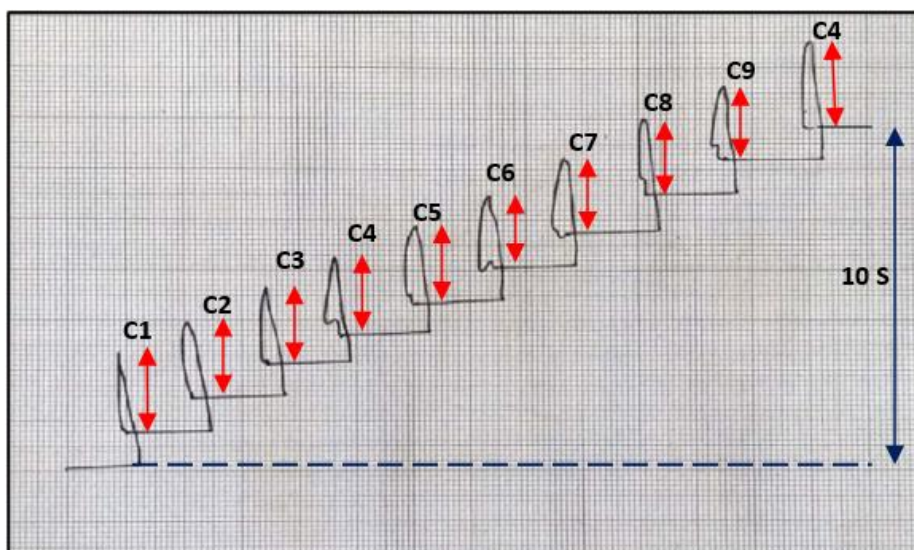
Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai hasil dan pembahasan tentang perbandingan daya dukung tiang pancang berdasarkan data hasil kalendering dan data hasil uji sondir serta daya dukung ijin dan efisiensi pada kelompok tiang pada proyek Gedung Kantor Kejaksaan Negeri Kabupaten Kutai Timur. Data tiang pancang yang akan digunakan sebagai bahan pengujian adalah as 1G

4.1. Kompilasi Data



Gambar 2. Grafik Sondir

Sumber: (PT. Aswindo Putra Mandiri, 2022)



Gambar 3. Pengolahan Kalendering 1-G1

Sumber: (PT. Aswindo Putra Mandiri, 2022)

Tabel 1 Spesifikasi Tiang Pancang yang Digunakan

Spesifikasi Tiang Pancang	
Panjang tiang pancang	20 m
Jenis tiang	<i>Spun pile</i>
Diameter	0,3 m
Tebal tiang	0,06 m
Luas penampang	0,045 m ²
Mutu beton	K-600 kg/m ²
Sumber: (PT. Aswindo Putra Mandiri, 2022)	

Spesifikasi Tiang Pancang

Panjang tiang pancang 20 m

Jenis tiang *Spun pile*

Diameter 0,3 m

Tebal tiang 0,06 m

Luas penampang 0,045 m²

Mutu beton K-600 kg/m²

Sumber: (PT. Aswindo Putra Mandiri, 2022)

Tabel 3 Spesifikasi Alat Pancang yang Digunakan

Spesifikasi Alat Pancang	
Jenis	<i>Diesel hammer</i>
Berat <i>hammer</i>	4,5 ton
Tinggi jatuh <i>hammer</i>	1,59 m
Sumber: (PT. Aswindo Putra Mandiri, 2022)	

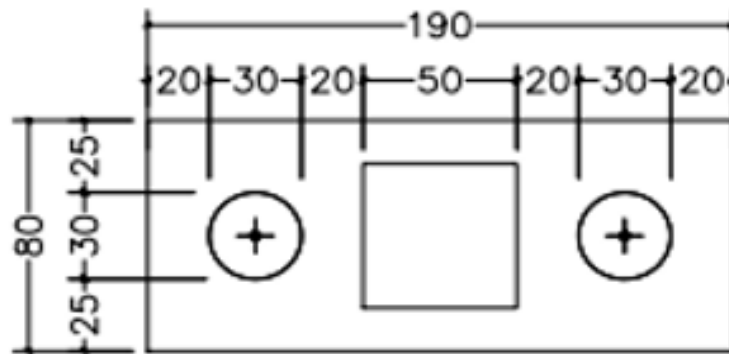
Spesifikasi Alat Pancang

Jenis *Diesel hammer*

Berat *hammer* 4,5 ton

Tinggi jatuh *hammer* 1,59 m

Sumber: (PT. Aswindo Putra Mandiri, 2022)



Gambar 4. Dimensi Fondasi As 1-G

Sumber: (PT. Aswindo Putra Mandiri, 2022)

4.2. Hasil

Perhitungan daya dukung ultimate berdasarkan data kalendering menggunakan metode Hilley

a. Menghitung daya dukung ultimate (1-G1)

$$Q_u = (e_h \cdot W \cdot h) / (S + C) \times (W + (n^2 \cdot W_p)) / (W + W_p)$$

$$Q_u = (0,9 \times 4,5 \times 1,59) / (0,0057 + 0,0136) \times (4,5 + (0,4^2 \times 2,27)) / (4,5 + 2,27)$$

$$Q_u = 333,65 \times 0,718$$

$$Q_u = 239,43 \text{ Ton}$$

$$Q_u = 239,43 / N = 239,43 / 2,5$$

$$Q_u = 96,772 \text{ ton.}$$

b. Menghitung daya dukung ultimate (1-G1)

$$Q_u = (e_h \cdot W \cdot h) / (S + C) \times (W + (n^2 \cdot W_p)) / (W + W_p)$$

$$Q_u = (0,9 \times 4,5 \times 1,59) / (0,0069 + 0,0121) \times (4,5 + (0,4^2 \times 2,27)) / (4,5 + 2,27)$$

$$Q_u = 338,92 \times 0,718$$

$$Q_u = 243,21 \text{ Ton}$$

$$Q_u = 243,21 / N = 243,21 / 2,5$$

$$Q_u = 97,284 \text{ Ton.}$$

Tabel 4 Hasil Kuat Dukung Ultimate Tiang Pancang Tunggal (Q_u) dengan Metode Hilley

Titik Pancang	Kedalaman Tiang (m)	Daya Dukung Ultimate dengan Metode Hilley (Ton)
1-G1	21	96,772
1-G2	21	97,284

2. Perhitungan daya dukung ultimate berdasarkan data hasil uji sondir menggunakan metode Aoki de Alancier

a. Nilai q_{ca} (base)

Nilai q_{ca} (base) diambil dari Perlawanan konus rata-rata 1,5D diatas ujung tiang, 1,5D di bawah ujung tiang seperti yang telah dirangkum dalam tabel 5 sebagai berikut:

Table 5 Nilai q_{ca} (base)

Kedalaman (m)	Perlawanan Konus (kg/cm^2)
19,60	100
19,80	100
20,00	140
20,20	140
20,40	140
Rata-rata	124

b. Nilai q_c (side)

Nilai q_c (side) diambil dari perlawanan konus rata-rata sepanjang ke dalam tiang yang direncanakan yaitu 20 m, sehingga didapatkan nilai q_c (side) sebesar 27,94 kg/cm^2 .

c. Daya dukung ujung persatuan luas (q_b)

$$q_b = (q_{ca} \text{ (base)}) / F_b$$

$$= 124 / 1,75$$

$$= 70,86 \text{ kg/cm}^2$$

d. Daya dukung kulit persatuan luas (f)

$$f = q_c \text{ (side)} \cdot (a_s) / F_s$$

$$= 27,94 \cdot (0,06) / 3,5$$

$$= 0,47 \text{ kg/cm}^2$$

e. Daya dukung ultimate tiang pancang (Q_u)

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s$$

1) Daya dukung ujung tiang (Q_b)

$$Q = q_b A_b$$

$$q_b = 70,86 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned}
 A_b &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\
 &= 0,25 \times 3,14 \times 302 \\
 &= 706,5 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Substitusi

$$\begin{aligned}
 Q_b &= 70,86 \times 706,5 \\
 &= 50062,59 \text{ kg} \\
 &= 50,063 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

2) Daya dukung gesek selimut tiang (Q_s)

$$Q_s = f \cdot A_s$$

$$f = 0,47 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_s = \pi \cdot d \cdot \text{kedalaman}$$

$$= 3,14 \times 30 \times 20$$

$$= 1.884 \text{ cm}^2$$

Substitusi

$$\begin{aligned}
 Q_s &= 0,47 \times 1.884 \\
 &= 0,89 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

3) Substitusi ke persamaan 2.1

$$Q_u = Q_b + Q_s = q_b A_b + f \cdot A_s$$

$$= 50,06 + 0,89$$

$$= 50,95 \text{ ton}$$

Tabel 6 Hasil Perhitungan Daya Dukung Berdasarkan Data Uji Sondir

Lokasi	Kedalaman Tiang (m)	(Q_b) Daya dukung ujung tiang (ton)	(Q_s) Daya dukung ujung tiang (ton)	Daya Dukung Ultimate (ton)
2	20	50,06	0,89	50,95

3. Analisis daya dukung kelompok tiang

a. Menghitung kapasitas dukung ijin kelompok tiang

1) Jika kedalaman tiang 20 m (rencana)

$$Q_g = 2D (B+L) c + 1,3 c_b N_c BL$$

$$Q_g = 2 \cdot 20 (0,8+1,9) 27,94 + 1,3 \cdot 9 \cdot 1,52$$

$$Q_g = 3142 \text{ kN}$$

Kapasitas dukung ijin kelompok tiang

$$Q_g = 3142 / 2,5$$

$$Q_g = 1256,16 \text{ kN} = 128,16 \text{ ton} \dots (1a)$$

2) Jika kedalaman tiang 21 m (di lapangan)

$$[Q]_g = 1317,15 \text{ kN} = 134,31 \text{ ton} \dots (1b)$$

b. Perhitungan kapasitas dukung ijin kelompok tiang berdasarkan pada tiang tunggal

Daya dukung tiang tunggal dari hasil perhitungan sondir yaitu 50,95 ton, sedangkan daya dukung tiang tunggal diambil dari hasil perhitungan kalendering yang terkecil yaitu 96,772 ton.

Daya dukung tiang tunggal dari hasil perhitungan sondir yaitu 50,95 ton, sedangkan daya dukung tiang tunggal diambil dari hasil perhitungan kalendering yang terkecil yaitu 96,772 ton.

Menghitung efesiensi kelompok tiang

$$E_g = 1 - \theta \left((n^{n'-1}m + (m-1)n') / 90mn' \right)$$

$$E_g = 1 - (14,04) \left(((2-1)1 + (1-1)2) / 90.1.2 \right)$$

$$E_g = 1 - 14,04 \times 1 / 180$$

$$E_g = 1 - 351 / 25 \times 1 / 180$$

$$E_g = 1 - 351 / 4500$$

$$E_g = 1 - 39 / 500$$

$$E_g = 500 / 500 - 39 / 500$$

$$E_g = 461 / 500 = 0,922 = 92,20 \%$$

a. Kapasitas dukung ijin kelompok tiang didasarkan pada tiang tunggal dari hasil perhitungan sondir (rencana) (Persamaan 2.3)

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$Q_g = 0,922 \cdot 2 \cdot 50,95$$

$$Q_g = 93,95 \text{ ton} \dots (2a)$$

b. Kapasitas dukung kelompok tiang ijin didasarkan pada tiang tunggal hasil perhitungan kalendering (di lapangan)

$$Q_g = E_g \cdot n \cdot Q_a$$

$$Q_g = 0,922 \cdot 2 \cdot 96,772$$

$$Q_g = 178,45 \text{ ton} \dots (2b)$$

Beban yang dapat didukung kelompok tiang adalah nilai terkecil dari (1) dan (2) maka pada perhitungan ini daya dukung kelompok tiang yang diambil yaitu 93,95 ton (2a)

4.3. Pembahasan

Besarnya daya dukung tiang pancang diperoleh dengan menggunakan data hasil uji sondir dan kalendering. Untuk menganalisis daya dukung tiang pancang, digunakan dua metode, yakni metode Hilley dan Aoki De Alancer. Dari hasil perhitungan dapat dilihat perbandingan daya dukung berdasarkan data sondir (perencanaan) dan kalendering (di lapangan). Perbedaan daya dukung tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu jenis dan kedalaman tanah yang berbeda, bahkan pada jarak terdekat sekalipun, yang bisa menyebabkan

perbedaan kepadatan tanah pada lokasi penelitian. Sehingga, mempengaruhi daya dukung tiang dan juga karena pelaksanaan pengujian yang bergantung pada ketelitian operator yang melaksanakannya. Berdasarkan informasi tak tertulis yang didapat dari pihak kontraktor pada proyek Gedung Kantor Kejaksaan Negeri Kabupaten Kutai Timur ini, bahwa tanah pada proyek ini berjenis tanah lempung.

Untuk perhitungan daya dukung menggunakan data sondir, data yang digunakan dari hasil sondir adalah data perlawanan konus sesuai dengan kedalaman tiang yang dibutuhkan. Sedangkan, data yang digunakan dari hasil kalendring adalah rebound dari 10 pukulan terakhir dan nilai penetrasi per pukulan dengan kedalaman tiang 21 m. Berikut hasil perhitungan daya dukung tiang pancang tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Berdasarkan data kalendring dengan metode Hilley
 Titik pancang 1-G1 pada kedalaman 21 m, $Q_u = 96,772$ ton
 Titik pancang 1-G2 pada kedalaman 21 m, $Q_u = 97,284$ ton
- b. Berdasarkan data Sondir dengan metode Aoki De Alancier
 Titik Lokasi 2 pada kedalaman 20 m, $Q_u = 50,95$ ton
- c. Hasil analisis tiang kelompok
 - 1) Dari hasil perhitungan kapasitas dukung Ijin kelompok tiang dengan kedalaman 20 m didapat 128,16 ton sedangkan kedalaman 21 m didapat 134,31 ton
 - 2) Dari hasil perhitungan kapasitas dukung izin kelompok tiang berdasarkan tiang tunggal didapat sebesar 93,95 ton (sondir) dan 178,45 ton (kalendring).

Keputusan perusahaan dalam memilih spesifikasi tiang pancang yang digunakan pada proyek ini dapat dinilai sudah efektif karena daya dukung tiang pancang di lapangan (kalendring) lebih besar dari yang direncanakan (sondir).

Beban aman yang dapat didukung kelompok tiang adalah nilai terkecil, maka pada perhitungan ini daya dukung kelompok tiang yang diambil adalah 93,95 ton. Oleh karena itu, dalam merencanakan struktur, beban yang diberikan tidak boleh melebihi kapasitas dukung kelompok yang ditentukan karena akan menyebabkan bangunan tidak dapat bertahan lama, bahkan dapat menyebabkan keruntuhan pada bangunan itu sendiri.

4. Kesimpulan

Menurut perhitungan pada bab sebelumnya, telah disimpulkan hasil analisis dari proyek pembangunan Gedung Kantor Kejaksaan Negeri Kabupaten Kutai Timur sebagai berikut.

1. Dari hasil pembahasan didapatkan nilai daya dukung ultimate tiang pancang tunggal dari hasil kalendring sebesar 96,772 ton untuk tiang 1-G1 dan 97,284 untuk tiang 1-G2.
2. Hasil perhitungan dari data uji sondir didapatkan nilai daya dukung ultimate tiang pancang tunggal sebesar 50,95 ton.
3. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung dari kalendring dan uji sondir dapat dilihat perbandingan selisih antara kedua pengujian tersebut yaitu 45,822 ton. Selisih daya dukung tersebut bisa disebabkan karena jenis dan kedalaman tanah yang berbeda bahkan pada jarak terdekat sekalipun pada lokasi penelitian bisa menyebabkan perbedaan kepadatan tanah sehingga mempengaruhi daya dukung tiang dan juga dapat disebabkan

karena pelaksanaan pengujian yang bergantung pada ketelitian operator yang melaksanakannya.

4. Dari hasil perhitungan didapat daya dukung ultimate kelompok tiang yang menyebabkan keruntuhan sebesar 106,8 ton pada kedalaman 20 m dan 134,31 ton pada kedalaman 21 m. Untuk kapasitas dukung ijin kelompok tiang berdasarkan tiang tunggal yaitu sebesar 93,95 ton (dari hasil perhitungan data sondir). Sedangkan berdasarkan data kalendering didapat sebesar 178,45 ton. Beban yang dapat didukung kelompok tiang adalah nilai terkecil maka pada perhitungan ini daya dukung kelompok tiang yang diambil yaitu 93,95 ton.

Daftar Pustaka

- Tunggal Antara Data Kalendering, Data Spt, dan Data PDA Test Pada Tiang Pancang No. 7 dan No. 25 Pile Cap No. 1 Overpass Sta 58+ 250 Proyek Jalan Tol Pekanbaru-Dumai. (Skripsi Sarjana, Universitas Islam Riau).
- Ahmad, L. G., & Surahman, M. (2016). Analisis Daya Dukung Tiang Pancang Menggunakan Data Insitu Test, Parameter Laboratorium terhadap Loading Test Kantledge. *Konstruksia*, 7(2), 4-19.
- Anonim. (2022). Proses Pengujian Uji Sondir, Sejarah, Tujuan, dan Istilah di Dalamnya. *Pengadaan (Eprocurement)*. Retrieved 6 mei 2023 from www.pengadaan.web.id/
- Das, B. M. 1993. *Mekanika Tanah. (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*. Jilid 1 Penerbit Erlangga, Jakarta
- Direktorat Jendral Bina Marga. (2016). *Ketentuan Praktis Uji Fondasi Tiang Jembatan*. Direktorat Jendral Bina Marga, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Fadillah, R. N., & Pradiptiya, A. (2022). Analisis Daya Dukung Fondasi Spun Pile Dievaluasi dengan Kalendering dan PDA. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 3(2), 18-25.
- Hardiyatmo, H. C. (2015). *Analisis dan Perancangan Fondasi 2*, Cetakan Pertama. Gadjah Mada Press, Yogyakarta.
- Nurhidayanti (2019). *Analisa Daya Dukung Fondasi Tiang Pancang*. (Tugas Akhir, Politeknik Negeri Balikpapan).
- Siregar, Y. H., Priadi, E., & Aprianto, A. (2022). Analisa Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Hasil Data Kalendering Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun BWS Kubu Raya. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 9(1), 1-6.
- Skempton. A.W & Macdonald, D.H. (1955), *A Survey of Comprasions between Calculate and Observed Settlement of Structures on Clay*. Conf. on Correlation of calculated and observed stresses and Displacement, ICE, London, pp.318-337.
- PT Aswindo Putra Mandiri. (2022). *Laporan Hasil Pengujian Penyelidikan Tanah/Sondir*.
- Wibowo, R. C. (2019). *Perhitungan Daya Dukung Fondasi Pada Underpass Bsd Bintaro Sta 47+ 994,589 Jalan Tol Jorr Ii Kunciran-Serpong Paket 2*. (Skripsi Sarjana Universitas Diponegoro



This work is licensed under a Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License