

PERBANDINGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG BERDASARKAN UJI SONDIR DAN TES PDA DI PROYEK RUKO X

Christina Veronica^{1*} dan Arianti Sutandi¹

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No. 1, Jakarta, Indonesia
*ariantis@ft.untar.ac.id

Masuk: 08-10-2024, revisi: 03-02-2025, diterima untuk diterbitkan: 12-02-2025

ABSTRACT

The bearing capacity of pile foundations can be determined based on soil investigation results. Various methods can be used to assess the bearing capacity of piles. This study analyzes the bearing capacity of pile foundations in the X shophouse project in Tangerang City using CPT data and PDA test data. The calculation methods applied include the Meyerhof method, Schmertmann Nottingham (1975) method, and Tumay and Fakhroo method. The analysis results compare the end-bearing capacity, shaft friction capacity, and ultimate bearing capacity based on PDA and CPT tests. According to the calculations, the Schmertmann Nottingham (1975) method for pile number 254 achieved an accuracy level of up to 99% based on CPT calculations and PDA test results, with a Q_u PDA value of 101.6 tons and a Schmertmann Nottingham (1975) method value of 100.17 tons. Meanwhile, for pile number 324, the Tumay and Fakhroo method showed an accuracy of 79%, with a Q_u PDA value of 131.1 tons and a Tumay and Fakhroo method value of 102.8 tons.

Keywords: pile foundation; pile bearing capacity; CPT (Cone Penetration Test); PDA (Pile Driving Analyzer); Bearing capacity comparison

ABSTRAK

Daya dukung tiang pancang dapat diperhitungkan dari hasil penyelidikan tanah. Terdapat berbagai metode yang dapat digunakan untuk mengetahui daya dukung tiang pancang. Penelitian ini menganalisis daya dukung tiang pancang pada proyek ruko X di daerah Tangerang Kota menggunakan data CPT dan data uji PDA. Metode perhitungan daya dukung tiang pancang yang digunakan antara lain adalah metode Meyerhoff, Schmertmann Nottingham (1975), dan Tumay and Fakhroo. Hasil analisis menunjukkan perbandingan daya dukung ujung tiang, daya dukung selimut tiang, serta daya dukung ultimit dari uji PDA dan CPT. Berdasarkan hasil perhitungan, metode Schmertmann Nottingham (1975) pada tiang dengan nomor 254 menunjukkan tingkat keakuratan hingga 99% berdasarkan perhitungan CPT dan hasil uji PDA, dengan nilai Q_u PDA sebesar 101,6 ton dan metode Schmertmann Nottingham (1975) sebesar 100,17 ton. Sementara itu, pada tiang nomor 324, metode Tumay and Fakhroo menunjukkan keakuratan 79%, dengan nilai Q_u PDA sebesar 131,1 ton dan metode Tumay and Fakhroo sebesar 102,8 ton.

Kata kunci: pondasi tiang pancang; daya dukung tiang pancang; CPT (Cone Penetration Test); PDA (Pile Driving Analyzer); perbandingan daya dukung

1. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Salah satu tahapan awal yang perlu dilakukan dalam sebuah proyek adalah pengecekan tanah di lokasi pembangunan. Pengecekan tanah bertujuan untuk mengetahui kondisi tanah dan kemampuan tanah untuk menahan beban dari bangunan yang akan dibangun. Oleh karena itu pengecekan tanah sangat berpengaruh terhadap keberhasilan sebuah proyek, diperlukan analisis perhitungan secara terperinci untuk meminimalisir resiko kegagalan struktur. Dalam perhitungan daya dukung tiang pancang, terdapat beberapa metode yang dapat dilakukan. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis perhitungan daya dukung dengan metode Meyerhoff, Schmertmann Nottingham (1975), dan Tumay dan Fakhroo. Kemudian hasil analisis akan dibandingkan dengan hasil uji PDA, untuk dilihat keakuratannya.

Rumusan Masalah

1. Bagaimana hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode Meyerhoff, Schmertmann Nottingham (1975), dan Tumay dan Fakhroo dengan data CPT?
2. Bagaimana perbandingan daya dukung tiang pancang dari Uji PDA dan hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dengan hasil pengujian sondir?

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui nilai perhitungan daya dukung tiang pancang dengan metode Meyerhoff, Schmertmann Nottingham (1975), dan Tumay dan Fakhroo dengan data CPT.
2. Perbandingan daya dukung tiang pancang dari Uji PDA dan hasil perhitungan daya dukung tiang pancang dengan hasil pengujian sondir.

Dasar Teori

Pondasi merupakan suatu dasar atau struktur bawah yang dapat memikul semua beban di atasnya. Daya dukung pondasi dan penurunan pondasi sangat penting bagi suatu perencanaan pondasi (Yuliani & Rahayu, 2018). Pondasi harus mampu mendukung beban sampai batas keamanan yang telah ditentukan, termasuk mendukung beban maksimum. Maka analisis mengenai daya dukung pondasi penting dilakukan karena apabila kekuatan tanah tidak mampu memikul beban pondasi maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan tanah akan terjadi (Azizi et al., 2020). Oleh sebab itu pondasi bangunan harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban – beban yang bekerja, gaya – gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain. Secara umum pondasi dibagi menjadi dua, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan jenis pondasi ditentukan oleh beberapa faktor, termasuk jenis struktur atas (apakah beban ringan atau beban berat) dan kondisi tanah di lokasi tersebut (Yuliana et al., 2021).

Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang adalah suatu konstruksi pondasi yang mampu menahan gaya orthogonal ke sumbu tiang dengan jalan menyerap lenturan (Gunawan et al., 2014). Dengan kata lain pondasi tiang pancang merupakan salah satu komponen bangunan yang berfungsi untuk mendistribusikan beban struktur dan bangunan melalui lapisan tanah dengan daya dukung rendah hingga mencapai lapisan tanah keras yang memiliki daya dukung tinggi (Ardiansyah et al., 2024). Pondasi tiang adalah batang relatif panjang dan langsing yang digunakan untuk menyalurkan beban pondasi melewati lapisan tanah dengan daya dukung rendah kelapisan tanah yang mempunyai kapasitas daya dukung tinggi yang relatif cukup dibandingkan pondasi dangkal (Marzuki et al., 2012). Tiang pancang biasanya dipilih ketika kondisi tanah cukup stabil dan lapisan tanah keras tidak terlalu dalam. Jenis pondasi ini tidak cocok digunakan pada tanah berbatu. Pondasi tiang pancang bisa terbuat dari kayu keras, beton, atau baja (baik dalam bentuk pipa maupun profil) dengan bentuk batang lurus dan dengan panjang tertentu (Nurdiani, 2013).

Daya Dukung Tiang Pancang

Daya dukung tiang pancang atau kapasitas tiang pancang terdistribusikan kedalam 2 bagian, yang pertama adalah daya dukung ujung (*end bearing capacity*) dan yang kedua adalah daya dukung geser atau selimut (*friction bearing capacity*). Dalam menganalisis daya dukung pondasi dan penurunan, perlu dilakukan penyelidikan tanah atau karakteristik jenis tanahnya, hal ini penting dilakukan untuk mengetahui jenis tanah di lapangan yang akan dilakukan pembangunan (Mahmudi, 2023). Pengujian yang dilaksanakan sebelum pembangunan konstruksi dan menjelaskan mengenai karakteristik tanah disebut sebagai pengujian statis (Hardiyatmo, 2014). Daya dukung fondasi tiang dapat diperkirakan dari uji laboratorium atau analisis empirik dengan menggunakan data SPT (*Standard Penetration Test*) dan CPT, sedangkan pengujian langsung di lapangan menggunakan *Static Load Test* dan atau PDA (*Pile Driving Analyzer*) (Bachtiar & Yusuf, 2012). Pengujian statis yang dilaksanakan di lapangan proyek ruko X adalah penyelidikan sondir, CPT atau sondir ini tes yang sangat cepat, sederhana, ekonomis dan tes tersebut dapat dipercaya dilapangan dengan pengukuran terus-menerus dari permukaan tanah-tanah dasar (Gazali et al., 2022). Untuk mendapatkan perhitungan kapasitas tiang pancang dengan metode CPT menggunakan beberapa metode berikut:

Metode Meyerhoff

Kapasitas ultimit tiang (Q_u) secara umum didapatkan dengan menggunakan persamaan 1. Dengan metode Meyerhoff, daya dukung ujung digunakan rumus pada persamaan 2, sedangkan daya dukung selimut pada persamaan 3.

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad (1)$$

$$Q_b = q_c \times A_b \quad (2)$$

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (3)$$

Dengan

Q_u : Kapasitas ultimit tiang

Q_b : Daya dukung ujung tiang

Q_s : Daya dukung selimut tiang

- q_c : Tahanan ujung tiang per satuan luas
- A_b : Luas penampang ujung tiang
- f_s : Tahanan gesek tiang per satuan luas
- A_s : Luas selimut tiang

Metode Schmertmann Nottingham, 1975

Pada metode Schmertmann-Nottingham perhitungan daya dukung ujung menerapkan perhitungan daya dukung tiang pancang dengan menurut cara *Begemann* (lihat persamaan 4) sedangkan untuk perhitungan daya dukung selimut tiang pancang pada tanah lempung dapat dilihat pada persamaan 5, dan tanah pasir pada persamaan 6.

$$Q_b = \frac{1}{2}(q_{c1} + q_{c2}) \times A_b \tag{4}$$

Daya dukung selimut untuk tanah lempung,

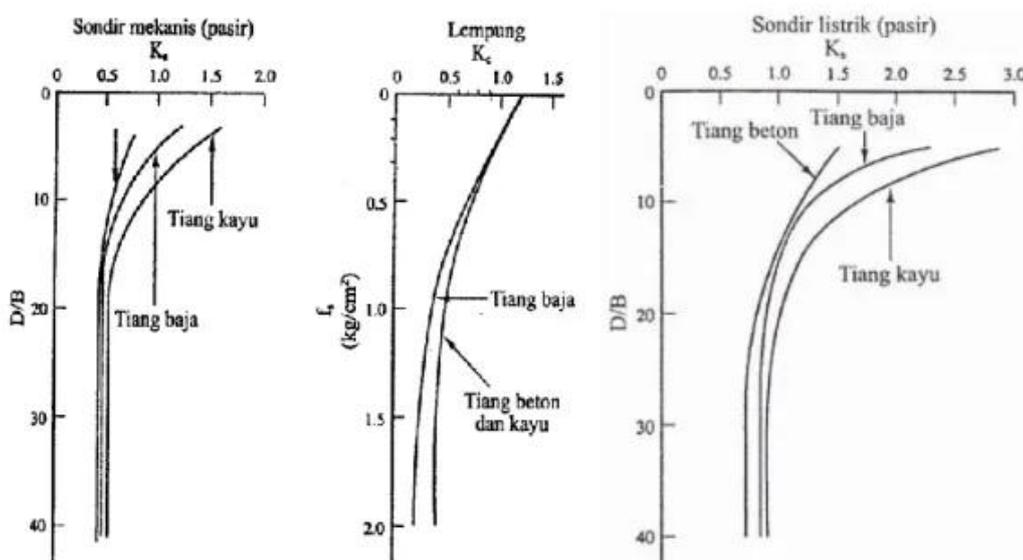
$$Q_s = K_c \times f_s \times A_s \tag{5}$$

Untuk tanah pasir,

$$Q_s = K_s \left(\sum_{z=0}^{8B} \frac{z}{8B} f_s A_s + \sum_{z=8B}^D f_s A_s \right) \tag{6}$$

Dengan

- Q_b : Daya dukung ujung tiang
- q_{c1} : Tahanan ujung tiang rata-rata pada 0.7B-4B di bawah ujung tiang
- q_{c2} : Tahanan ujung tiang rata-rata pada 8B di atas ujung tiang
- Q_s : Daya dukung selimut tiang
- K : Faktor koreksi tahanan gesek selimut pada sondir, seperti yang terlihat pada gambar 1.
- B : Dimensi tiang
- D : Kedalaman tiang
- f_s : Tahanan gesek tiang per satuan luas
- A_s : Luas selimut tiang



Gambar 1. Faktor koreksi gesekan selimut pada sondir mekanis

Metode Tumay dan Fakhroo

Perhitungan daya dukung ujung tiang dengan metode Tumay dan Fakhroo sama dengan cara mendapatkan daya dukung ujung tiang dengan metode Schmertmann-Nottingham (lihat persamaan 4), dan untuk daya dukung selimut tiang dapat digunakan rumus 7 dengan nilai f didapat dari rumus 8 dan 9.

$$Q_s = f \times A_s \quad (7)$$

$$f = m \times f_{ca} \quad (8)$$

$$m = 0.5 + 0.9e^{-0.009f_{ca}} \quad (9)$$

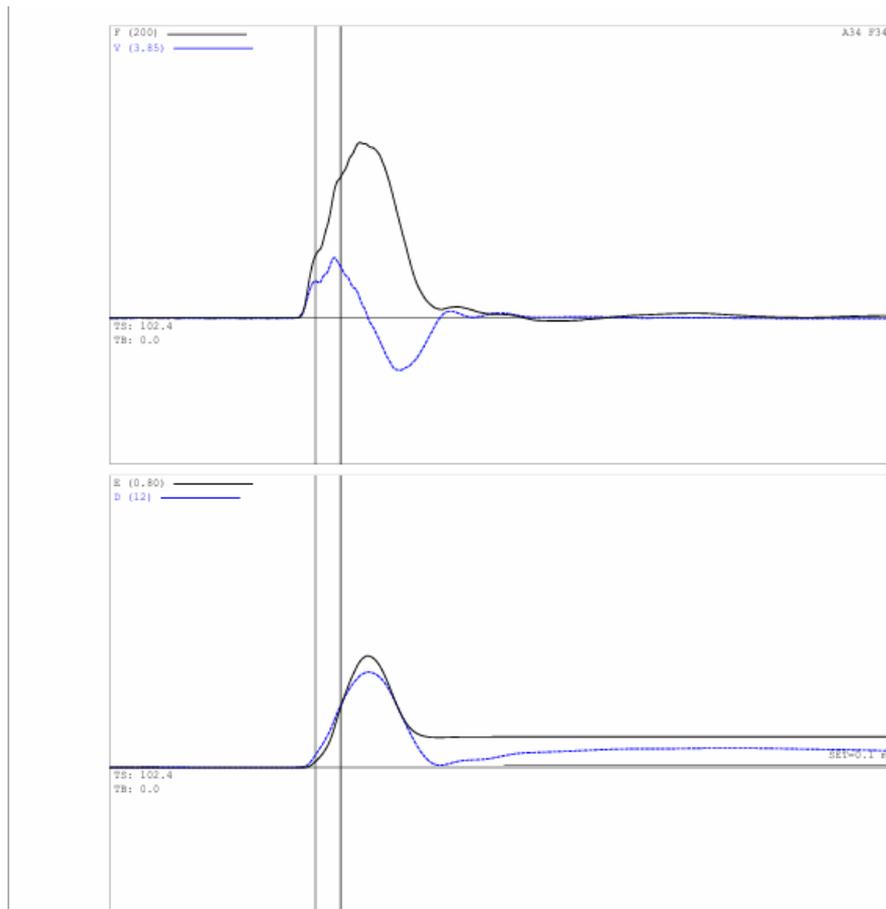
Dengan

f_{ca} : Rata-rata tahanan gesek dengan satuan KPa

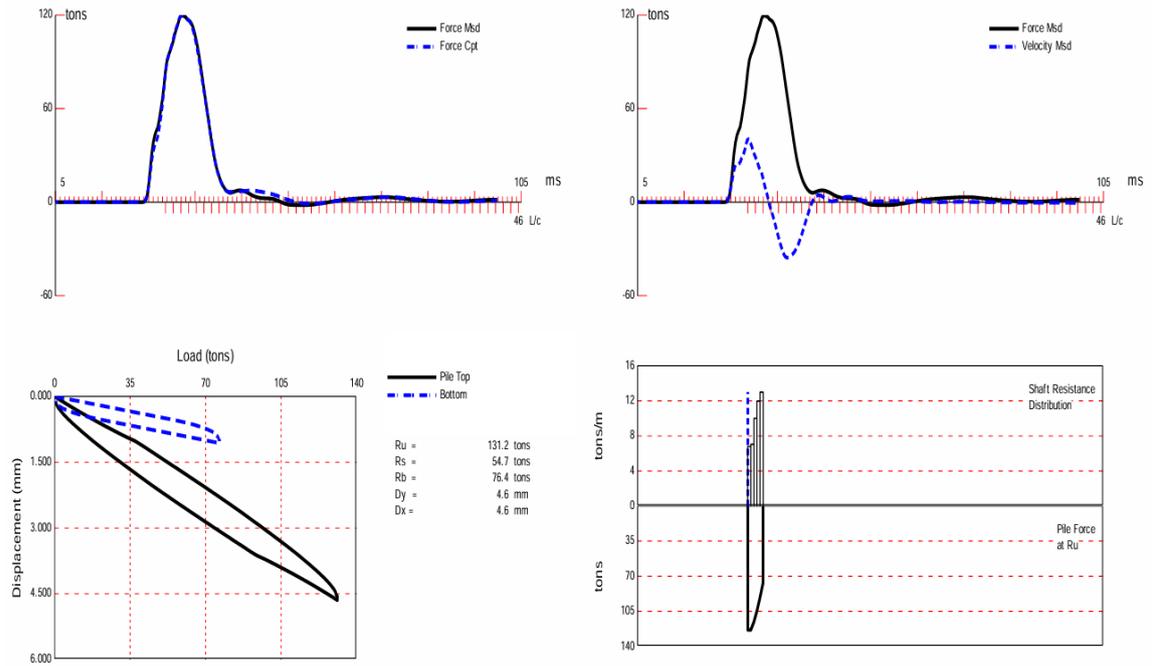
Uji PDA

PDA atau *Pile Driving Analyzer* merupakan salah satu metode uji beban dinamik yang paling banyak dilakukan di dunia. Pengujian dilakukan dengan menguji pondasi tiang sampai kepada titik keruntuhan, dan Hasil dari pembacaan PDA akan diolah dengan CAPWAP (*Case Pile Wave Analysis Program*) untuk mengetahui nilai dari daya dukung ujung dan daya dukung selimut.

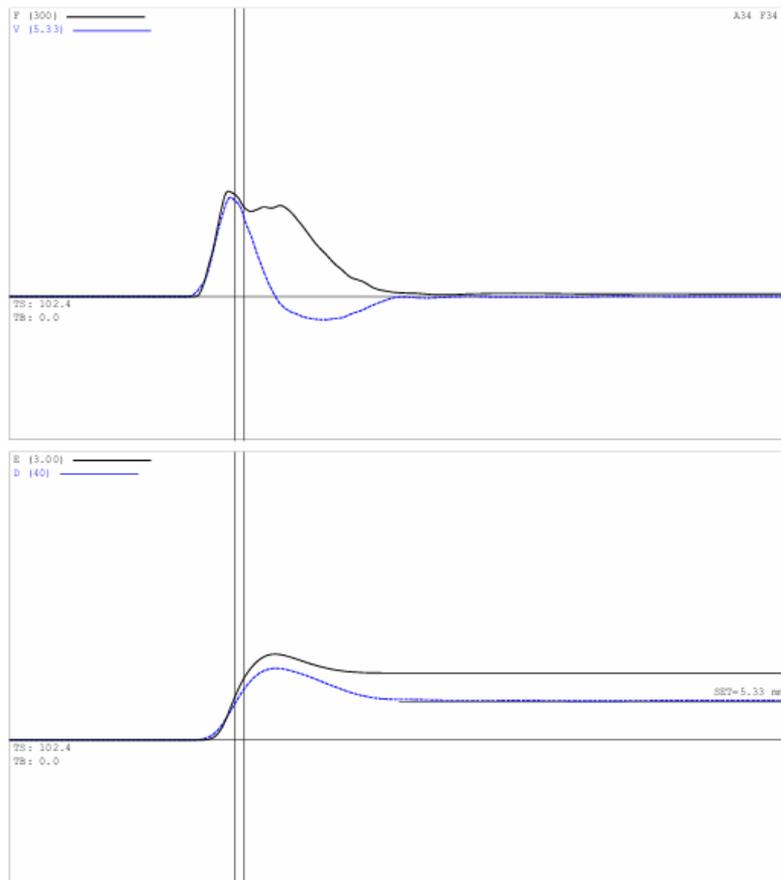
Pada proyek Ruko X menggunakan minipile dengan dimensi 25x25 cm, dan penanaman tiang pancang didasari dari penyelidikan sondir. Pemancangan dibantu dengan alat berat HSPD (*Hydraulic Static Pile Driver*) dengan jumlah total 471 titik, untuk 20 unit ruko. Terdapat 2 titik tiang pancang yang diuji dengan uji PDA yang nantinya akan menjadi titik tinjau dalam jurnal ini. Hasil pengujian seperti yang di tunjukan pada gambar 2 dan 4. Sedangkan hasil dari analisis aplikasi CAPWAP dapat dilihat pada gambar 3 dan 5.



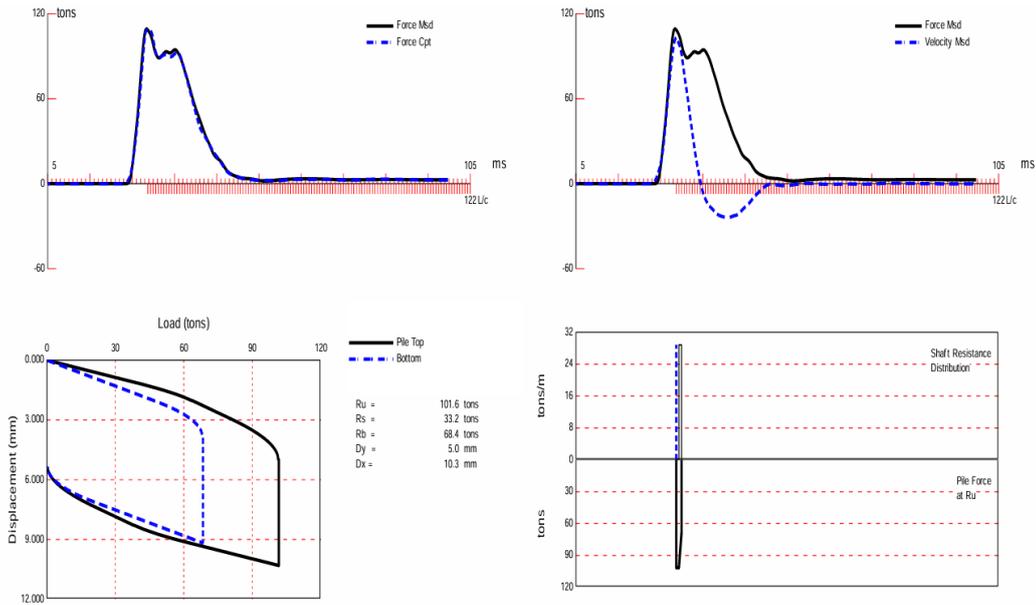
Gambar 2. Pembacaan PDA tiang no. 324



Gambar 3. Hasil CAPWAP tiang no. 324

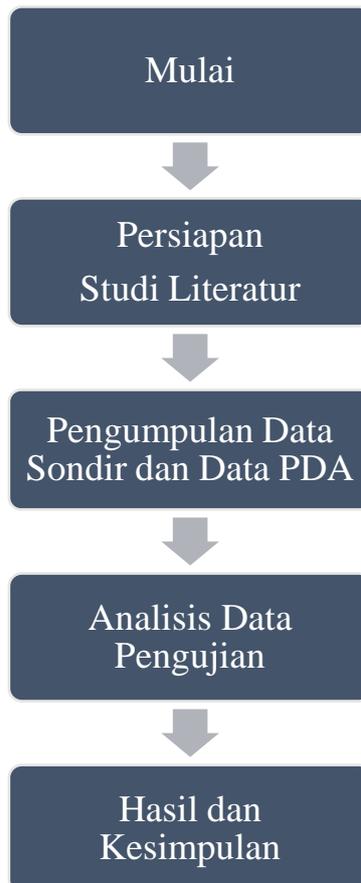


Gambar 4. Pembacaan PDA tiang no. 254



Gambar 5. Hasil CAPWAP tiang no. 254

2. METODE PENELITIAN



Gambar 6. Bagan Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan studi literatur dan tinjauan terhadap kajian-kajian yang relevan dengan topik pembahasan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data dari hasil tes CPT dan tes PDA pada tiang pancang di lokasi proyek Ruko X, Kota Tangerang. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan metode Meyerhoff, Schmertmann Nottingham (1975), serta metode Tumay dan Fakhroo. Dari berbagai

metode tersebut, diperoleh nilai daya dukung ujung, selimut, dan ultimit. Hasil perhitungan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengujian PDA yang dilakukan di lapangan untuk mengetahui rasio perbandingan nilai-nilainya. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari data CPT dan PDA yang didapatkan dari lokasi pemancangan proyek ruko X di daerah Tangerang kota, dilakukan analisis perhitungan daya dukung tiang pancang. Dari hasil perhitungan analisis menggunakan beberapa metode, didapatkan perbandingan daya dukung tiang pancang. Selain pada daya dukung ultimit, didapatkan juga perbandingan daya dukung ujung dan daya dukung selimut tiang. Terdapat 2 tiang yang ditinjau dalam jurnal ini, yaitu tiang no. 254 dengan kedalaman 3 m, dan tiang no. 324 dengan kedalaman 6 m, dengan data tiang seperti yang dapat dilihat dari tabel 1. Didapatkan hasil analisis ketiga metode seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 dan tabel 3. Dapat dilihat bahwa metode Schmertmann-Nottingham memiliki daya dukung ultimit paling besar dibanding dengan daya dukung ultimit lainnya, dan dapat dilihat bahwa dua dari tiga hasil perhitungan, didapatkan daya dukung ujung tiang yang lebih kecil dibandingkan dengan daya dukung selimut tiang.

Tabel 1. Data dimensi tiang pancang

Nomor Tiang	Dimensi Tiang	
	Penampang	Panjang Pondasi (m)
254	25 x 25 cm	3
324	25 x 25 cm	6

Tabel 2. Hasil perhitungan daya dukung tiang no. 254 dengan data CPT

Metode	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
Schmertmann	27,87	72,30	100,17
Tumay dan Fakhroo	27,87	47,64	75,51
Meyerhoff	28,125	65,97	94,095

Tabel 3. Hasil perhitungan daya dukung tiang no. 324 dengan data CPT

Metode	Qb (ton)	Qs (ton)	Qu (ton)
Schmertmann	66,67	366,74	433,40
Tumay dan Fakhroo	66,67	35,42	102,08
Meyerhoff	62,5	240,12	302,62

Selanjutnya data yang didapat dibandingkan dengan hasil perhitungan uji PDA dengan aplikasi CAPWAP. Pengujian dilakukan pada 2 titik, yang akhirnya dipakai untuk meninjau jurnal ini. Hasil pengujian PDA disajikan pada tabel 4. Dari hasil uji PDA, jika kedua titik dibandingkan, dapat dilihat bahwa daya dukung ultimit kedua tiang tidak terlalu berbeda. Kedalaman kedua tiang pancang itu sendiri memiliki kedalaman yang berbeda yaitu tiang pancang nomor 254 sedalam 3 meter dan tiang pancang nomor 324 dengan kedalaman 6 meter.

Tabel 4. Daya dukung Tiang pancang dengan PDA Test

Nomor Tiang	Daya Dukung Tiang PDA Test (ton)		
	Qb	Qs	Qu
254	68,4	33,2	101,6
324	76,4	54,7	131,1

Data sondir yang digunakan untuk perhitungan ketiga metode juga berbeda karena lokasi dari kedua tiang cukup jauh. Sehingga didapatkan data perbandingan daya dukung ujung dan selimut dari kedua tiang dengan metode PDA dan

Sondir seperti yang ditunjukkan pada tabel 5 dan tabel 6. Dapat dilihat bahwa untuk daya dukung ujung tiang no 254, metode yang paling mendekati adalah metode Meyerhoff dan untuk daya dukung selimut terdekat dari metode Tumay dan Fakhroo. Sedangkan untuk tiang no 324, daya dukung ujung tiang terdekat dengan metode Schmertmann, dan daya dukung selimut terdekat dengan metode Tumay dan Fakhroo.

Tabel 5. Rasio perbandingan Qb setiap metode dan PDA

	Sondir (ton)		PDA (ton)	Rasio Qb
Tiang no. 254	27,87	Schmertmann	68,4	0,4075
	27,87	Tumay dan Fakhroo	68,4	0,4075
	28,125	Meyerhoff	68,4	0,4112
Tiang no. 324	66,67	Schmertmann	76,4	0,8726
	66,67	Tumay dan Fakhroo	76,4	0,8726
	62,5	Meyerhoff	76,4	0,8181

Tabel 6. Rasio perbandingan Qs setiap metode dan PDA

	Sondir (ton)		PDA (ton)	Rasio Qs
Tiang no. 254	72,30	Schmertmann	33,2	2,1777
	47,64	Tumay dan Fakhroo	33,2	1,434 9
	65,97	Meyerhoff	33,2	1,9870
Tiang no. 324	366,74	Schmertmann	76,4	4,8002
	35,42	Tumay dan Fakhroo	76,4	0,4636
	240,12	Meyerhoff	76,4	3,1429

Tabel 7. Rasio perbandingan Qu setiap metode dan PDA

	Sondir (ton)		PDA (ton)	Rasio Qu
Tiang no. 254	100,17	Schmertmann	101,6	0,99
	75,51	Tumay dan Fakhroo	101,6	0,74
	94,095	Meyerhoff	101,6	0,93
Tiang no. 324	433,40	Schmertmann	131,1	3,31
	102,08	Tumay dan Fakhroo	131,1	0,78
	302,62	Meyerhoff	131,1	2,31

Berdasarkan analisis perbandingan dengan perhitungan data CPT dan hasil pembacaan PDA dengan aplikasi CAPWAP hasil yang didapatkan tidak terlalu jauh. Jika dilihat pada tabel 7, terlihat bahwa metode Schmertmann memiliki rasio pada 0,99 dimana nilai tersebut merupakan hasil paling mendekati dengan nilai dari metode PDA untuk tiang no. 254. Sedangkan untuk tiang no. 324 hasil PDA dan perhitungan CPT termasuk cukup jauh, dengan rasio 0,78 pada metode Tumay dan Fakhroo menjadi rasio yang paling mendekati hasil uji PDA. Daya dukung dengan menggunakan CPT pada tiang no. 324 jauh melebihi hasil PDA dapat dikarenakan pada pengujian PDA (dapat dilihat dari gambar 3 dan gambar 5) terlihat di grafik perbandingan antara beban dan *displacement* dari tiang, dimana terlihat

bahwa tiang pancang no. 324 masih terdapat displacement saat di uji, jadi kemungkinan pada kedalaman 6m tiang dipancang, belum sampai kepada tanahh keras, sehingga pembacaan Qu PDA menjadi kurang akurat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan daya dukung tiang pancang dengan beberapa metode, dapat disimpulkan bahwa analisis perbandingan dengan perhitungan data CPT dan hasil pembacaan PDA dengan aplikasi CAPWAP menunjukkan hasil yang tidak terlalu jauh berbeda. Metode Schmertmann Nottingham (1975) lebih akurat dalam mendekati hasil tes PDA untuk tiang dengan kedalaman 3 meter (tiang no. 254). Sedangkan metode Tumay dan Fakhroo lebih akurat untuk tiang dengan kedalaman 6 meter (tiang no. 324), meskipun akurasi lebih rendah dibandingkan dengan tiang yang lebih pendek. Daya dukung dengan menggunakan data CPT pada tiang nomor 324 jauh melebihi hasil uji PDA, yang mungkin disebabkan oleh kondisi tanah pada kedalaman tersebut belum mencapai lapisan tanah keras, sehingga pembacaan Qu PDA menjadi kurang akurat. Analisis ini menunjukkan bahwa pemilihan metode perhitungan yang tepat sangat penting untuk mendapatkan hasil yang akurat sesuai dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M. E., Aliehudien, A., & Gunasti, A. (2024). Perbandingan Daya Dukung Tiang Pancang dengan Alat Berat Drop Hammer dan Hydraulic Static Pile Driver (HSPD). *Sustainable Civil Building Management and Engineering Journal*, 1(1), 68.
- Azizi, A., Salim, M. A., & Ramadhon, G. (2020). Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Proyek Gedung DPRD Kabupaten Pemalang. *Jurnal Teknik Sipil: Rancang Bangun*, 6(2), 78–80.
- Bachtiar, V., & Yusuf, M. (2012). Evaluasi Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Cone Penetration Test (Cpt) Dan Pile Driven Analyzer (Pda) Pada Tanah Lunak Di Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*, 12(1).
- Gazali, A., Perdana, M. G., & Rachman, T. A. (2022). Studi Evaluasi Daya Dukung Ultimit Pondasi Tiang Pancang Tunggal Berdasarkan Data Cpt Pada Pembangunan Gedung Baru Uniska Handil Bakti Kabupaten Barito Kuala. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 4(2), 245–254.
- Gunawan, M., Oktaviana, I. S., & Arifin, B. (2014). Rasio Hubungan Nilai Daya Dukung Tiang Pancang Berdasarkan Pengujian Sondir, Kalendering Dan Tes PDA Pada Jembatan Pelawa Kabupaten Parigi Moutong. *JOURNAL TEKNIK SIPIL DAN INFRASTRUKTUR*, 4(1).
- Hardiyatmo, H. C. (2014). *Analisis dan Perancangan Fondasi I*. UGM Press.
- Mahmudi, A. (2023). Analisis Hasil Pengujian Sondir Untuk Mengetahui Kapasitas Dukung Dan Penurunan Pondasi Tiang Pancang Dan Bore Pile Terhadap Variasi Dimensi Di Lokasi Ubhara Surabaya. *INTER TECH*, 1(1), 43–51.
- Marzuki, A., Firdaus, M., Ilhami, I., & Sutiasno, S. (2012). Evaluasi Perkiraan Daya Dukung Teoritis Tiang Berdasarkan Data Sondir (Cpt) Dan Dial Pressure Load (Studi: Proyek Pembangunan Rumah Sakit Gigi Dan Mulut Banjarmasin). *Jurnal Poros Teknik*, 4(2), 41–50.
- Nurdiani, N. (2013). Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang: Cara Pemancangan, Kendala dan Teknologi Terbaru. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 4(2), 776–784.
- Yuliana, C., Kartadipura, R. H., & Sari, E. P. (2021). *Analisis Perbandingan Efisiensi Alat Pancang Diesel Hammer dan Drop Hammer pada Pekerjaan Pondasi Tiang Pancang di Lahan Basah*.
- Yuliawan, E., & Rahayu, T. (2018). Analisis daya dukung dan penurunan pondasi tiang berdasarkan pengujian SPT dan Cyclic Load Test. *Konstruksia*, 9(2), 1–13.

